10/2

И.Т.У.

Д. XII 23

ТЕХНОЛОГІЯ

МЕТАЛЛОВЪ И ДЕРЕВА

ЛЕКЦІИ

преп. А. П. Гавриленко

ПРОВЕРЕНО
1952

946
3.62
Провер. 1935
3

курсъ I сп. кл.

Часть 1я

БИБЛІОТЕКА
ИМПЕРАТОРСКАГО
Московскаго
ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА.

ТЕХНОЛОГІЯ МЕТАЛЛОВЪ.

1893-94 г

1893/94

Изданіе лекцій разрѣшаю Лаврентьевъ.

Металлы

Главным материалом в машиностроении являются металлы, а потому каждый изучающий предметы машиностроения должен прежде всего хорошо познакомиться с их свойствами и способами обработки.

Название Металлы присваивается химиком 50 химическим элементам обладающим более или менее характерными признаками: хорошей проводимостью теплоты и электричества, ковкостью, плавкостью, непрозрачностью и блеском. Некоторые из этих элементов так близко подходят по своим качествам к металлоидам, что становится трудным провести резкую границу между тем и другим классом. Так например Цинк и Висмут смело причисляются к металлам. Ртуть причислена к металлам только с 1759 г., когда она была впервые замерзжена Брауном.

Некоторые из металлов находятся в природе в столь незначительном количестве, что нам даже не известны хорошо ни химические, ни физические их свойства. Весьма немногие металлы по своим качествам пригодны для техники, но все почти все эти металлы находятся в природе в большом количестве и сравнительно легко добываются.

Эти наиболее ценные для техники, т.наз. полезные металлы суть железо в своих трех видоизменениях, - ковкого железа, стали и чугуна, - медь, - олово, - свинец, цинк,

антимоній, висмутъ, никкель и въ послѣднее время. начинаютъ получать большое примѣненіе алюминій

Имѣя въ своемъ распоряженіи эти металлы и сплавляя изъ нихъ различныя комбинаціи, техникъ можетъ получить строительный матеріалъ необыкновенно разнообразный по своимъ качествамъ. Отъ него зависитъ сообщить ему любую степень крѣпости въ предѣлахъ отъ незначительнаго сопротивленія мягкаго свинца до громаднаго сопротивленія закаленной стали; въ тѣхъ же предѣлахъ онъ можетъ измѣнять твердость и упругость матеріала и кромѣ въ него все власти измѣнить температуру плавленія, цвѣтъ, мягкость, вѣсъ и другія качества металла

Отличительныя физическія свойства полезныхъ металловъ.

благодаря которымъ они особенно пригодны для техники это ихъ крѣпость, твердость, плотность, вязкость, ковкость, плавкость, теплопроводность и электропроводность

Крѣпостью металла называютъ свойство сопротивляться внѣшнимъ усиліямъ стремящимся нарушить связь между его частицами.

Относительная крѣпость металловъ можетъ быть представлена слѣдующей таблицей

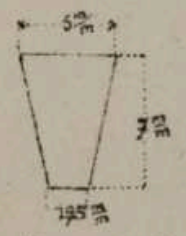
Свинецъ	1	Чугунъ .... отъ	7 до 12
Олово	1,3	Желѣзо .. „	20 до 40
Цинкъ	2	Сталь .... „	40 до 100
Мѣдь	отъ 12 до 20		

Твердость тѣлъ. Твердостью металловъ называется свойство сопротивляться стремленію посторонняго тѣла проникнуть во внутрь металла.
При сжатіи-тѣла, укорачиваясь по одному направленію - удлиняются по другому. Отдѣльныя частицы стремятся отдалиться другъ отъ друга, отчего собственно и происходитъ разрушеніе тѣла.

Если бы этому поперечному удлиненію тѣла было поставлена преграда – напр. тѣло было бы заключено въ прочный футляръ – тогда, конечно, сжимаемое тѣло не могло бы быть разрушено и можетъ явиться вопросъ только на сколько тѣло сожмется.

Аналогически въ этомъ будетъ случай, когда на большую поверхность опирается тѣло меньшаго размѣра. Тогда большее тѣло не будетъ разрушено сжатіемъ, а только сомнется въ мѣстѣ соприкосновенія. Меньшее тѣло вдавится въ него. Способность тѣлъ болѣе или менѣе сминаться называется твердостью.

Опредѣленіемъ твердости тѣлъ занимались Кальвертъ и Джонсонъ*). Они употребляли для этого стальной коническій штифтъ черт (1) и нагружая его, заставляли вдавливаться въ испытуемое тѣло. Тогда грузъ, который, дѣйствуя въ теченіе полчаса, вдавливалъ штифтъ на 3,5 м/м и опредѣлялъ



Черт 1

*) Calwert und Johnston. Über die Härte der Metallen, Pogg. Ann. Band 108.

степень твердости тела. Для чугуна этот груз равняется 2180 kilg.

Следующая таблица дает относительную твердость различных металлов.

Металлы	Твердость
Стальной чугунъ	1000
Сталь	958
Железо	948
Платина	375
Медь	301
Алюминий	271
Серебро	208
Цинкъ	183
Золото	107
Кадмий	108
Висмутъ	52
Олово	27
Свинецъ	16

Сплавы	Состав			Твердость
	Cu	Sn	Zn	
1) Для большихъ подшипниковъ	82,05	12,82	5,13	562
2) Для кранов	80	10	10	750
3) Желтая медь	64	—	36	520
4) Для насосныхъ цилиндровъ и трубъ	80	5	15	343

Плотность металлов весьма различна. Удѣльный вѣсъ нѣкоторыхъ металловъ приведенъ въ слѣдующей таблицѣ.

Алюминій....	отъ 2,60 — 2,70	Сталь.....	7,80 — 7,90
Антимоній	6,80 — 6,70	Мѣдь.....	8,60 — 8,90
Цинкъ	6,80 — 7,20	Никкель.....	8,80 — ...
Чугунъ	7,00 — 7,35	Висмутъ....	9,90 — ...
Олово.....	7,30 — 7,50	Свинецъ	11,20 — 11,40
Желѣзо	7,60 — 7,80		

Вязкостью или тягучестью называется свойство металловъ вытягиваться въ тонкія нити безъ разрыва. Чѣмъ тоньше нить можно вытянуть изъ даннаго металла, тѣмъ большею вязкостью онъ обладаетъ. Золото напримѣръ можетъ быть вытянуто въ нити толщиной $\frac{1}{5000}$ дюйма

Слѣдующая таблица представляетъ расположеніе металловъ по убывающей степени вязкости.

1. Золото
2. Серебро
3. Платина
4. Желѣзо
5. Мѣдь
6. Алюминій
7. Цинкъ
8. Олово
9. Свинецъ

Ковкостью называется свойство металловъ распространяться въ тонкіе листы безъ разрыва

Наибольшею ковкостью, какъ и вязкостью обладаетъ золото; одно изъ его унцій можетъ быть распространено въ листы толщиною

$\frac{1}{300.000}$ дюйма.

Железо также обладает большой ковкостью и растяжи-
вается в листы толщиной до $\frac{1}{1000}$ дюйма.

Следующая таблица представляет расположение метал-
лов по убывающей степени ковкости

Золото	Свинец
Серебро	Цинк
Медь	Железо
Олово	Никкель
Платина	

Чугун и твердая сталь не обладают ни вязкостью ни
ковкостью

Плавкостью называется свойство металлов переходить
в жидкое состояние при известной, постоянной для каждо-
го металла температуре

Эта температура плавления весьма различна для разли-
чных металлов и может изменяться для одного и того же
металла в зависимости от посторонних примесей

В следующей таблице приведены температуры плавления
наиболее важных металлов.

Ртуть ..... −40° C	Цинк ..... + 420
(Лед) ..... + 0	Серебро ..... + 950
Олово ..... + 230	Медь около + 1100
Висмут .... + 260	Чугун около + 1300
Свинец .... + 330	Железо около + 1600

Температуры плавления чугуна, стали и железа столь бли-
зки, что для точного определения их не имеется средств,

тѣмъ и объясняется разнорѣчіе цифръ приводимыхъ для этихъ температуръ различными экспериментаторами

Теплопроводностью металловъ называется свойство передавать теплоту отъ одного тѣла къ другому.

Слѣдующая таблица даетъ относительную теплопроводность металловъ

Золото....	1000	Цинкъ	360
Серебро	973	Олово	304
Мѣдь	898	Свинецъ	180
Семьзо	874		

Относительная электропроводимость металловъ почти такая же какъ и теплопроводность. Оба эти свойства находятся въ зависимости отъ температуры, посторонихъ примѣсей металловъ.

Упругость. свойство металловъ принимать свою первоначальную форму по прекращеніи дѣйствія внѣшнихъ силъ производившихъ измѣненіе формы. Абсолютно упругихъ и неупругихъ металловъ нѣтъ. Самые упругіе металлы послѣ деформаціи не возвращаются вполнѣ къ своей первоначальной формѣ – получаютъ постоянное остающееся измѣненіе, съ другой стороны повидимому совсѣмъ неупругіе металлы обладаютъ нѣкоторымъ стремленіемъ возстановить свою первоначальную форму. Величина деформаціи обыкновенно до нѣкотораго предѣла пропорціональна внѣшнимъ усиліямъ, затѣмъ эта пропорціональность нарушается и увеличенія деформацій идутъ гораздо быстрѣе, чѣмъ увеличеніе дѣйствующихъ силъ.

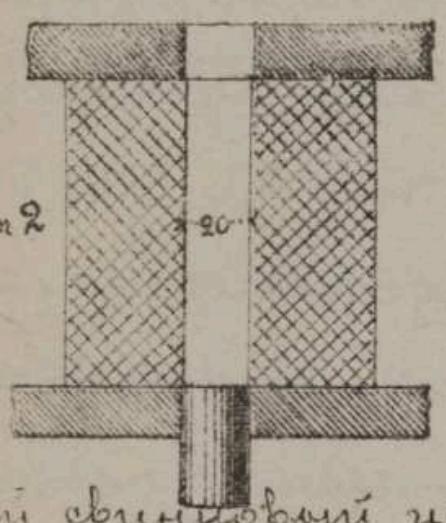
У нѣкоторыхъ тѣлъ это нарушеніе пропорціональности наступаетъ очень быстро (чугунъ) у другихъ пропорціональность сохраняется почти до разрыва (закаленная сталь)

Очень многіе металлы послѣ того какъ нарушается пропорціо-

нальность между деформацией и усилием продолжают деформироваться подъ дѣйствіемъ одного и того же не увеличивающагося усилія, иногда даже усилія нѣсколько уменьшаютъ, чтобы не произвести разрушеніе металла. Такое состояніе металла называется пластичнымъ, а самое явленіе деформаціи извѣстно подъ названіемъ истеченія металловъ. На эту особенность металловъ было указано еще въ 1726г Луи Лемери и Реомюромъ и подробнымъ изслѣдованіемъ этого явленія занимался проф. Трека

Истеченіе твердыхъ тѣлъ

Изслѣдованіемъ этого явленія занимался проф. Трека. Онъ(2) бралъ для своего опыта свинцовый цилиндръ въ 100 т.т. высоты помѣщалъ его между двумя металлическими плитами, въ которыхъ находились 2 отверстія по 20 т.т въ діаметрѣ. Черезъ эти отверстія проходитъ пуансонъ, который пробиваетъ отверстіе

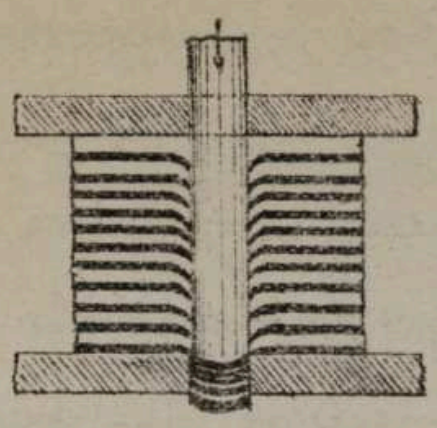


Черт 2

въ свинцовомъ цилиндрѣ. При этомъ вытѣсненный свинцовый цилиндрикъ имѣетъ въ высоту всего 30 т/т, т.е. какъ бы получается сжатіе на 70%. Но при опредѣленіи плотности оказалось, что матерія въ вытѣсненномъ цилиндрикѣ осталась той же плотности, какъ и матеріала въ большомъ цилиндрѣ Слѣдовательно сжатія матеріала не происходило и уменьшеніе высоты вытѣсненнаго цилиндрика можно было объяснить только тѣмъ, что матеріалъ при сжатіи перемѣщается въ сторону

Для того, чтобы еще болѣе выяснить, себѣ, что происходитъ внутри тѣла при вышеописанномъ опытѣ, Трека бралъ свинцовый цилиндръ составленный изъ отдѣльныхъ пластинокъ и пробовалъ его пуансономъ (черт 3). Тогда, какъ оказалось, раздѣ-

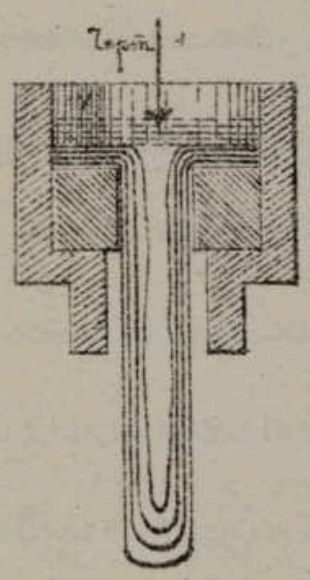
ные слои въ вытяжномъ цилиндрикѣ были различной толщины



Черт. 3

Верхніе слои, за исключеніемъ перваго настолько утонились, что необходимо было допустить перемѣщеніе матеріала изъ средней части въ окружающую. По направленію къ низу слои были все толще и толще. Наконецъ самые нижніе почти не измѣнили своей толщины.

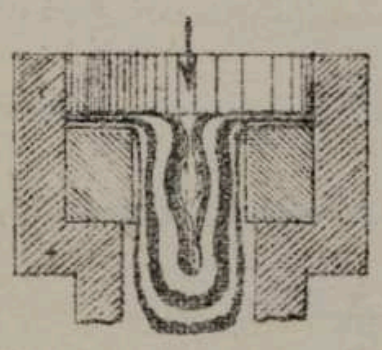
Другой опытъ Трескa произвелъ слѣдующимъ образомъ. Онъ взялъ чугунный цилиндръ съ дномъ; въ послѣднемъ было отверстіе



Черт. 4.

Въ этотъ цилиндръ накладывались круглыя свинцовыя пластинки и сверху производилось давленіе поршнемъ. Тогда свинецъ вытекающій изъ отверстія и въ разрѣзѣ представимъ видъ, показанный на черт. 4

Если общая толщина свинцовыхъ пластинокъ была меньше, чѣмъ діаметръ отверстія, тогда вытекающій свинецъ принимаетъ форму, представленную на чер. 5.

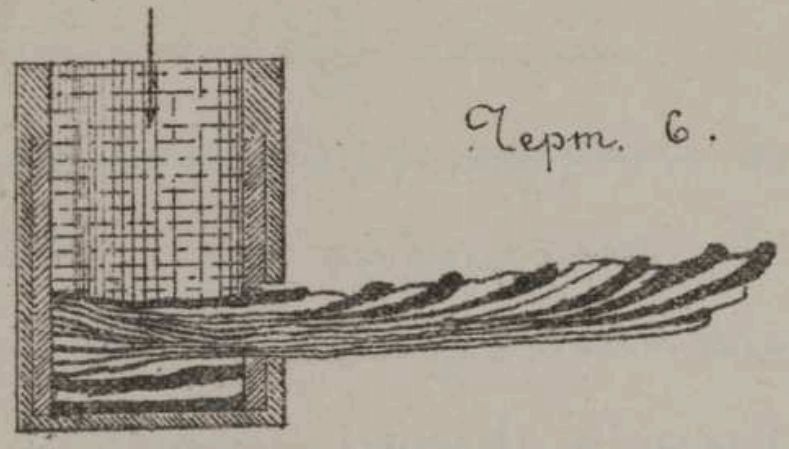


Черт. 5.

Если отверстіе сдѣлано сбоку чугуннаго цилиндра, тогда свинецъ вытекаетъ вбокъ и принимаетъ форму показанную на черт. 6 При этомъ свинецъ течетъ въ отверстіе не только со стороны давленія поршня но и съ другой стороны, что указываетъ на равномѣрное распредѣленіе давленія внутри металла.

Изъ этихъ опытовъ, произведенныхъ Трескою надъ свинцомъ и другими мягкими метал.-

нами можно заключить, что при известномъ сжатіи металлы приходятъ въ пластическое состояніе, утрачивая вполнѣ свою упругость. Въ этомъ состояніи отдѣльныя частицы матеріала имѣютъ стремленіе перемѣщаться въ томъ направленіи, которое представляетъ наименьшее сопротивленіе, т. е. твердое тѣло какъ бы пріобрѣтаетъ свойства жидкихъ тѣлъ – металлъ течетъ. Напряженіе матеріала, соотвѣтствующее такому состоянію металла, Треска назвалъ давленіемъ истеченія.

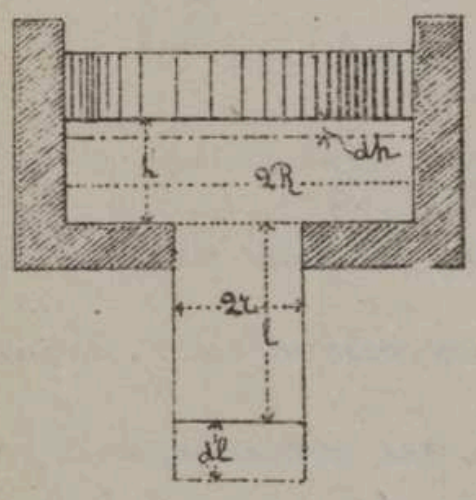


Черт. 6.

Если истеченіе дѣйствительно происходитъ, то напряженіе матеріала во все это время остается постояннымъ. Такимъ изъ этихъ опытовъ было выяснено, что плотность, а слѣдовательно и объемъ тѣлъ при истеченіи не измѣняется.

На основаніи этихъ данныхъ можно составить аналитическое выраженіе, позволяющее заранѣе предсказать форму вытекающаго металла: Вообразимъ, что металлъ вытѣсняется изъ сосуда (черт 7)

Черт. 7.



Если высота h уменьшится на dh, то длина l прибавится на dl и по равенству объемовъ будемъ имѣть.

$$-\pi R^2 . dh = \pi r^2 dl \quad \text{или} \quad dh = -\frac{r^2 dl}{R^2}$$

$$R^2 h = -r^2 l + C$$

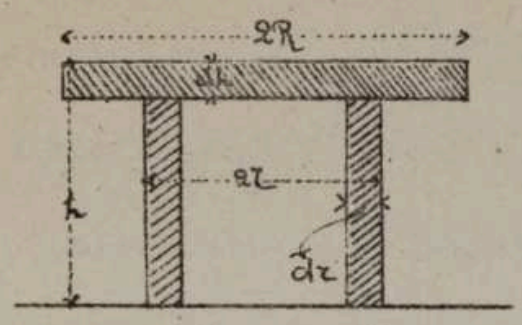
но при $h = H$. гдѣ H первоначальная высота $l = 0$

поэтому $C = R^2 H$ откуда $R^2 h = R^2 H - r^2 l$ $\qquad h = \frac{R^2 H - r^2 l}{R^2}$

Если мы предположимъ теперь, что сжимается не сплошной, а полый цилиндръ (черт 8) въ сосудъ безъ отверстія. Тогда уменьшеніе высоты h будетъ соотвѣтствовать уменьшеніе радіуса внутренняго цилиндра r; и по равенству объемовъ можно напи-

сать $\pi(R^2 - r^2)\,dh = 2\pi r \cdot h \cdot dr$

Откуда $$\frac{dh}{h} = \frac{2\pi r \cdot dr}{\pi(R^2 - r^2)} = \frac{2r \cdot dr}{R^2 - r^2} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$



Черт. 8.

Вообразим внутри такого полого цилиндра цилиндр радиуса x. При сжатии площадь поперечного сечения этого цилиндра уменьшится естественно предположить, что это уменьшение будет пропорционально площади сечения, т. е.

$$\frac{2\pi x \cdot dx}{\pi x^2} = \frac{2\pi r \cdot dr}{\pi r^2}$$

Откуда $$\frac{dx}{x} = \frac{dr}{r} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Для того, чтобы определить вид кривой AB (черт. 9), образующую поверхность вытекающего потока, возьмем ур-ие (2) и вставим в него величину dr из ур-ия (3)

$$\frac{dh}{h} = \frac{2r^2}{R^2 - r^2} \cdot \frac{dx}{x}$$

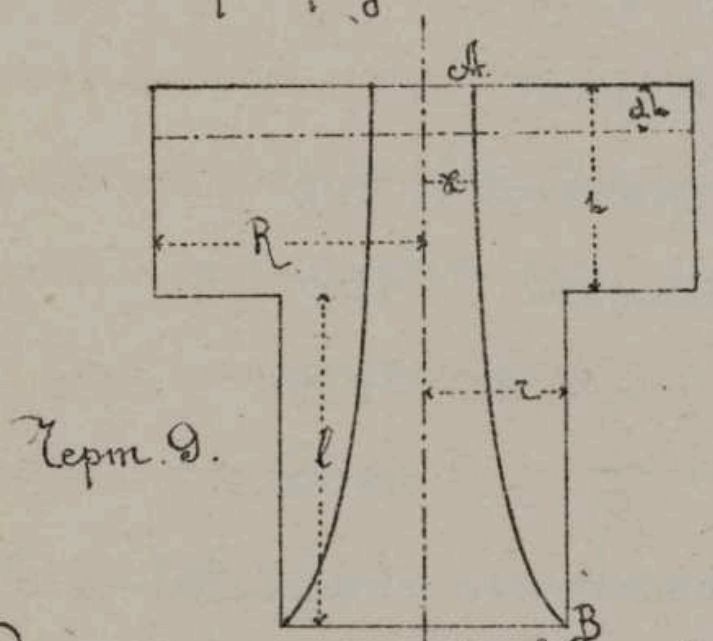
Интегрируем $$lh = \frac{2r^2}{R^2 - r^2} \cdot lx + C$$

при $x = r$ $h = H$ откуда

$$C = lH - \frac{2r^2}{R^2 - r^2} \cdot lr$$

$$lh = \frac{2r^2}{R^2 - r^2} \cdot l\frac{x}{r} + lH$$

$$\frac{x}{r} = \left(\frac{h}{H}\right)^{\frac{R^2 - r^2}{2r^2}}$$



Черт. 9.

Заменяя h по ур-ию (1), получим

$$\frac{x}{r} = \left(\frac{R^2 H - r^2 l}{R^2 H}\right)^{\frac{R^2 - r^2}{2r^2}}$$

Это и есть уравнение кривой AB. Представим его в таком виде, полагая $l = y$

$$\frac{R^2 H - r^2 y}{R^2 H} = \left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{2r^2}{R^2 - r^2}}$$

Если $\frac{2r^2}{R^2 - r^2} = 2$, т. е $r = \frac{R}{2}$, то уравнение представляет параболу; при $\frac{2r^2}{R^2 - r^2} = 1$ $r = R$ Кривая обращается в прямую

Вычисленные по этим уравнениям ординаты вполне совпадают со полученными при опытах и таким образом подтверждают взгляды, высказанные проф. Ильина по поводу

истечений твердых тел.

Явление истечения играет важную роль при механической обработке металлов, так как все такие операции как штамповка, прокатка, волочение и др. являются возможными благодаря способности металлов приходить в пластическое состояние.

К тем металлам, которые не обладают способностью приходить в пластическое состояние наз. хрупкими.

К характерным особенностям металлов принадлежит их способность давать изломы, позволяющий до некоторой степени судить о качестве металла, а также способность металлов при нагревании светиться, причем для различных температур свет, дающий металлом имеет особый оттенок. Путем таким образом определяют температуры для различных оттенков

Появление красного 525° C
Темно-красный ..... 700°
Появление вишнево-красного ... 800°
Ясно вишнево-красный 100
Белый ..... 1300°
Бело-каленый ..... 1500°

Некоторые металлы обладают способностью свариваться. Этим свойством отличаются те металлы, которые переходя из жидкого состояния в твердое проходят через особое пластичное (тестообразное) состояние, как напр. железо.

Укажу еще на весьма важное свойство металлов, на которое нужно обращать внимание при проектировании именно на свойство металлов удлиняться при нагревании.

Следующая таблица дает коэффициенты линейного расширения при нагревании металлов от 0° до 100° C

Цинкъ	0,0029417	Сталь закаленая	0,0012395
Свинецъ	0,0029575	Желѣзо	0,0012204
Олово	0,00217300	Чугунъ	0,0011250
Мѣдь желтая	0,0018782	Сталь мягкая	0,0010788
Мѣдь красная	0,0017182		

Заканчивая этимъ краткій перечень физическихъ свойствъ металловъ, нужно замѣтить, что всѣ эти свойства не суть абсолютно неизмѣняемыя для каждаго металла, напротивъ они находятся въ большой зависимости отъ примѣсей, температуры и способа обработки: Такъ, напримѣръ, чистой металлъ обыкновенно обладаетъ меньшею крѣпостью, чѣмъ тотъ же металлъ прокованный послѣ отливки. Точно такъже отъ проковки металла уплотняется. Электропроводимость сильно измѣняется отъ температуры и т.д. Поэтому всѣ приводимыя цифры, характеризующія свойства металловъ, нужно понимать какъ приближенныя, дающія только среднія величины.

Изъ химическихъ свойствъ весьма цѣнными для техниковъ является способность металловъ соединяться другъ съ другомъ давать сплавы.

Сплавъ обыкновенно значительно отличается по своимъ физическимъ свойствамъ отъ составляющихъ его металловъ и этимъ пользуются въ технике для сообщенія строительному матеріалу желаемой степени крѣпости, твердости, температуры плавленія и др.

Точно такъже металлы измѣняютъ свои свойства соединяясь съ неметаллами (металлоидами). Наиболѣе важными въ технике металлоидами части вступающими въ соединеніе съ металлами можно считать углеродъ, кремній, серу, фосфоръ, марганецъ;

Полезные металлы въ чистомъ видѣ, за исключеніемъ ртути и висмута, въ природѣ почти не встрѣчаются. Обыкновенно они находятся въ соединеніи съ кислородомъ, сѣрой и др. въ видѣ рудъ, изъ которыхъ ихъ и добываютъ.

Изученіе способовъ полученія металловъ изъ рудъ составляетъ предметъ металлургіи и потому, въ послѣдующемъ, я только вкратцѣ упомяну о этихъ процессахъ, насколько это нужно будетъ для дальнѣйшаго пониманія предмета.

Руда, полученная изъ шахты, прежде всего подвергается обжиганію. Для этого складывается куча изъ чередующихся слоевъ топлива и руды и зажигается. Процессъ этотъ ведется при невысокой температурѣ, при чемъ изъ руды выдѣляется вода, углекислота, сѣра и др. примѣси.

Обожженная такимъ образомъ руда поступаетъ въ особую печь, Домну, обыкновенно имѣющую видъ конуса, и здѣсь при очень высокой температурѣ происходитъ возстановленіе и плавка металла. Обыкновенно, углеродъ топлива соединяется съ кислородомъ металла. Для болѣе легкаго удаленія земнистыхъ примѣсей руды, прибавляютъ такъ называемые плавни (извести, поташъ и др.), которые, соединяясь съ земнистыми частями руды, плавятся при болѣе низкой температурѣ и, въ видѣ шлаковъ, стекаютъ по расплавленному металлу. Будучи легче металла, шлаки покрываютъ его поверхность и предохраняютъ металлъ отъ вторичнаго окисленія. Находясь въ расплавленномъ состояніи, металлъ способенъ растворять въ себѣ то тѣло, въ соприкосновеніи съ которымъ онъ находится, поэтому весьма важно, чтобъ какъ сама руда, такъ и топливо было бы по возможности чисты отъ вредныхъ для металла примѣсей.

Железо

Химически чистаго железа не существуетъ. Почти чистый металлъ можно выдѣлить при помощи электролиза, но такимъ образомъ полученное железо проявляетъ сильное сродство къ кислороду, сѣрѣ, фосфору и другимъ элементамъ, которые постоянно содержатся въ желѣзныхъ рудахъ, топливѣ или плавняхъ, а поэтому при обыкновенныхъ процессахъ добыванія, сейчасъ же соединяется съ железомъ. По мѣрѣ приближенія железа къ химически чистому состоянію, оно пріобрѣтаетъ характеръ серебристаго, сильно блестящаго, мягкаго, вязкаго, ковкаго, но не особенно крѣпкаго металла. Въ чистомъ видѣ железо очень плотно; выдѣленное при помощи электролиза оно имѣетъ удѣльный вѣсъ 8,14 Температура плавленія чистаго железа неизвѣстна, но она выше точки плавленія железа, встрѣчающагося въ продажѣ, для котораго Пуше температуру плавленія опредѣляетъ въ 1600°С. Соединяясь съ незначительнымъ количествомъ тѣхъ элементовъ, которые обыкновенно находятся въ желѣзныхъ рудахъ, железо уменьшаетъ свою вязкость и плотность, но за то становится болѣе твердымъ, крѣпкимъ и болѣе пригоднымъ для техническихъ цѣлей. Элементы, которые его всегда сопровождаютъ и находятся съ нимъ въ соединеніи, суть: углеродъ, кремній, сѣра, марганецъ; а также въ незначительномъ количествѣ фосфоръ, алюминій, кальцій, титанъ, вольфрамъ, хромъ и др.

Въ продажѣ имѣются слѣдующія разновидности железа: чугунъ, сталь и сварочное железо.

Всѣ эти разновидности отличаются своими физическими свойствами, которыя главнымъ образомъ зависятъ отъ различнаго содержанія въ железѣ углерода и другихъ примѣсей, а также и отъ

3.6246
БИБЛІОТЕКА
ИМПЕРАТОРСКАГО
Московскаго
ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА.

способовъ выработки матеріала. Для избѣжанія путаницы въ опредѣленіи различныхъ продуктовъ, получающихся на всѣхъ-доменныхъ заводахъ, въ 1876 году, во время Всемірной выставки въ Филадельфіи, Американскимъ Институтомъ Горныхъ Инженеровъ (American. Institute of Mining Engineers) была созвана международная комиссія, которая установила слѣдующую классификацію:

1) Желѣзо съ содержаніемъ углерода болѣе 2% ранѣе называть чугуномъ (Cast pig iron, Gusseisen; Fonte)

2) Желѣзо, которое получается изъ тѣстообразной массы или изъ сваривания отдѣльныхъ кусковъ въ тискахъ, но не изъ расплавленнаго желѣза и которое въ продажѣ вообще извѣстнаго подъ названіемъ желѣза – если оно не способно принимать закалъ (затвердѣвать при быстромъ охлажденіи) ранѣе называть сварочнымъ желѣзомъ (Weld Iron; Schweiss eisen; Fer Soudé)

3) Такого же рода продуктъ, если онъ по какой либо причинѣ способенъ принимать закалъ, ранѣе называть Сварочной сталью (Weld Steel; Schweissstahl; acier Soudé)

4) Желѣзо, которое получено отливкой расплавленнаго металла въ ковкіе слитки и которое неспособно принимать закалъ, ранѣе называть Литымъ желѣзомъ (Ingot iron; Flusseisen; Fer fondu)

5) Такой же продуктъ, но способный принимать закалъ, ранѣе называть литой сталью (Ingot-Steel; Flussstahl; Acier fondu)

Эта номенклатура была официально принята въ Германіи, Австріи и Швеціи.

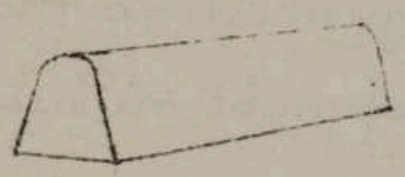
Чугун

При выплавках из руд восстановленное железо, проходя через слои топлива растворяет в себе углерод и получается из домны в виде чугуна.

Полученный таким образом чугун идет или в литейное дело или же передплавается в железо и сталь.

Существуют способы для прямого получения железа и стали из руд, но они применяются редко, а главным образом из руд непосредственно получается чугун.

Из домны чугун выпускается в канавки вырытыя в земле и затем разбивается на куски 4—5 пуд., известные в продаже под названием свинок или чушков (pig iron). Сообразно с-



тем, как ведется выплавка, получаются различные сорта чугуна, их сортируют и пускают в продажу под различными названиями.

В Шотландии и Америке существует следующая классификация чугунов: Литейные чугуны — №1 (Strong grey iron) Излом темносерый с сильным металлическим блеском. Крупные кристаллы с поверхностью, напоминающей свежее разрезанный свинец. Дает хорошую отливку, легко плавится, в расплавленном состоянии жидок, мягок, несколько вязок.

№2 (Серый чугун - Gray iron): Излом серый; блеск ясный, металлический; кристаллы мельче, чем у предыдущего сорта, легко плавится, в расплавленном состоянии жидок, довольно крепок

№3 (Светло-серый чугун - Light gray iron) Излом светло серый; кристаллы небольшие; к середине несколько большие

и блестящіе; блескъ слабый; самый мелкій чугунъ для крупныхъ отливокъ

Передѣлочные чугуны

№4 (Свѣтлый чугунъ – Bright Iron): Изломъ свѣтлый, небольшіе кристаллы въ растворенномъ состояніи слишкомъ мелки для литейныхъ цѣлей, изъ него получается прекрасное железо

№5 (Пестрый чугунъ — Mottled iron) Изломъ по краямъ серебристо бѣлаго цвѣта, по срединѣ бѣлый съ сѣрыми пятнами или наоборотъ; твердъ, хрупокъ, но иногда изъ него получается хорошее железо

№6 (Бѣлый – white) Изломъ серебристо бѣлый; зернистое строеніе съ радіальными линіями кристалловъ; чрезвычайно твердъ и хрупокъ; употребляется только для низкихъ сортовъ пудлинговаго железа

У насъ въ Россіи обыкновенно при выплавкѣ раздѣляютъ чугунъ на 4 сорта

№ 1 Сѣрый чугунъ темный

№ 2 Сѣрый чугунъ свѣтлый

№ 3 Половинчатый чугунъ

№ 4 Бѣлый чугунъ

№№ 3 и 4 употребляютъ исключительно для передѣлки въ железо и потому изученіе ихъ составляетъ предметъ металлургіи; для литейныхъ же дѣлъ идутъ только №№ 1 и 2, изученіемъ свойствъ которыхъ мы и займемся

Кромѣ этихъ сортовъ выплавляется чугунъ съ большимъ содержаніемъ примѣсей и тогда они имѣютъ свои спеціальныя названія: Такъ чугунъ съ большимъ содержаніемъ кремнія

(отъ 5 до 13%) извѣстенъ подъ названіемъ ferrosilicium, а чугунъ съ содержаніемъ Марганца до 20% назыв. зеркальнымъ (spiegeleisen). Чугунъ съ содержаніемъ марганца отъ 20 до 60% наз. ferro manganese.

ferrosilicium употребляется въ литейномъ дѣлѣ, послѣдніе же два сорта идутъ исключительно для металлургическихъ цѣлей.

Въ послѣднее время стали приготовлять чугунъ съ большимъ содержаніемъ алюминія – ferroaluminium

а) Химическій составъ чугуна

Химическій составъ литейныхъ чугуновъ колеблется въ слѣдующихъ предѣлахъ

Углеродъ соедин.	отъ 0,15% — 1,25%
Углеродъ въ видѣ графита	1,85 — 3,25
Кремній	0,15 — 5,00
Сѣра	0,00 — 0,50
Фосфоръ	0,00 — 1,30
Марганецъ	0,00 — 1,50
Желѣзо	90,00 — 95,00

Естественное состояніе углерода въ чугунѣ это въ видѣ химическаго соединенія съ желѣзомъ. Присутствіе кремнія вытѣсняетъ часть углерода, который отдѣляется въ видѣ графита. Сѣра, фосфоръ, а въ особенности марганецъ, наоборотъ, способствуютъ удержанію углерода въ химическомъ соединеніи и если въ чугунѣ находятся одновременно какой нибудь изъ этихъ элементовъ и кремній, то ихъ дѣйствія взаимно уравновѣшиваются или какой нибудь изъ нихъ беретъ перевѣсъ, смотря по обстоятельствамъ. Такимъ образомъ углеродъ явля-

ся пассивными элементами и изменяет свое состояние въ зависимости отъ присутствія другихъ примѣсей. Углеродъ химически соединенный съ желѣзомъ даетъ бѣлый чугунъ. Такой боковые углерода изъ химическаго соединенія переходитъ въ графитъ, тѣмъ болѣе чугунъ пріобрѣтаетъ къ темно-сѣрому. Вмѣстѣ съ этимъ измѣняются и всѣ его физическія свойства, а именно, крѣпость, твердость, хрупкость и плотность уменьшаются, а мягкость, температура плавленія и жидкость въ расплавленномъ состояніи увеличиваются. Тёрнеръ приводитъ слѣдующія данныя, характеризующія вліяніе на крѣпость и твердость чугуна того состоянія, въ которомъ находится углеродъ.

	химич. соед.	въ видѣ графита
Наибольшая мягкость	около 0,15%	болѣе 3,1
Крѣпость и мягкость	„ 0,5	28,3
Наибольшая крѣпость сѣраго и твердость	„ 1%	менѣе 2,6

Цифры взяты при общ. содерж. C около 3,4%

(Engineer. 1886 г. май стр. 520

Графитъ въ сѣромъ чугунѣ подъ сильнымъ микроскопомъ можно различить въ видѣ тонкихъ пластинокъ, отложенныхъ между кристаллами желѣза

в) Плотность чугуна.

Удѣльный вѣсъ чугуновъ измѣняется отъ 6,8 до 7,8

Тетье даетъ слѣдующія удѣльные вѣса для различныхъ чугуновъ [1]

Темносѣрый литейный чугунъ	6,80	Бѣлый	7,60
Сѣрый	7,20	Совершенно бѣл.	7,80
Пестрый	7,35		

Наиболѣе употребительные сорта литейныхъ чугуновъ имѣ-

[1] Quettier, L'emploi de la Fonte de Fer; Paris. 1861 г.

плотн. вѣсъ 7,20 — 7,30.

Удѣльный вѣсъ чугуна увеличивается при послѣдовательныхъ переплавкахъ. Такъ Майоръ Вефъ приводитъ слѣдующіе удѣльные вѣса для чугуна №1

первая плавка — уд. вѣсъ 7,032 Третья плавка уд. в. 7,198
вторая плавка — " " 7,086 Четвертая " " " 7,301

c) Твердость чугуна

Твердость чугуна тѣмъ больше, чѣмъ чугунъ свѣтлѣе. Серый чугунъ легко поддается обработкѣ стальными инструментами, тогда какъ бѣлый чугунъ можно обрабатывать только на точильныхъ камняхъ, такъ какъ самая твердая сталь его не беретъ.

d). Хрупкость чугуна

Всѣ сорта чугуна должны быть признаны хрупкими, такъ какъ ни одинъ изъ нихъ не способенъ приходить въ пластическое состояніе. Обыкновенно разрушеніе чугуна происходитъ сразу, безъ предварительной замѣтной деформаціи. Хрупкость чугуна увеличивается по мѣрѣ того, какъ онъ становится свѣтлѣе.

e) Крѣпость чугуна

1) Сопротивленіе чугуна разрыву

Сопротивленіе чугуна разрыву находится въ большой зависимости отъ его химическаго состава и плотности. Слѣдующая таблица представляетъ средніе коэффиціенты крѣпости этихъ трехъ сортовъ для хорошихъ сортовъ литейныхъ чугуновъ

Родъ чугуна	Коэфф. кр. Кйл. на □ м/м	Удѣльн. вѣс	Родъ чугуна	Коэф. крѣп. Кйл. на □ м/м	Удѣл. вѣс.
Хорошій литейн. чугунъ	14	7,10	Твердый въ отливѣ.	21	7,28
Мягкій въ отливѣ	17,6	7,22	Мягк. чуг. употр. для пушекъ	21	7,25

Съ увеличеніемъ плотности, увеличивается и коэфф. крѣпости Оставивши въ сторонѣ вліяніе густоты, получаемой въ чугунѣ при отливкѣ, можемъ считать, что при измѣненіи удѣльнаго вѣса D отъ 7 до 7,25, коэффиціентъ крѣпости хорошаго литейнаго чугуна будетъ выражаться формулой

$$Z = 17,6\,(D-7)+14$$

При большихъ массахъ чугуна, коэффиціентъ крѣпости можетъ значительно понизиться, вслѣдствіе появленія внутреннихъ напряженій" и уменьшенія плотности. Насколько размѣръ сѣченія вліяетъ на крѣпость можно судить уже потому, что Годкинсонъ для брусковъ отлитыхъ изъ одного и того же чугуна, а имѣвшихъ сѣченіе въ 1 – 2 и 3 квадр. дюйма, получилъ различные коэффиціенты крѣпости, которые относились между собою какъ

100 : 80 : 77

Форма сѣченій не столь вліяетъ на крѣпость; по опытамъ Годкинсона для круглаго и квадратнаго сѣченій коэффиціенты крѣпости различались не болѣе 1% (The Testing of Materiots of construction By Unwin стр. 266)

Послѣдовательныя переплавки значительно увеличиваютъ коэффиціентъ крѣпости чугуна, но при этомъ увеличивается его твердость и хрупкость[2] Такъ по опытамъ Майора Вада (Wade) коэффиціентъ крѣпости для чугуна №1 измѣнялся слѣдующимъ образомъ

	Удѣл. вѣс.	Коэф. крѣп. $\frac{Z}{\text{Кил на } \square mm}$
Первая плавка	7,032	9,84
Вторая плавка	7,086	16,10
Третья плавка	7,198	22,07
Четвертая плавка	7,301	25,16

1) Смотри Стр Внутренніе напряженія.

2) Смот Вліяніе послѣдовательныхъ переплавокъ Eng. 1886 oct 415

Фербернъ[1] производилъ тоже такого рода опыты, при чемъ одинъ и тотъ же чугунъ Eglinton №3 переплавлялся 18 разъ. Наибольшій коэффиціентъ крѣпости, увеличенный на 66% былъ полученъ послѣ 12-й плавки, затѣмъ началось уменьшеніе коэффиціента крѣпости.

Продолжительность плавки также вліяетъ на коэффиціентъ крѣпости. Чѣмъ медленнѣе идетъ плавка, тѣмъ крѣпче получается чугунъ, что видно по слѣдующимъ результатамъ опыта[2]

Время плавки	Коэф. крѣп. Kilg. на □mm
½ часа	12,54
1 часъ	14,15
1½ часа	17,14
2 часа	24,25

Присутствіе корки уменьшаетъ коэффиціентъ крѣп. чугуна, въ особенности это замѣтно для мелкихъ издѣлій (Elasticität und Festigkeit von A. Bach 1889–90 стр. 100). Происходитъ это потому, что корка, обладая большимъ коэффиціентомъ упругости, не позволяетъ всей площади сѣченія сопротивляться разрывающимъ усиліямъ. Поэтому, чтобы получить величины коэффиціентовъ крѣпости пригодныя для сравненія, необходимо для опыта употреблять образцы обточенные

2) Сопротивленіе чугуна сдвигу

Сопротивленіе чугуна сдвигу, вообще говоря, гораздо больше, чѣмъ разрыву. Для сравненія приведу коэффиціенты крѣпости, полученные при испытаніи одного и того же матеріала на разрывъ и на сдвигъ. Пробы произведены съ чугуномъ, предназначавшимся для отливки орудій.

[1] Фербернъ — Желѣзо стр. 233 и 235 [2] Materials of Enginering. Rob Thurston pot. 2 стр. 443

Удельный вѣсъ	D Коэффициентъ крѣпости при сжатіи kil на □ m/m	Z Коэффиц. крѣп. при расширеніи	$\frac{D}{Z}$
7, 087	70, 14	14, 68	4, 8
7, 182	98, 30	21, 71	4, 5
7, 246	111, 18	25, 05	4, 5
7, 270	112, 53	27, 27	4.0

Изъ этой таблицы видно, что чугунъ приблизительно въ 4 раза сопротивляется лучше на сжатіе, чѣмъ на расширеніе.

Впрочемъ коэффиціентъ крѣпости чугуна при сжатіи есть величина очень неопредѣленная и можетъ значительно измѣняться въ зависимости отъ относительныхъ размѣровъ испытуемаго образца: такъ наприм., по опытамъ Баха?, тотъ же брусокъ, который при расширеніи далъ коэффиціентъ крѣпости $Z = 18,80$ kilg, при испытаніи на сжатіе для различныхъ относительныхъ размѣровъ показалъ слѣдующіе коэффиціенты крѣпости

№	Высота образца m/m	Діаметръ образца m/m	D Коэф. крѣп. kilg. на □ m/m.
1	40	19, 9	72, 32
2	19, 8	19, 8	75, 00
3	10	19, 9	85, 00

разница для 1 и 3 случая получилась на 18%

Если взять отношеніе $\frac{D}{Z}$ для 2го случая, то $\frac{D}{Z} = \frac{75}{18} = \sim 4$ приблизительно тоже, что и въ первомъ случаѣ.

При испытаніи круглыхъ и квадратныхъ образцовъ, Баухингеръ нашелъ, что полученные при этомъ коэффиціенты крѣпости разнятся на 3%. Вообще повидимому всѣ тѣ обстоятельства, которыя измѣняютъ коэффиціентъ крѣпости, оказываютъ такое же

вліяніе и при сжатіи чугуна.

Вліяніе повторительныхъ нагрузокъ на крѣпость чугуна.

Подъ дѣйствіемъ повторительныхъ нагрузокъ чугунъ можетъ разрушиться при напряженіи далеко не достигающемъ величины коэффиціента крѣпости, поэтому весьма важно знать ту величину напряженія, при которой матеріалъ можетъ выдержать произвольно большое число нагрузокъ.

По опытамъ Велера*) оказалось, что чугунъ способенъ былъ выдержать слѣдующее число нагрузокъ

Напряженія измѣнялись отъ 0 до	Число повторительныхъ нагрузокъ
12,09 kilg	3140
10,5 „	4000
9,76 „	10342
8,9 „	45028
8,25 „	78682
7,5 „	7.600000 не разрушился

Изъ этой таблицы можно заключить, что чугунъ при напряженіи менѣе 7 kilg на □m/m. можетъ выдержать произвольное число нагрузокъ не разрушаясь.

Нужно замѣтить, что изъ другихъ опытовъ Велера выяснилось, что при повторительныхъ нагрузкахъ важно не только абсолютная величина напряженія, но также и то насколько это напряженіе измѣняется и для чугуна это колебаніе напряженія не должно превосходить 7 kilg. на □m/m. Впрочемъ подобные опыты съ чугуномъ были произведены въ недостаточномъ количествѣ, и потому съ при-

* Unwin. The testing of Matiriols of Constructn стр 365.

водимыми здѣсь цифрами нужно обращаться осторожно.

Сопротивленіе чугуна изгибу

Коэффиціэнтъ крѣпости при изломѣ опредѣляется по извѣстной формулѣ

$$M = B.W$$

Здѣсь M – ломлющій моментъ

W – модуль сопротивленія

B – коэффиціэнтъ крѣпости

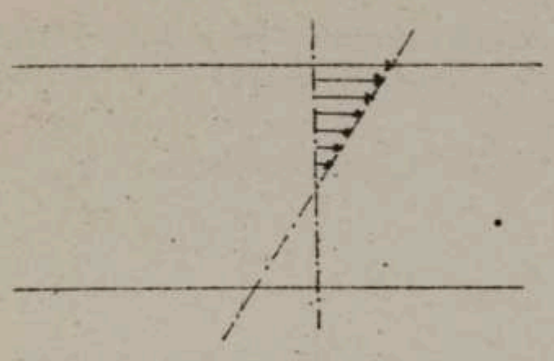
Ѣсли коэффиціэнтъ крѣпости, вычисленный по этой формулѣ, сравнить съ коэффиціэнтомъ крѣпости, полученнымъ при испытаніи тѣхъ же образцовъ на растяженіе, то оказывается, что B получается отъ 1,4 до 2,4 большимъ σ[1]) Разница получается тѣмъ большею, чѣмъ большая матеріала сосредоточено около нейтральной оси. Объяснить это нужно тѣмъ, что при выводѣ уравненія крѣпости предполагается, что деформаціи, а потому и напряженія матеріала возрастаютъ пропорціонально разстоянію отъ нейтральнаго слоя. Но для чугуна, какъ матеріала неупругаго, такія предположенія въ дѣйствительности не оправдываются. Напряженія внутри чугуна возрастаютъ не такъ быстро какъ деформаціи. и потому въ изогнутомъ брускѣ, хотя удлиненія волоконъ и пропорціональны ихъ разстоянію отъ нейтральнаго слоя, но напряженіе около нейтральнаго слоя увеличивается довольно быстро, а потомъ это увеличеніе идетъ гораздо медленнѣе.

Изображая графически, при выводѣ уравненія крѣпости предполагаютъ, что напряженіе въ изогнутомъ брускѣ измѣняются по закону прямой (фиг. 10), на самомъ же дѣлѣ измѣненіе напря-

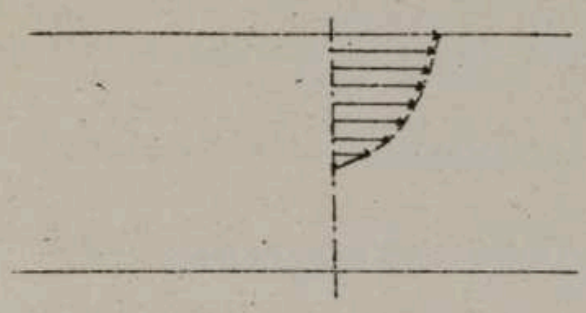
[1]) Опытъ Баха. Zeitschrift des Vereins deitcher Inginieure 1888 г.
Тиме. Bach Elasticität und Festigkeit стр 97.

жений выражается кривой (фиг.11). Понятно, что при такомъ распределеніи напряженій возможна, несмотря на нейтральной оси, принимаютъ большее участіе въ сопротивленіи и общая крѣпость бруска оказывается большей, разсчитанной по формулѣ $M = W.b$, гдѣ вмѣсто b подставить коэф. крѣпости при растяженіи.

Черт. 10.



Черт. 11.



Изъ только что сказаннаго видно, сколь нерационально принимаютъ обыкновенный способъ испытанія чугуна на изломъ и изъ этихъ опытовъ заключать объ его крѣпости. Въ данномъ случаѣ, на получаемый результатъ оказываютъ большое вліяніе форма и размѣры сѣченія, а потому, сравнивая только совершенно одинаковые по формѣ и размѣрамъ образцы, можно получить цифры, характеризующія относительную крѣпость будущія же объ абсолютной крѣпости по такимъ опытамъ будетъ слишкомъ невѣрными.

Корка чугуна при изломѣ оказываетъ такое же дѣйствіе, какъ и при растяженіи, т. е. уменьшаетъ крѣпость.

Сопротивленіе чугуна кручению

Коэффиціентъ крѣпости при кручении опредѣляется изъ уравненія

$$M = W_0 f$$

M — крутящій моментъ

W_0 — модуль сопротивленія

f — коэффиціентъ крѣпости.

Въ случаѣ кручения форма образца оказываетъ еще большее вліяніе на коэффиціентъ крѣпости, чѣмъ во всѣхъ остальныхъ случаяхъ со-

противление чугуна.

Если назвать через κ коэффициент крепости при растяжении – Γ – коэффициент крепости при кручении, то Бах приводит следующее отношение $\frac{\Gamma}{\kappa}$ для различных случаев[1]

Форма сечения		$\frac{\Gamma}{\kappa}$
Круг		1,02
Кольцо		0,82
Прямоугольник	a : b = 1 : 1	1,42
	1 : 2,5	1,60
	1 : 5	1,5
	1 : 9	1,59
Пустотелый квадрат	. . . . .	1,13

В некоторых случаях по опытам Баха[2], напр. при коробообразной, двутавровой сечений и др. уничтожение одного из ребер увеличивало крепость бруса на кручение

Упругость чугуна.

Чугун при растяжении, изгибе при небольших напряжениях, дает уже останавливается удлинения и показывает заметное нарушение пропорциональности между напряжением и деформацией. Поэтому нужно сказать о чугуне, подвергающемуся сжатию. Он[3] из своих опытов вывел следующую эмпирическую формулу[4] дающую очень близкую к действительности зависимость между удлинением и напряжением.

$$\varepsilon = \frac{1{,}503\,p^3}{10^8} + \frac{1{,}685\,p}{10^4} \ldots \text{для длинных полос.}$$

---

1) Bach Elasticität und Festigkeit 1889–90 стр. 182

2) Zeitschrift des Vereins deitchen Ingirieure 1889

3) Тамже Elasticität und Festigkeit стр 167– 170

4) Unwin. The testing of materials of construction стр 264

$c = \frac{9,66p^3}{10^8} + \frac{1,782p}{10^4}$ для длинныхъ полосъ

$e = \frac{0,39p^3}{10^6} + \frac{1,62p}{10^4}$ для короткихъ полосъ 8"

Здѣсь e - удлиненіе, c - сбѣганіе въ единицахъ длины и p - напряженіе въ тоннахъ на □ дюймъ.

Черт. 12 (на смѣд. стр.) представляетъ графическое изображеніе деформацій чугуна при различныхъ напряженіяхъ отъ 0 до разрыва. Испытанія производились Форкопомъ изъ двухъ сортовъ чугуна Самсонъ №2 и №4

Верхняя половина представляетъ расширеніе линейнаго сбѣганія. По оси абсциссъ откладывались удлиненія упругія и остаточныя; по оси ординатъ напряженія. Изъ чертежа видно, что деформація какъ при растяженіи такъ и при сбѣганіи возрастаютъ гораздо быстрѣе, чѣмъ напряженія.

№4 по этимъ испытаніямъ оказывается болѣе крѣпкимъ и менѣе податливымъ.

f). Плавкость чугуна

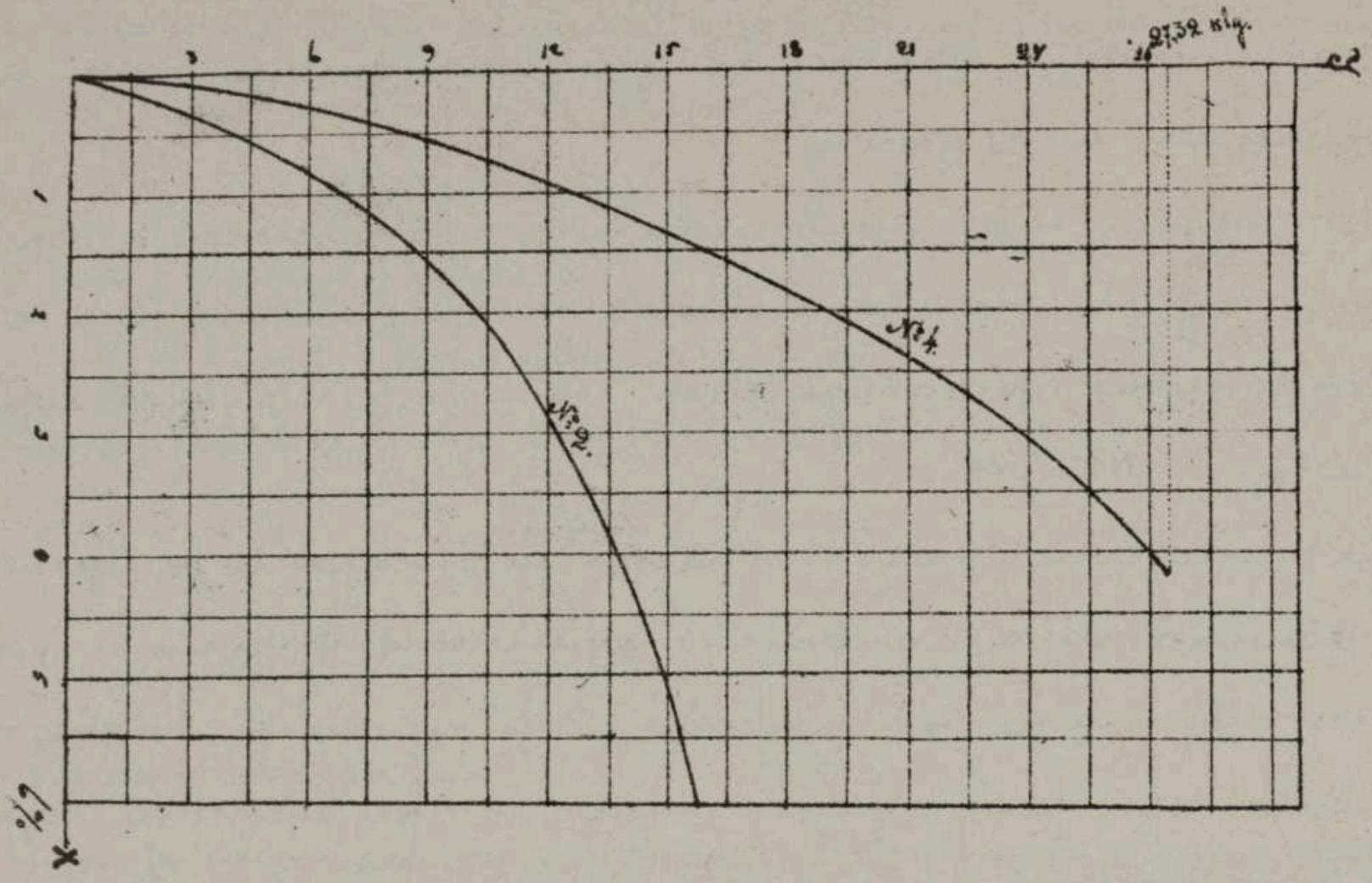
Температура плавленія чугуна измѣняется отъ 1000° до 1300°

Чѣмъ большее количество углерода находится въ химическомъ соединеніи съ железомъ, тѣмъ при меньшей температурѣ плавится чугунъ. Такъ что наиболѣе легкоплавкимъ чугуномъ является бѣлый а наиболѣе трудноплавкимъ темно-сѣрый.

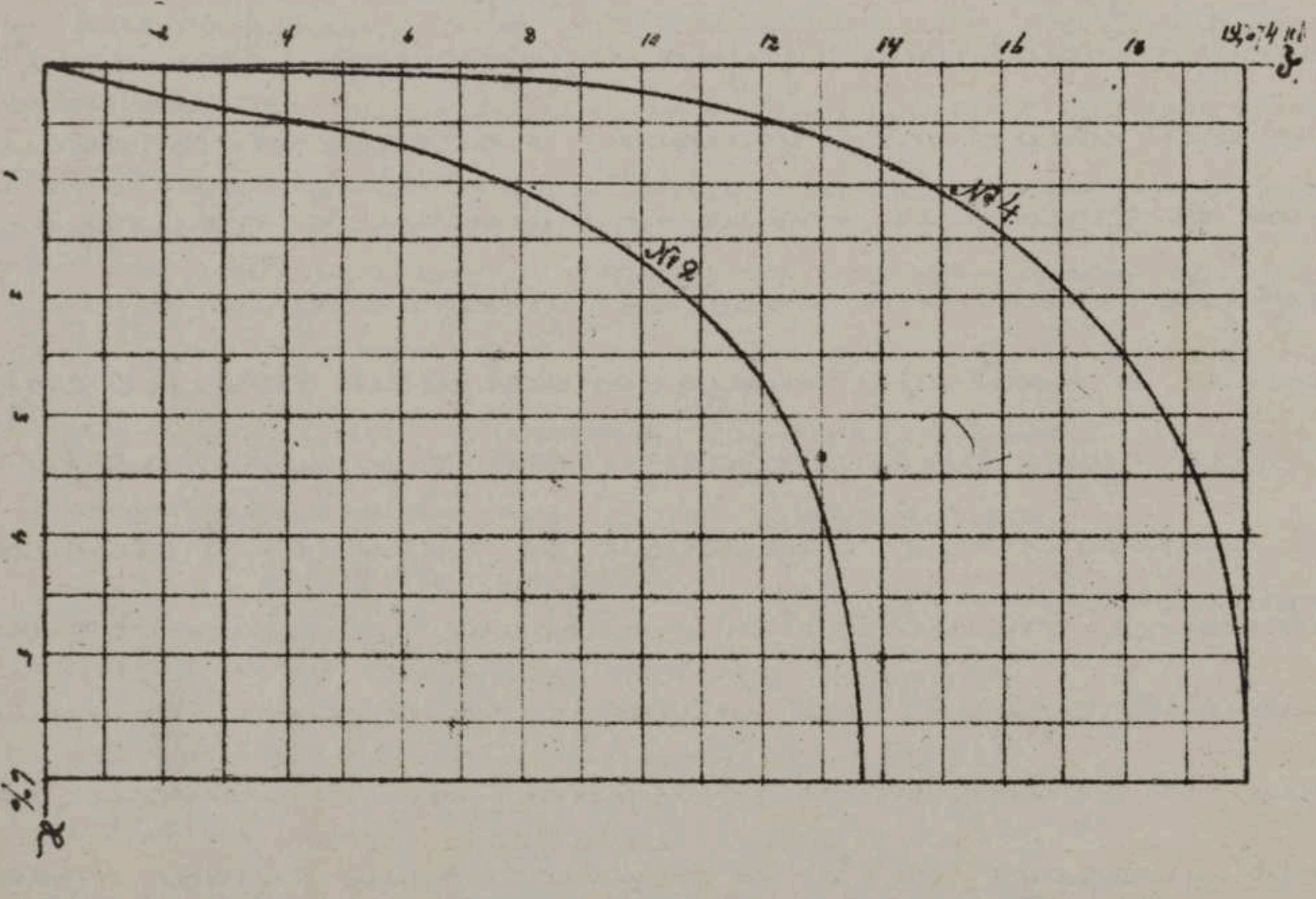
Жидкость всѣхъ расплавленныхъ чугуновъ зависитъ отъ общаго содержанія углерода въ чугунѣ. Наиболѣе жидкимъ является темносѣрый, наиболѣе густымъ — бѣлый.

Въ зеркальномъ чугунѣ весь углеродъ находится въ химическомъ соединеніи съ железомъ и количество его не меньше, чѣмъ общее количество углерода (до 5%) въ темносѣромъ чугунѣ - поэтому онъ плавится при низкой температурѣ и въ то же время очень жидокъ,

Черт 12.



Черт. 13.



несмотря на то, что бѣлъ.

При совмѣстной плавкѣ нѣсколькихъ чугуновъ можно получить чугунъ, у котораго точка плавленія будетъ выше или ниже сравнительно съ чугунами взятыми для плавки. Шютцъ[1], производя подобные опыты на своемъ заводѣ, нашелъ, что температура плавленія можно измѣнять въ предѣлахъ 450° Ц

Въ разплавленномъ чугунѣ весь углеродъ находится въ химическомъ соединеніи съ желѣзомъ. При остываніи чугунъ выдѣляетъ часть углерода изъ химическаго соединенія въ видѣ графита. Чѣмъ быстрѣе происходитъ охлажденіе, тѣмъ менѣе графита успѣваетъ выдѣлиться. Вслѣдствіе этого сѣрый разплавленный чугунъ, будучи быстро охлажденъ, можетъ быть переведенъ въ бѣлый. Этимъ свойствомъ пользуются для закалки чугунныхъ издѣлій. Въ такихъ случаяхъ формы приготовляютъ металлическую и при отливкѣ, вслѣдствіе большой теплопроводности металла, наружный слой чугуна быстро остываетъ и издѣліе получаетъ очень твердую корку бѣлаго чугуна

При затвердѣваніи чугуна, какъ и всѣ вообще тѣла, сохраняетъ нѣкоторое время постоянную температуру вслѣдствіе выдѣленія скрытаго теплорода.

По изслѣдованіямъ, сдѣланнымъ Брунеромъ, число единицъ теплоты, заключающееся въ чугунѣ было:

Родъ чугуна	При выпускѣ изъ Домны	Передъ застываніемъ	Немедленно послѣ затвердѣванія	Скрытый теплородъ
Сѣрый	280 – 285	244 – 245	221 – 222	23
Бѣлый	260 – 265	226 – 235	192 – 203	24 – 32

1) Iron and Steel manufacture By F. Kohn стр 57

2) Проф. Тодоинз. Литейное дѣло 1889-90 стр. 29

Таким образом скрытый теплород для серого чугуна 23 ед. темп., белого отъ 24 — 32 ед. темп.

g) Усадка чугуна

При остывании расплавленный чугунъ даетъ усадку, поэтому формы должны приготовляться соответственно большаго радиуса.

Различные чугуны даютъ различную усадку. Белый чугунъ даетъ наибольшую усадку, серый наименьшую. Въ среднемъ линейную усадку чугуна можно принять равной 0,01.

h) Увеличеніе объема при затвердѣваніи чугуна

Если въ расплавленный чугунъ бросить кусокъ твердаго чугуна, то онъ будетъ плавать. Это указываетъ на то, что расплавленный чугунъ плотнее, чѣмъ затвердѣвшій, между тѣмъ какъ при остываніи расплавленнаго чугуна, такъ и при остываніи уже отвердѣвшаго чугуна происходитъ сокращеніе его объема, на это указываетъ какъ сама усадка, такъ и появленіе усадочныхъ пустотъ внутри отлитыхъ вещей, такимъ образомъ чугунъ при остываніи повидимому все время уплотняется. Такое противорѣчіе объясняется тѣмъ, что расплавленный чугунъ, содержащій весь углеродъ въ химическомъ соединеніи состояніи передъ затвердѣваніемъ, принимая тестообразное состояніе, выдѣляетъ его въ большомъ количествѣ въ видѣ графита, отчего сразу увеличивается его объемъ и уменьшается плотность. Затѣмъ продолжается дальнѣйшее сокращеніе объема чугуна при остываніи. Такое увеличеніе объема чугуна въ то время, когда оно находится еще въ тестообразномъ состояніи полезно, потому что дѣлаетъ

достигается запомнение всех мелких деталей формы.

i) Внутренния напряжения

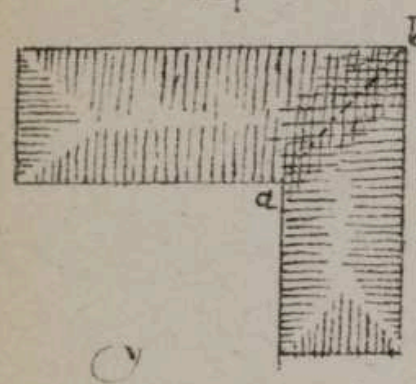
Въ чугунѣ, какъ и вообще во всѣхъ хрупкихъ литыхъ металлахъ при затвердѣваніи проявляются внутренния напряженія. Понятіе о этихъ напряженіяхъ и причины, ихъ порождающія, можно уяснить изъ слѣдующаго: вообразимъ, что форма, имѣющая видъ шара, наполнена расплавленнымъ чугуномъ. При охлажденіи прежде всего затвердѣетъ внѣшняя поверхность и образуетъ родъ тонкой корки. Если въ этой коркѣ не будетъ отверстій для свободнаго выпуска находящагося внутри ея еще жидкаго чугуна, то при дальнѣйшемъ остываніи и сокращеніи эта корка должна будетъ треснуть. Если же въ какомъ нибудь мѣстѣ, обыкновенно тамъ, гдѣ внѣшняя чугунъ въ формѣ оставлена возможность для выхода жидкаго чугуна, то при сокращеніи корки часть этого чугуна выпрыснится. При дальнѣйшемъ остываніи къ внѣшней коркѣ прибавится другой затвердѣвшій слой, но болѣе горячій. Всѣ эти слои будутъ при остываніи сокращаться, но вслѣдствіе того, что они имѣютъ различную температуру, стремленіе сократиться будетъ все больше и больше по мѣрѣ приближенія къ центру. Такимъ образомъ внѣшній слой будетъ удерживать отъ сокращенія мягкій рядомъ съ нимъ тотъ въ свою очередь слѣдующій за нимъ и т. д. Въ центрѣ, вслѣдствіе усадки должна получиться менѣе плотный металлъ или даже небольшая пустота. Всѣ эти послѣдовательные слои, дѣйствуя другъ на друга, вызываютъ внутренния напряженія. У отлитаго такимъ образомъ шара внѣшніе слои сжаты, внутренніе растянуты. Отлитая вещь всегда нахо-

дится как бы под действием внешних сил, направленных нормально к ея поверхности.

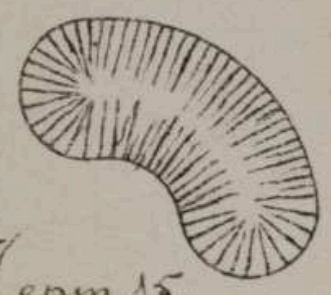
Предметы с искругленными поверхностями будуть иметь внутренния напряжения распределенными более равномерно, чемъ предметы, имеющие угловатыя формы.

Действительно, если мы сравнимъ двѣ отливныя вещи (фиг 14) и (фиг 15), то увидимъ, что у фиг. 14. получится линия раздѣла ав. По этой линии, вслѣдствіе усадки материала, происходящаго по направлению литниковки, чугунъ получитъ менѣе плотный слой, а потому и менѣе прочный.

Черт. 14.



Черт. 15.



Точно также, какъ внутренния напряжения получаются отъ неравномѣрнаго охлаждения чугуна, то, чѣмъ больше будетъ эта неравномѣрность, тѣмъ большую величину пріобрѣтутъ внутренния напряжения и иногда можетъ случиться, что внутренния напряжения превзойдутъ коэффиціентъ крѣпости, т. е. отливная вещь лопнетъ.

Въ виду вышесказаннаго, при проектировании нужно избѣгать рѣзкихъ переходовъ отъ тонкихъ частей къ толстымъ а также рѣзко очерченныхъ угловатыхъ формъ

к) Увеличіе объема чугуна послѣ нагрѣванія

Если отливную вещь нагрѣть и потомъ охладить, то окажется, что размѣры ея нѣсколько увеличились. Происходитъ это, вѣроятно, вслѣдствіе дѣйствія внутреннихъ напряженій. Первоначально сжатыя внутреннія части отливки при на-

ерѣваніи внѣшней поверхности получаютъ возможность расширяться, при этомъ расположеніе частицъ во внѣшнихъ сильно нагрѣтыхъ слояхъ измѣняется и по охлажденіи является увеличеніе объема. Увеличеніе радіусовъ при послѣдовательныхъ нагрѣваніяхъ можетъ достичь до 4%.

Это свойство чугуна нужно имѣть въ виду при проектированіи частей подвергающихся нагрѣву.

l) Пустоты или отдулины получающіяся внутри чугуна

Отдулины, встрѣчающіяся внутри чугунныхъ отливокъ, происходятъ отъ двухъ причинъ: Во первыхъ, отъ усадки чугуна; при остываніи затвердѣвшая корка представляетъ собой какъ бы сосудъ, наполненный жидкимъ чугуномъ; при дальнѣйшемъ охлажденіи объема сосудъ почти не измѣняется, тогда какъ объемъ наполняющаго его чугуна продолжаетъ уменьшаться, въ результатѣ необходимо должны получиться пустоты.

Во вторыхъ, отдулины могутъ получиться вслѣдствіе способности чугуна, находясь въ расплавленномъ состояніи, растворять въ себѣ газы! Эти газы при остываніи начинаютъ выдѣляться и, въ видѣ пузырьковъ, поднимаются на поверхность. Если при этомъ чугунъ достигнетъ извѣстной густоты, то пузыри газа не будутъ въ состояніи проникнуть на поверхность и останутся внутри чугуна, образуя отдулины.

m) Вліяніе посторонних примѣсей на качество чугуна

Сѣра Вліяніе примѣси сѣры на качество чугуна вообще мог-

*Смотри Compte Rend 1875 стр 319. Москв 1877 стр 260

но не выяснено, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда кромѣ серы находятся и другія примѣси, какъ напр. кремній.

Присутствіе серы несомнѣнно вредно въ тѣхъ чугунахъ, которые идутъ для передѣлки въ desetzo, такъ какъ сера, попадая въ desetzo дѣлаетъ его красно-ломкимъ. Въ передѣлочныхъ чугунахъ содержаніе серы не должно превышать 0,03%.

Въ чугунахъ, идущихъ для литейныхъ цѣлей, небольшое количество серы никакого вреда не приноситъ. Чугуны съ содержаніемъ серы до 0,15% считаются еще хорошими литейными чугунами. Вообще, присутствіе серы въ небольшомъ количествѣ удерживаетъ углеродъ въ соединенномъ состояніи и потому чугунъ получается твердѣе, но если въ тоже время къ чугуну примѣшаны обратно дѣйствующіе элементы, какъ напр. кремній, то дѣйствіе серы нейтрализуется и можно встрѣтить чугуны содержащіе до 0,6% серы, дающіе прекрасную отливку. James Addie при изслѣдованіи[1] различныхъ чугуновъ на своемъ заводѣ (Langloan Iron Works) замѣтилъ, что сера въ слиткахъ чугуна, главнымъ образомъ сосредоточена около середины. Это обстоятельство нужно имѣть въ виду при анализѣ чугуна

Фосфоръ

Присутствіе фосфора въ небольшомъ количествѣ до 0,75% для литейныхъ чугуновъ скорѣе полезно, чѣмъ вредно, такъ какъ чугунъ при этомъ, не теряя въ крѣпости больше жидокъ въ расплавленномъ состояніи и потому лучше для отливокъ. Томасъ Шурнеръ[2] въ подтвержденіе этого указываетъ на опыты, которые были произведены въ 1858 г. (Past. Iron experiments 1858 г.)

1) Steel und Iron Manufacture By F. Kohn стр 34

2) Engineering 1886 г. стр 520 paper read before Iron and Steel Institute.

надъ 50 сортами англійскихъ чугуновъ, при семъ въ лучшихъ изъ нихъ содержаніе фосфора колебалось отъ 0,19% до 0,72%
Содержаніе фосфора болѣе одного процента дѣлаетъ чугунъ твердымъ и очень хрупкимъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается его удѣлость въ расплавленномъ состояніи. Въ тѣхъ случаяхъ, когда крѣпость чугуна не играетъ роли и когда интересно получить его возможно удѣлкимъ для хорошаго выполненія всѣхъ тонкостей формы, какъ напримѣръ при отливкѣ художественныхъ вещей, то къ чугуну нарочно прибавляютъ фосфора и иногда его содержаніе достигаетъ до 6%
Въ чугунахъ, идущихъ для передѣлки въ сталь даже небольшое присутствіе фосфора вредно, такъ какъ сталь при этомъ получается хладноломкимъ.

Кремній

Кремній, находясь въ чугунѣ измѣняетъ его качества вслѣдствіе двухъ причинъ:

1) Дѣйствуя какъ примѣсь самъ по себѣ
2) Вліяя на состояніе углерода въ чугунѣ

Самъ по себѣ, какъ примѣсь, кремній ухудшаетъ качество чугуна[1]; увеличиваетъ его хрупкость, твердость, усадку и уменьшаетъ крѣпость. Но въ тоже время, дѣйствуя на состояніе углерода и выдѣленія его изъ химическаго соединенія — онъ дѣйствуетъ совсѣмъ обратно и, такимъ образомъ, уничтожаетъ свое вредное вліяніе.
Углеродъ, какъ примѣсь, химически соединенный съ желѣзомъ никогда не встрѣчается въ количествѣ большемъ 4% (исключая специальнаго сорта, какъ напр. зеркальный чугунъ, гдѣ большое количество С обязано присутствію Mg), тогда какъ кремній

соединяется, не удаляется въ количествѣ до 30%[2])

Изъ этого видно, что кремній имѣетъ гораздо большее сродство къ углероду, чѣмъ углеродъ, поэтому, если къ бѣлому чугуну прибавить кремній, то онъ вытѣсняетъ изъ соединенія съ желѣзомъ углеродъ, который и отдѣляется въ видѣ графита, т.е бѣлый чугунъ переходитъ въ сѣрый, а вмѣстѣ съ тѣмъ измѣняются его качества – онъ становится мягче, хотя теряетъ нѣсколько въ крѣпости, даетъ меньшую усадку и, вслѣдствіе этого, въ отливкѣ получается болѣе плотнымъ, кромѣ того становится немного жидче. Уменьшеніе усадки объясняется тѣмъ, что при остываніи и сокращеніи незадолго до отвердѣванія чугунъ выдѣляетъ графитъ и сразу увеличивается при этомъ въ объемѣ, такъ что общее сокращеніе получается меньше. Кремній способствуетъ этому выдѣленію и потому уменьшаетъ усадку.

Такимъ образомъ кремній является полезнымъ въ литейномъ дѣлѣ до тѣхъ поръ, пока онъ способствуетъ выдѣленію графита. Такое дѣйствіе продолжается пока его примѣсь не превышаетъ 3%, далѣе дальнѣйшее прибавленіе не производитъ выдѣленія графита и онъ становится вредной примѣсью.

Въ хорошихъ литейныхъ чугунахъ количество кремнія колеблется отъ 1,5% до 3%

Въ настоящее время выплавляются спеціальные сорта чугуна

1) (Сноска къ предыдущей стран.) Keep. The Influencs of silicon in Cast Iron. paper, read befor the American Institute of mining Engineers. Enginering 1889 Aug 156

2) Gantier. silicon in Cast-Iron. paper read Befor Iron and Steel Institute. Enginering 86 Oct 415.

съ большимъ содержаніемъ кремнія до 13% (Ferrosilicium), которые, будучи сплавлены съ такими сортами чугуна, (бѣлый, серый, горный) даютъ хорошую отливку. Сплавленіе производится въ такихъ пропорціяхъ, чтобы содержаніе кремнія въ смѣси получилось около 2,5%.

Производя опыты съ различными такими смѣсями, проф. Турнеръ пришелъ къ заключенію, что, зная химическій составъ чугуна и прибавляя къ нему нѣкоторое извѣстное количество кремнія, можно получить чугунъ съ любой степенью твердости и крѣпости.

Съ этимъ едва-ли можно согласиться. Дѣло это не такъ просто. Напр. Keep[1] приводитъ рядъ опытовъ съ пятью сортами чугуновъ, содержащими 2% кремнія, крѣпость которыхъ значительно разнится.

Получить чугунъ желаемаго качества можно только путемъ опыта. Нужно замѣтить, что кремній, попавшій въ чугунъ въ доменной печи, оказываетъ болѣе благотворное вліяніе чѣмъ искусственно приплавленный. Кремній, какъ элементъ способствующій при переплавкѣ переходу бѣлаго чугуна въ сѣрый, не допускаетъ закала, а потому для отливокъ, желающихъ получить закалъ, чугунъ нужно выбирать безъ содержанія кремнія.

При послѣдовательныхъ переплавкахъ часть кремнія уничтожается, вслѣдствіе чего углеродъ все болѣе и болѣе вступаетъ въ химическое соединеніе и чугунъ по немногу обращается въ бѣлый, твердѣетъ и дѣлается хрупкимъ. Прибавляя кремній, чугунъ снова можно вернуть его мягкость

[1] Engineering 89 – 2т. стр. 187, табл. 5

Чугунъ съ большимъ содержаніемъ кремнія, негоденъ для литейныхъ цѣлей, идетъ на передѣлку въ сталь и ферросплавъ по способу Бессемера

Марганецъ

Дѣйствіе марганца повидимому обратно-кремнію, т. е., онъ способствуетъ химическому соединенію углерода съ железомъ. Примѣшанный въ небольшихъ количествахъ отъ 0,2% до 0,75%, онъ оказывается полезнымъ въ тѣхъ случаяхъ, когда чугунъ долженъ обладать достаточной твердостью, крѣпостью или принимать закалъ. Примѣсь марганца болѣе 1% уменьшаетъ крѣпость чугуна и потому уже оказывается вредной.

Чугуны съ большимъ содержаніемъ марганца имѣютъ специальныя названія до 20% - зеркальный чугунъ (Spiegeleisen) съ содержаніемъ марганца отъ 20% до 60% и иногда до 80% называется ferromanganese. Эти чугуны идутъ исключительно для металлургическихъ цѣлей.

Металлы щелочныхъ земель

Ca, Mg и Al встрѣчаются въ чугунахъ въ самыхъ незначительныхъ количествахъ. Вліяніе Ca и Mg на качество чугуна мало изслѣдовано. Замѣчательное дѣйствіе на качество чугуна оказываетъ Алюминій. По изслѣдованіямъ Кипа[1] алюминій подобно кремнію, но только въ гораздо большей степени, производитъ выдѣленіе углерода въ видѣ графита въ моментъ затвердѣванія. Вслѣдствіе того, что графитъ выдѣляется въ моментъ затвердѣванія, явленіе то выгода, что онъ распредѣляется совершенно равномѣрно по всей массѣ чугуна, а не скопля-

[1] W. J. Keep. The influence of Alluminium upon Cast iron paper read befor the American Association for the Advancement of Science Engineering aug 1888 стр 219

ется въ различныхъ мѣстахъ не получается пустотъ, какъ быва-
етъ въ томъ случаѣ, когда графитъ выдѣляется еще въ жидкомъ
чугунѣ. Въ этомъ отношеніи алюминій дѣйствуетъ гораздо
лучше кремнія. Прибавленный въ самомъ незначительномъ ко-
личествѣ (до 0,1%) онъ даетъ возможность получать плотныя
отливки далѣе изъ бѣлаго чугуна, причемъ крѣпость ихъ увели-
чивается на 40%. Вообще, прибавь алюминія въ количествѣ 0,75%
сообщаетъ чугуну большую мягкость, крѣпость, упругость, плот-
ность, жидкость въ расплавленномъ состояніи, уменьшаетъ
усадку и, вслѣдствіе выдѣленія большого количества графита,
представляющаго собою изолирующій слой между песко-
формы и чугуномъ, поверхность отлитой вещи получается
чистая почти безъ твердой корки.

Въ сравненіи съ кремніемъ алюминій имѣетъ еще то преиму-
щество, что кромѣ гомое сильнаго вліянія на выдѣленіе гра-
фита, онъ самъ по себѣ является примѣсью безвредной, вмѣсто
полезной.

Порча чугуна

Чугунъ, подвергаясь дѣйствію сырости въ присутствіи кислоты,
покрывается ржавчиной. Твердый чугунъ, въ которомъ большая
часть углерода находится въ химическомъ соединеніи ржавѣ-
етъ не такъ легко, какъ мягкій. Удаленіе ржавчины замедляетъ
процессъ окисленія. Слой ржавчины образуетъ съ металломъ
гальваническую пару ускоряющую окисленіе. Кромѣ того чу-
гунъ подъ вліяніемъ нѣкоторыхъ причинъ способенъ измѣнять
свой составъ. Такъ напримѣръ Ф. Кальвертъ производилъ слѣдующій
опытъ: онъ бралъ чугунные кубики въ 1 cant. и погружалъ ихъ
въ сосуды емкостью 30 куб. cant., наполненные подкисленной во-

дой. Вода подкислялась уксусной, соляной и серной кислотой. Спустя три месяца после погружения, чугунные кубики, хотя и не получили никаких изменений с внешней стороны, но за то стали так мягки, что лезвие ножа проникало в них свободно на 3–4 m/m. Наиболее сильное действие оказывала уксусная кислота, затем соляная и также серная. Растворы кислот менялись каждый месяц и спустя два года чугун совершенно изменил свою природу не изменяясь при этом в объеме и во внешнем виде. Сначала каждый кубик весил 15,324 грамма; спустя два года их вес оказывался 3½ гр., таким образом удельный вес был уменьшен с 7,8 до 2,7 Само по-му весь раствор. и в конце концов осталось следующее

	в начале	в конце
Железо	95,413	79,960
Углерод	2,900	11,070
Азот	0,790	2,590
Кремний	0,478	0,070
Фосфор	0,132	0,059
Сера	0,179	0,096

Присутствие вышеупомянутых кислот, может оказаться во многих случаях: так напр., они содержатся в морской воде, в некоторых сточных водах, в атмосфере, а потому, при употреблении чугуна в таких случаях, необходимо принимать меры к ограждению его от порчи.

Повидимому такого рода видоизменение чугуна происходит в водопроводных трубах.

Средством для ограждения чугуна от порчи является окраска его, покрытие краской. Весьма действительным средством предохраняющим чугун является способ, предложен-

ный Аншютцем (Ansitom), главным образом для водопроводных труб. По его способу, чугун покрывается каменноугольным дегтем следующим образом. Каменноугольный деготь сначала варится, съ цѣлью удалить всѣ легкія масла, затѣмъ труба, предварительно совершенно очищенная отъ ржавчины и др., погружается въ смолу и держится тамъ пока не приметъ ея температуру, затѣмъ трубу поднимаютъ, дастъ стечь излишку дегтю, а оставшійся на трубѣ быстро высыхаетъ и сообщаетъ трубѣ глянцевитую поверхность. Иногда вмѣсто того, чтобы дожидаться, пока труба нагрѣется въ смолѣ ее нагрѣваютъ предварительно и уже горячую опускаютъ въ смолу. Этимъ работа ускоряется, но зато поверхность трубы получается не однообразная; такъ какъ это зависитъ отъ температуры трубъ, которыя трудно нагрѣвать одинаково. Когда смола сдѣлается густая, то ее добавляютъ свѣжей и снова вывариваютъ. Нагрѣваніе трубы важно потому, что при этомъ происходитъ расширеніе поръ чугуна и смола проникая во внутрь крѣпко держится.

c) Ковкій чугунъ

Подъ этимъ названіемъ извѣстны издѣлія, полученныя отливкой обыкновеннаго чугуна и потомъ особымъ (цементація) способомъ обезъуглероженныя, вслѣдствіе чего они получаютъ свойство ковкости, хотя и не могутъ быть сваренными.

Этотъ способъ обработки чугуна удобно примѣняется главнымъ образомъ къ мелкимъ издѣліямъ, хотя иногда и крупныя вещи подвергаются обезъуглероживанію или цемента-

чіи, но при этомъ чугунъ становится ковкимъ только по поверхности на небольшую глубину. Глубокое 2^п цементація происходитъ плохо.

Для приготовленія такихъ издѣлій, нужно брать бѣлый или пятнистый чугунъ, выплавленный на древесномъ углѣ самаго лучшаго качества. Старые чугуны и чугуны, содержащіе Mg, S или Ph не годятся. Лучшіе заводы обыкновенно плавятъ чугунъ въ тиглѣхъ вмѣщающихъ въ себя около 30 кіл. чугуна, дабы получить его возможно чистымъ.

Отливка производится въ формахъ, приготовленныхъ обыкновеннымъ образомъ съ тою разницею, что иногда въ виду болѣе высокой температуры расплавленнаго чугуна, вмѣсто песку употребляютъ огнеупорную глину, и затѣмъ отливныя вещи кладутся въ ящики чугунные, а въ случаѣ большихъ вещей, въ жестяные, напоминные окисляющимъ веществомъ, обыкновенно,- краснымъ жестянякомъ или перекисью марганца, просѣянныхъ черезъ сито въ 3^м/м -, слишкомъ мелкій порошокъ не рекомендуютъ, ящики ставятся въ камильную печь и подвергаются постепенно усиливающемуся нагрѣванію. Температура доводится до полнаго краснаго каленія и въ такомъ состояніи издѣлія остаются въ печи отъ 3^хъ до 7 сутокъ, сообразно съ ихъ величиною.

Если чугунъ выбранъ хорошаго качества и цементація произведена на всю глубину, то издѣлія получаются почти такія же прочныя, какъ приготовленныя изъ обыкновеннаго же-лѣза. Ихъ можно ковать при слабомъ нагрѣвѣ. Нагрѣтыя болѣе сильно, они разлетаются въ куски подъ ударами молота. Въ холодномъ состояніи тонкія вещи можно изогнуть

на 180°, но обыкновенно при разгибании обратно они дают трещины. Вообще ковкие чугуны, по своим свойствам, занимают среднее место между чугуном и сталью.

II Сварочное железо (Weld Iron; Schweisseisen; fer soudé)

Получается передёлкой чугуна кричным и пудинговым способом.

В том и другом случае расплавленный чугун подвергается действию окисляющих газов, причем углерод и другия примѣси, находящіяся въ чугунѣ окисляются а болѣе чистое желѣзо при помѣшиваніи спекается въ одинъ комокъ, который въ видѣ губчатой массы плаваетъ въ чугунѣ. Когда этотъ комокъ желѣза, такъ называемая крица, достигаетъ извѣстной величины, его вынимаютъ изъ печи и подвергаютъ механической обработкѣ. Крица состоитъ изъ желѣзной губчатой массы, пропитанной шлаками; и цѣль послѣдующихъ механическихъ процессовъ состоитъ въ удаленіи изъ крицы шлаковъ и въ сообщеніи ей плотности обыкновеннаго желѣза.

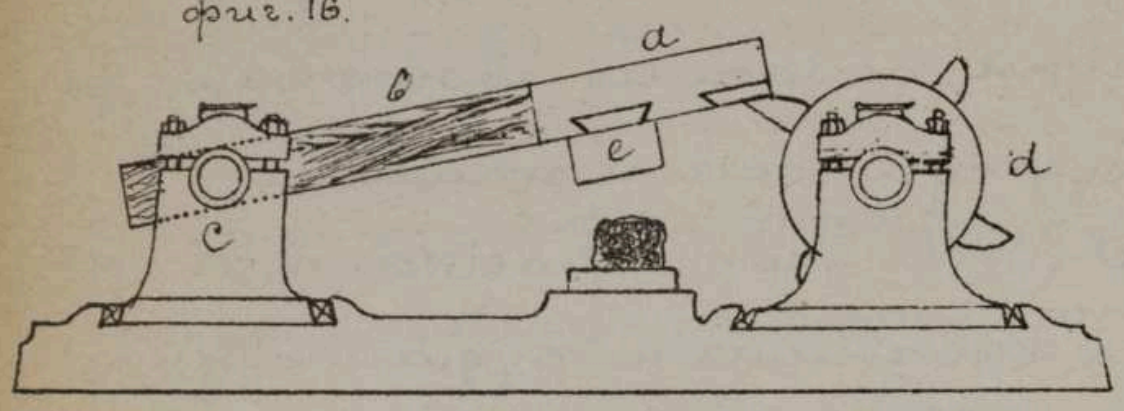
Ни одинъ изъ существующихъ способовъ обработки не въ состояніи вполнѣ очистить крицу отъ шлаковъ; эти шлаки, оставаясь внутри желѣза при дальнѣйшей обработкѣ, вытягиваются въ нити и сообщаютъ желѣзу волокнистое строеніе. Чѣмъ лучше были отсѣяны шлаки, тѣмъ болѣе мелко-волокнистаго строенія получается желѣзо.

Отсѣяніе шлаковъ изъ крицы производится или молотомъ или вальцами.

Молоты употребляются или паровые или же, большею частію, приводные - водяные

Лобовой молотъ представленъ на фиг 16. Часть а обыкновенно чугунная, соединительная часть b — деревянная Вѣсъ падающей части достигаетъ въ 5000, иногда до 8000 kilo Подъемъ молота обыкновенно 400–500 m/m.. Подшипники c и d лучше соединять вмѣстѣ, и все ставится на общемъ основаніи изъ одного дерева, или дерева и камня. Вѣсъ бабы около 1000 klg. Вѣсъ наковальни 5000 klg. Вѣсъ всего молота отъ 30000 до 40000 klg Занимаетъ площадь $6^m \times 1{,}8^m$ до $7^m \times 2{,}1^m$; число ударовъ 50–70 въ минуту; во время остановокъ молотъ поддерживается особой подставкой.

фиг. 16.



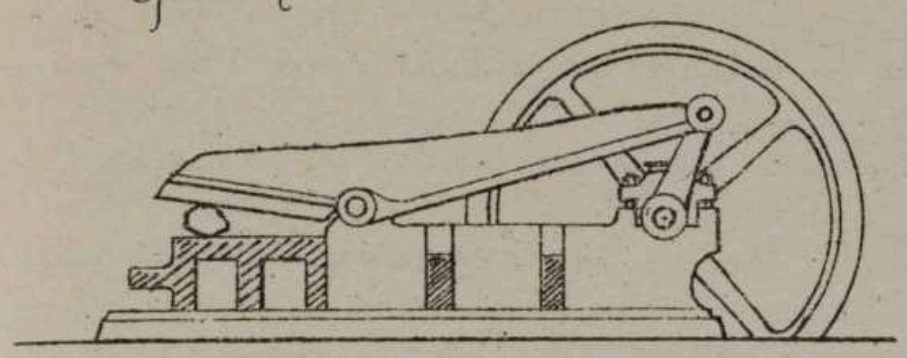
Для той же цѣли употребляются и паровые молота Приводные молота, по мнѣнію нѣкоторыхъ заводчиковъ имѣютъ въ данномъ случаѣ то преимущество передъ паровыми, что у нихъ сила удара не зависитъ отъ воли рабочаго. Для болѣе совершеннаго отдѣлки изъ первые удары должны быть особенно сильны, при паровомъ же молотѣ рабочій вслѣдствіе мягкости крицы всегда имѣетъ наклонность давать сначала мягкіе удары, отчего продуктъ получается не вполнѣ чистый.

Вынутая изъ печи крица подвозится на тележкѣ къ молоту, сдвигается на наковальню, подставка изъ подъ молота выбивается, и слѣдующими быстро одинъ за другимъ ударами молота безформенная крица обращается въ болванку, имѣющую видъ параллелепипеда. Переворачиваніе крицы производится мастеромъ большими клещами или все при-

мощи эсемъзной полосы, заваренной въ кричу. Весь процессъ занимаетъ около ½ минуты.

Главнымъ образомъ для отрѣзанія пилаковъ изъ кричы употребляютъ эсомы. Рычажный эсомъ представленъ на фиг. 17

Фиг. 17.



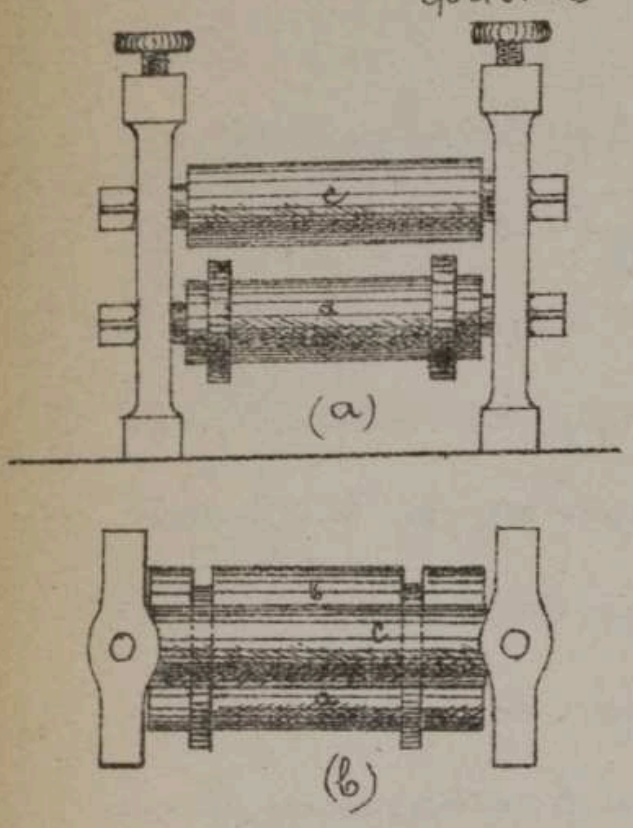
При вращеніи вала a, челюсть b сжимаетъ кричу, которая постепенно подвигается во внутрь. Эсомъ дѣлаетъ до 60 качаній въ минуту и крича сжимается отъ 20 до 25 разъ, прежде чѣмъ она обратится въ болванку. Подобные эсомы теперь почти вышли изъ употребленія и замѣнены другими вращательными, какъ болѣе удобными.

Эсомъ Брауна (Всоин) состоитъ изъ нѣсколькихъ паръ вращающихся горизонтальныхъ вальцовъ, расположенныхъ попарно другъ надъ другомъ. Подшипники дѣлаются такой конструкціи, что позволяютъ измѣнять разстояніе между вальцами. Крича кладется на верхнюю пару вальцовъ (находящуюся на уровнѣ пола мастерской), сжимается проходя между ними; падаетъ на вторую пару и затѣмъ на третью. Обыкновенно этимъ и ограничиваются. Затѣмъ, крича, пройдя между нижними вальцами, поднимается какимъ нибудь механизмомъ на полъ мастерской. Этотъ эсомъ не особенно распространенъ.

Въ городѣ Кливеландѣ (Соедин. Штат.) на многихъ эсемъзаводательныхъ заводахъ употребляется видоизмѣненный типъ такого эсома. Онъ состоитъ (фиг. 18) изъ трехъ вальцовъ a, b и c. Валъ a имѣетъ два кольцевыхъ выступа d, которые входятъ въ соотвѣтствующія проточки въ валѣ b. Оси

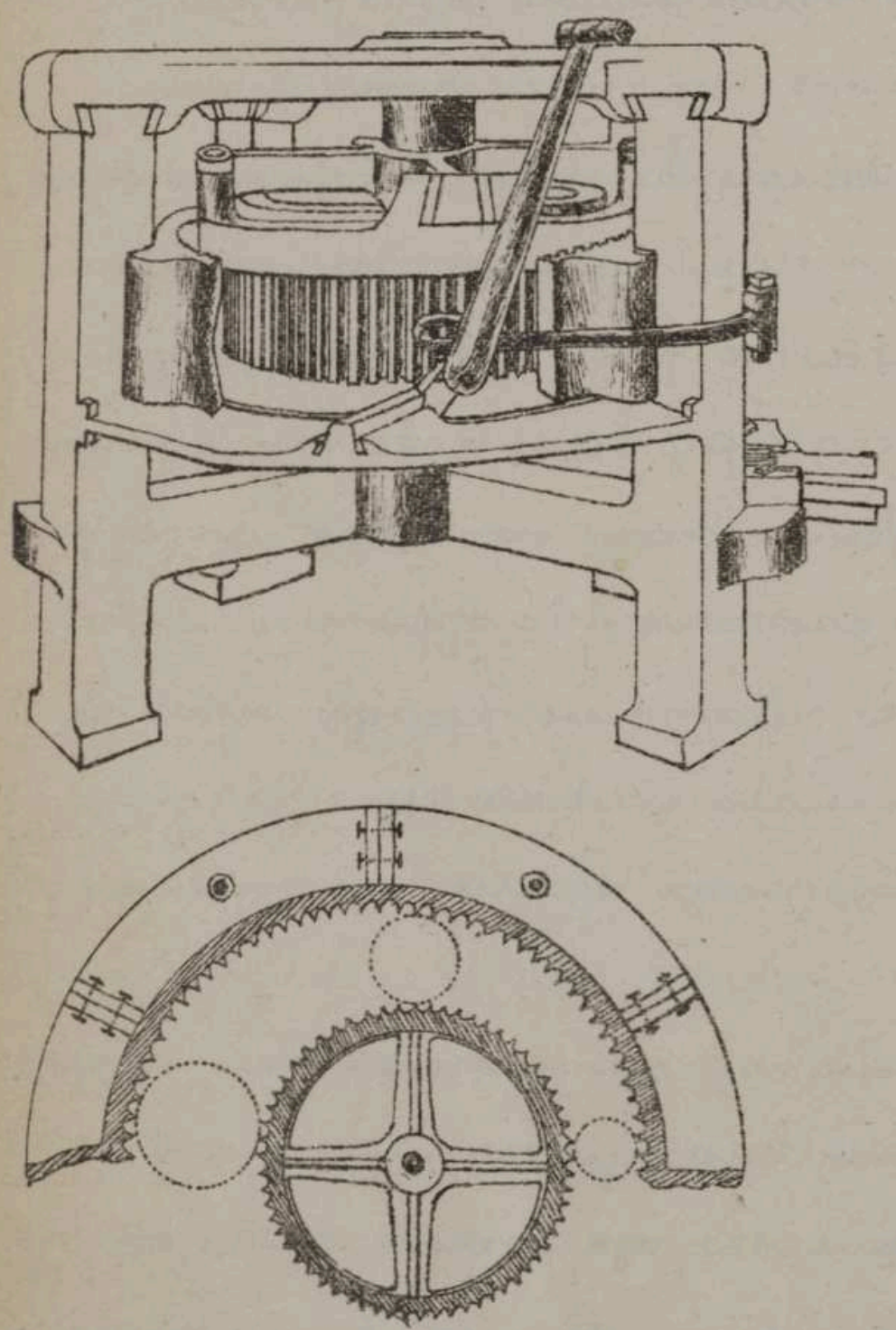
вальцовъ a и b неподвижны, валъ же c имѣетъ подниматься помощью винтовъ f. Кругъ g помѣщается между вращающимися валами и, при нажатіи вала c, отдѣляется отъ слитковъ и раскатывается въ болванку. Разстояніе между кольцами d опредѣляетъ длину болванки. Валъ c обыкновенно передвигается на величину 300 m/m. къ подниткамъ онъ прикрѣпляется противовѣсами.

фиг. 18



Наибольшее распространеніе въ Соединенныхъ Штатахъ Америки, а также и въ Европѣ получилъ вѣсъ Бордена (Burden) (фиг. 19). Онъ состоитъ изъ прочнаго чугуннаго цилиндрическаго кожуха a и чугуннаго барабана b, вращающагося на вертикальной оси и сидящаго эксцентрично относительно кожуха. Поверхности кожуха и барабана бороздчатыя. Барабанъ вращается по направленію стрѣлки. Кругъ кладутъ въ промежутокъ съ широкаго конца, онъ увлекается вращающимся барабаномъ, постепенно отдѣляется и выбрасывается изъ другого конца въ видѣ круглой болванки.

фиг. 19



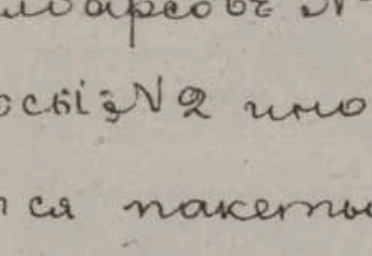
Криця при выходѣ въ зѣвъ имѣетъ приблизительно форму цилиндра, около 350 м/м въ діаметрѣ, а по выходѣ, форму цилиндра діаметромъ около 200 м/м и длиною около 400 м/м. Барабанъ приводится во вращеніе при помощи коническихъ шестерень, дѣлаетъ обыкновенно около 12 оборотовъ въ минуту и имѣетъ около 1200 м/м въ діаметрѣ.

При работѣ съ этимъ зѣвомъ, нужно слѣдить, чтобы криць изъ печи вынимались приблизительно одной и той же величины, иначе если пустить въ отдѣлку слишкомъ большую криць, то она получитъ чрезмѣрное сжатіе и вызоветъ опасныя напряженія въ зѣвѣ.

Отжатая криця, въ видѣ болванки, поступаетъ въ печь для подогрѣванія и уже подогрѣтая болванка прокатывается между бороздчатыми вальцами въ полосы толщиной 20–25 м/м и шириной 80–120 м/м.

Полученныя такимъ образомъ полосы называютъ пудлинговыми или мильбарсы №1 (съ англійскаго mill-bars)–желѣзо въ такомъ видѣ еще очень плохаго качества и потому мильбарсы №1 въ продажу не идутъ. Ихъ разрѣзаютъ на куски сортируютъ, руководствуясь изломомъ; нѣсколько кусковъ складываютъ вмѣстѣ, перевязываютъ проволокой и получаютъ такъ называемые пакеты. Размѣръ пакета зависитъ отъ того сорта желѣза, которое желаютъ изъ него получить. Для сортоваго желѣза, т.е. круглаго, квадратнаго, полосоваго и др. пакеты обыкновенно имѣютъ размѣры около 600 м/м въ длину и отъ 150–200 м/м въ другихъ измѣреніяхъ. Для листоваго желѣза которое должно оказывать одинаковое сопротивленіе по всѣмъ направленіямъ, пакеты состав-

ляются, укладывая поочередно различные слои мильбареовъ во взаимноперпендикулярномъ направленіи (фиг. 20). Приготовленные пакеты поступаютъ въ сварочную печь - провариваются и затѣмъ проковываются подъ паровымъ молотомъ въ болванку. Если полученная такимъ образомъ болванка достаточно горяча, то ее прямо пускаютъ на прокатный станокъ, въ противномъ случаѣ болванка передъ прокаткой подогрѣвается въ камильной печи. Для обыкновенныхъ сортовъ желѣза удовлетворяются приготовленіемъ только мильбареовъ №1, и изъ нихъ уже прямо прокатываютъ сортовое желѣзо. Для болѣе высокихъ сортовъ пакеты изъ мильбареовъ №1 прокатываютъ въ сортовыя полосы или мильбареы №2 иногда даже и въ №3 и изъ тѣхъ уже приготовляются пакеты, идущіе на прокатку проднаго желѣза или же на отковку какой нибудь деталн



Фиг. 20.

III. **Литое желѣзо** (Ingot - Iron; Flusseisen; Fer fondu)

Получается по способу Бессемера, Сименса - Мартена и др. Во всѣхъ этихъ случаяхъ выработанное желѣзо въ расплавленномъ видѣ выливается въ форму гдѣ оно затвердѣваетъ и получается въ видѣ призматической болванки или слитка (Ingot). Болванка эта соотвѣтствуетъ пакету при выработкѣ сварочнаго желѣза.

Форма и размѣръ болванки зависятъ отъ того сорта желѣза для прокатки котораго она назначена.

Иногда полученное подобнымъ образомъ литое желѣзо называется мягкой сталью, но названіе это не правильно, такъ какъ отличительныхъ признаковъ стали – способности при-

минать закалк обыкновенно въ этомъ матеріалѣ не встрѣчается.

Сравнивая способы выработки сварочнаго и литаго чугуна мы видимъ, что первое получается при сварочномъ чугунѣ пудлинговой печи, его отдѣльныя частицы не вливаются въ форму, а только свариваются между собою, поэтому, хотя эти частицы въ томъ и другомъ случаѣ и одинаковы по природѣ, но въ сварочномъ чугунѣ они раздѣлены весьма тонкими частицами шлака, который вноситъ въ чугунъ различныя примѣси, и тѣмъ вредитъ его однородности и крѣпости. Литое чугунъ напротивъ находясь въ расплавленномъ состояніи можетъ быть почти совершенно очищено отъ шлаковъ и вливается въ форму, содержа значительно меньшее количество примѣсей, благодаря чему оно является болѣе однороднымъ и прочнымъ матеріаломъ.

Какъ сварочное, такъ и литое чугунъ, вслѣдствіе прибавленія различныхъ примѣсей (Углерода, Хрома, Вольфрама и др) пріобрѣтаетъ способность - закаливаться и такимъ образомъ обращается въ сталь

Соотвѣтственно способу выработки, сталь подобно чугуну можетъ быть подраздѣлена на сварочную (IV) и литую V

Различные заводы изготовляющіе чугунъ и сталь, отмѣчаютъ свои продукты присвоенными имъ клеймомъ.

Обыкновенно ставится также отмѣтка, обозначающая сортъ чугуна или стали, а также иногда и годъ изготовленія.

Качество сварочнаго чугуна обыкновенно опредѣляется буквой B, что обозначаетъ по англійски best, т.е. лучшее; еще

высшій сортъ имѣетъ клеймо BB (best, best) и наконецъ самый высокій BBB (treble best)

На литомъ чугунѣ ставится буква M (Mild), обозначающая -мягкое; MM - болѣе мягкое; MMM еще болѣе мягкое и наконецъ MMMM - самое мягкое.

Атомъ очень часто обозначается №, который указываетъ на содержаніе въ чугунѣ углерода - такъ напримѣръ въ обществѣ путиловскихъ заводовъ, номенклатура принята такая, что 1 обозначаетъ содержаніе углерода въ десятыхъ процента; поэтому атомъ №5 будетъ содержать 0,5% углерода

2/Сплавы или сталь не принимающія на себя заводскаго клейма, не гарантируютъ довѣрія.

Въ прежнее время лучшимъ чугуномъ считалось сварочное чугуно заводовъ Демидова, имѣвшее клеймо CCND, но теперь оно потеряло свое первенствующее значеніе, такъ какъ появилось много заводовъ, какъ въ Россіи, такъ и заграницей, изготовляющихъ литое чугуно, которое по своимъ качествамъ не только не уступаетъ, но даже превосходитъ сварочное чугуно

Сорта чугуна и стали встрѣчающіеся въ продажѣ

Каждый чугунолитейный заводъ выпускаетъ весьма различные сорта чугуна, сообразно со своими средствами. Точныя данныя въ этомъ отношеніи можно получить, потребовавъ отъ завода Сортаментъ, который, обыкновенно, на всѣхъ благоустроенныхъ заводахъ имѣется. Здѣсь въ видѣ примѣра можно привести нѣсколько нормальныхъ сортовъ чугуна, принятыхъ на одномъ изъ русскихъ заводовъ, которые помогутъ конструктору ориентироваться при выборѣ

размѣровъ.

1) Листовое желѣзо.

Изъ стали, литого желѣза и сварочнаго желѣза

Нормальные размѣры листовъ.

При толщинѣ листовъ отъ №19 Бирмингамскаго калибра[1] и до $\frac{1}{16}''$, ширина не болѣе 3 фунтъ и длина до 9 фунтъ.

При толщинѣ отъ $\frac{1}{16}''$ до $\frac{1}{8}''$ ширина до 4′ и длина до 11 фунт.

При толщинѣ отъ $\frac{1}{8}''$ до 1″ ширина до 4′ и длина до 13 фут.

Максимальные размѣры прямоугольныхъ листовъ

При толщинѣ металла отъ — до	Длина	Ширина	При толщинѣ металла отъ до	Длина	Ширина
№19 — $\frac{1}{16}''$	9′	3′	$\frac{7}{16}''$ — 1″	15′	6½′
$\frac{1}{8}''$ — $\frac{3}{16}''$	13	4	” — ”	20	6
$\frac{3}{16}$ — $\frac{3}{8}$	13	6	” — ”	30	5
” — ”	20	5	” — ”	35	4
” — ”	25	4	” — ”	40	3
” — ”	30	3	1″ — 1¼″	20	5

Заграничные заводы способны прокатывать листы значительно большихъ размѣровъ. На Всемірной Выставкѣ въ Чикаго въ 1893г. заводомъ Круппа была выставлена листъ изъ литого желѣза (Siemens-Martens) Длиною — 20.000 m/m, шириною 3300 m/m и толщ. 32 m/m. Вѣсъ его 16200 kilg.

Максимальные размѣры круглыхъ листовъ

При толщинѣ отъ №19 — $\frac{1}{16}''$	Діам. 3½′	При толщинѣ отъ $\frac{7}{32}''$ — $\frac{3}{8}''$	Діам. 6′
” ” ” $\frac{3}{32}''$ $\frac{3}{16}''$	” 4½′	” ” ” $\frac{7}{16}$ — 1″	” 6½′

На той о/с Всемірной Выставкѣ въ Чикаго заводъ Круппа былъ

1) №19 = 1 m/m = 0,042″

выставлен круглый листъ для днища парового котла изъ литого эсемза (Siemens-Martens) Діам. 3900 m/m, толщина 38 m/m и вѣсъ 3440 kilg

2) Кровельное эсемзо

Подъ такимъ названіемъ извѣстно листовое эсемзо тоньше №19 Оно обыкновенно изготовляется двухъ размѣровъ по длинѣ и ширинѣ 1 ар. × 1 ар. и 1 ар. × 2 ар.

Послѣдній размѣръ (2 квадрат. арш), соотвѣтственно толщинѣ имѣется въ продажѣ различныхъ вѣсовъ отъ 6 до 15 фунтовъ и потому такой сортъ эсемза иногда называется также фунтовымъ (наприм. 10^ти фунтовые) Приготовляется оно матовое и глянцевитое.[1])

3) Универсальное эсемзо

Эсемзо это изготовляется шириною не менѣе 6″ и не болѣе 22″ и толщиною отъ 3/16″ до 1/8″. При этомъ:

Ширина отъ 6″ до 8½″ отвѣсаетъ толщины отъ 3/16″ до 1⅛″
" " 8 — 12 " " " ¼ — 1⅛
" " 12 — 16 " " " 5/16 — 1⅛
" " 16 — 22 " " " ⅜ — 1⅛

Въ этихъ предѣлахъ универсальное эсемзо можетъ имѣть какую угодно ширину и толщину.

Универсальное эсемзо при толщинѣ до 5/16″ прокатывается длиною до 30 футовъ, при большей толщинѣ до 40 фут., причемъ вѣсъ полосы не должень превосходить 20 пуд.

---

[1]) На выставкѣ въ Чикаго 1893 г. Заводомъ Rudolfshütte, Teplitz, Богемія, былъ выставленъ листъ кровельнаго эсемза. Длиною 162″ – 2″ шириною 3″ – 8″ и толщиною 1/12″. Вѣсъ его 1672 фунт. Прокатанъ онъ былъ по способу Wiltgenstein'a. См. прокатку.

Универсальное железо преимущественно употребляется литое

4) Сортовое железо

Круглое прокатное, толщиной отъ 1/4" до 7" [1] до 1 3/8", разница въ діаметрѣ идетъ на 1/16", до 5" на 1/8" и после на 1/4"

Круглое железо до 7/8" прокатывается длиной до 40 футъ, болѣе толстые сорта до 2" – до 30 футъ

отъ 2" — 3 1/2"	длина 20' — 30'
3 1/2 — 6"	" 12 — 17
7"	" 10' — 12'

Квадратное железо прокатывается отъ 1/4" до 4" въ сторонѣ; до 3/4" разница идетъ по 1/16", выше 3/4" на 1/8"; до 7/8" длина его 40 фут., болѣе 7/8 — 30'

Полосовое железо

Къ этому разряду относится плоское железо не шире 6". При ширинѣ до 4", толщина его начинается отъ 1/8", а при большей ширинѣ отъ 3/16" и доходитъ до 2 1/2"

Если толщина измѣняется въ такихъ предѣлахъ 1/8, 3/16, 1/4, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4, 7/8, 1, 1 1/8, 1 1/4; 1 1/2, 1 3/4, 2, 2 1/4, 2 1/2, то ширина до 1" измѣняется на 1/16", а затѣмъ на 1/8"

Длина полосы до 50 футъ, если весъ ея не превышаетъ 18 пуд.

Обручное железо

Изготовляется шириною отъ 7/16" – 6" и толщиной отъ №20 до №10. Длина можетъ быть до 30 футъ.

5) Фасонное железо

Сюда относится: многогранное, треугольное, угловое тавровое, двутавровое, коробки (нивелирные профили, зеты и другіе сорта, нормальными размѣрами

[1] Круглое железо тоньше 1/4" называется проволокой. См. приготовл. проволоки

которыхъ можно найти въ сортиментахъ заводовъ и въ справочныхъ книгахъ.

При закалѣ желѣза съ различными, выходящими изъ нормальныхъ, углами обыкновенно насколько повышается

Инструментальная сталь имѣется въ продажѣ слѣдующихъ сортовъ:

Квадратная отъ 1/4" до 3" въ сторонѣ

Круглая отъ 1/4" до 3" въ діаметрѣ

Плоская ширина измѣняется отъ 1/2" до 4", толщина измѣняется отъ 1/8" до 1"

Овальная

Ширина измѣняется отъ 1/2" до 1 1/4". Толщина — отъ 3/8" — 3/4"

Химическій составъ желѣза и стали

Анализъ нѣкоторыхъ сортовъ желѣза и стали далъ слѣдующіе результаты

		Fe	C	Si	Mn	P	S
Хорошее шведское сварочное желѣзо	(Древ. уголь	99,733	0,075	0,114	Слѣды	0,004	0,032
Шведское желѣзо литое	Westanfors	99,866	0,085	0,008	Слѣды	0,025	Слѣд
Сварочное желѣзо Бокширское	Low-Moor	99,372	0,016	0,122	0,280	0,106	0,104
Сварочное желѣзо Бокширское (Bowling)	Замѣч. мѣсто	99,798	0,272	0,000	0,000	0,000	Слѣд
Литое желѣзо Barrow in Furness	Для проволок	99,334	0,200	0,179	0,214	0,026	0,030
Литое желѣзо, Австр. (шведск)	Для пар. котл.	99,567	0,250	0,016	0,136	—	0,010
Сталь Бессемеровская	для рельс	99,095	0,352	0,553	0,384	0,061	0,055
Сталь Сименса и Мартена	для рельс	99,173	0,370	0,040	0,342	0,033	0,042
Твердая инструментальная сталь	═══	98,586	1,144	0,166	0,104	—	—

Приведенная таблица, представляетъ химическій составъ особенно

хорошихъ сортовъ этими и железа; каковые вырабатываются только немногими железоделательными заводами Европы и Америки.

Вообще железо хорошихъ сортовъ содержитъ отъ 0,05% до 0,25% углерода. Тѣмъ меньше въ немъ такихъ примѣсей какъ кремній, сера и фосфоръ, тѣмъ больше железо можетъ содержать углерода, не проявляя способности закаливаться.

Физическія свойства железа и стали

а) Плотность

Удѣльный вѣсъ железа и стали колеблется отъ 7,3 до 7,9 и зависитъ отчасти отъ содержанія углерода; чѣмъ больше углерода, тѣмъ удѣльный вѣсъ меньше, а также и отъ обработки, при волоченіи, напр., проволокъ удѣльный вѣсъ ея уменьшается.

b) Магнитныя свойства

Железо легко намагничивается и тѣмъ легче, чѣмъ чище. Но удерживаетъ магнетизмъ железо тѣмъ лучше, чѣмъ больше въ немъ углерода.

c) Температура плавленія железа измѣняется отъ 1500°C до 2100°C и зависитъ отъ содержанія примѣсей. Присутствіе углерода, серы, фосфора и кремнія понижаетъ точку плавленія. Наоборотъ, хромъ, марганецъ и вольфрамъ — повышаетъ ее. При затвердѣваніи железо и сталь даютъ нѣсколько меньшую усадку, чѣмъ чугунъ, поэтому и модели при отливкѣ изъ стали должны имѣть размѣры нѣсколько иные, чѣмъ для чугуна. Линейное расширеніе железа при нагрѣваніи на 1°C измѣняется отъ 0,000111 до 0,000126.

Железо и сталь въ расплавленномъ состояніи способны при затвердѣваніи выдѣлять заключенные въ нихъ газы

водородъ, азотъ и углекислоту, которые, не успѣвая выходить изъ массы сплава, образуютъ внутри отливной части пустоты. Эти пустоты расположенные обыкновенно въ видѣ ячеекъ въ верхней части отливки или расположенныя внутри кокиля, у котораго вершина обращена во внутрь отливки, значительно ухудшаютъ качество матеріаловъ

Уменьшеніе подобныхъ пустотъ можетъ быть достигнуто, прибавляя къ сплаву кремній до 0,2% а также и прессуя сталь при отливкѣ. Болѣе подробно объ этомъ способѣ будетъ сказано дальше

d) Способность свариваться

Сплавъ, будучи нагрѣтъ до высокаго жара, переходитъ въ тѣстообразное аморфное состояніе. Если въ такомъ состояніи его двѣ чистыя поверхности положить другъ на другъ и слегка нажать, то онѣ соединятся въ одно цѣлое сварятся

Способность свариваться уменьшается въ сплавѣ по мѣрѣ того, какъ увеличивается въ немъ содержаніе углерода и, наконецъ, твердая сталь совершенно теряетъ эту способность.

e) Ковкость

Чистое сплавъ является однимъ изъ самыхъ ковкихъ металловъ. На Парижской выставкѣ 1889 г. были образцы сплава раскатаннаго въ листъ толщиной $\frac{1}{770}$". Ковкость сплава увеличивается по мѣрѣ нагрѣванія металла и уменьшается съ увеличеніемъ содержанія углерода.

Будучи нагрѣто и потомъ быстро охлажденно чистое сплавъ не дѣлается болѣе твердымъ, т. е. не принимаетъ зака-

ла, но при этомъ нѣсколько уменьшается въ объемѣ.

f) Твердость. Твердость железа увеличивается съ увеличеніемъ различныхъ примѣсей. Особенно сильное вліяніе на твердость оказываютъ примѣси углерода, хрома и вольфрама, которые переводятъ железо въ сталь.

Твердость стали еще больше увеличивается при закалкѣ, т.е. при нагрѣваніи ея и быстромъ охлажденіи

g) Изломъ.

Изломъ железа даетъ до нѣкоторой степени возможность судить объ его качествѣ. Хорошее мягкое железо имѣетъ мелко зернистый или мелковолокнистый съ мелковолокнистымъ отъ̀лескомъ изломъ.

Зернистый изломъ получается, когда железо сломано ударомъ; волокнистый - въ томъ случаѣ, когда железо сломано осторожно. Если изломъ имѣетъ темный оттѣнокъ, то это можетъ указывать на красноломкость (хрупкость при красномъ каленіи) железа. Крупнозернистый блестящій изломъ указываетъ на то, что железо хрупко, не крѣпко и вообще плохаго качества.

Хорошая сталь даетъ сѣрый еще болѣе мелкозернистый бархатистый изломъ, чѣмъ железо. Чѣмъ тверже сталь, тѣмъ будетъ болѣе мелкозернистый изломъ.

h) Крѣпость и вязкость

Эти два качества металла являются наиболѣе важными для техники, въ которыхъ нужно быть напередъ вполнѣ увѣренными. Хотя внѣшнія разрушающія усилія могутъ дѣйствовать на металлъ различнымъ образомъ – разрывать, скручивать, сгибать, срѣзывать; но обыкновенно способность

его сопротивляться разрывающим усилиям, в томъ числѣ характеризуетъ также его способность сопротивляться и усиліямъ другаго рода. Сопротивленіе удару и этими разрывающими усиліями колеблется въ весьма большихъ предѣлахъ. Приведенная таблица даетъ коэффиціенты крѣпости и вязкости, характеризующіяся удлиненіемъ до разрыва различныхъ сортовъ железа и стали приготовляемыхъ Путиловскимъ заводомъ въ С-Петербургѣ

	Марки	Разрывающ. усиліе Kilq. на □ m/m	Удлинен. въ %	Назначеніе металла
Сварочн. железо	B	до 30	до 8	Сортовое железо
	B B	31 — 36	15 — 10	Универсальное и сортовое железо.
	B B B	34 — 39	25 — 15	" — "
Литое железо	M M M M	30 — 35	38 — 30	Сваривающіяся листы, Универ. ж. и пр.
	M M M	34 — 41	30 — 20	Листы и разн. фасон. профили
	M M	41 — 46	25 — 18	" " " " "
	M	46 — 50	20 — 15	Разные профили. Балки
Сталь	№ 1	50 — 55	20 — 15	Валы, Балки
	№ 2	55 — 59	20 — 15	Оси вагон и паровоз. Рельсы
	№ 2½	59 — 65	18 — 12	Бандажи, Рельсы
	№ 3	65 — 70	16 — 10	Бандажи, рельсы и рельсы Кон. ж. д. дин.
	№ 3½	70 — 80	12 — 5	Рельсы кон. ж. д. Разныя пружины
	№ 4	80 — 90	8 — 2½	Стир. пруж. Рел. кон. Жел. д. Резаки
	№ 5	свыше 90	6 — 1	Пружины по специальному треб.

Разрывающее усиліе относится къ первоначальному сѣченію бруска. Удлиненіе опредѣляется въ % первоначальной длины

бруска равной 200 м/м.

Как указывается коэффициент крепости взятый отдельно не вполне характеризует способность металла сопротивляться разрыву. Некоторые сорта чугуна и стали обладают очень большим коэффициентом крепости, но выгибаются этим, при растяжении дают очень малые удлинения и сужения поперечного сечения, что указывает на их малую вязкость, а также и на их твердость.

Такие сорта чугуна, обладающие малой вязкостью, могут оказывать большое сопротивление спокойным нагрузкам но выгибаться с тем легко разрушаются подъ действием ударов.

Въ виду этого Кирхальди предложилъ для характеристики материала давать совместно съ коэффициентомъ крепости на сжатие поперечнаго сечения въ моментъ разрыва, чтм, какъ онъ думалъ, опредѣлять коэффициентъ крепости, относя разрушающее усилие не къ первоначальному сѣчению, а къ сѣчению получившемуся въ моментъ разрыва. Опредѣленный, такимъ образомъ коэффициентъ крепости более характеристиченъ. Но точное опредѣление подобнаго коэффициента крепости очень затруднительно. Во первыхъ, незадолго до разрыва начинается быстрое удлинение образца, — гдѣ бы разрывной машины ни ставить, и обыкновенно разрывъ происходитъ при нагрузкѣ несколько меньшей, чѣмъ та, при которой началось быстрое удлинение образца. Опредѣлить именно ту величину нагрузки, при которой произойдетъ разрывъ очень трудно. Во вторыхъ у мягкихъ образцовъ поверхность, по которой произойдетъ разрывъ, получается очень неправильной, такъ что труд-

но бывает определить ее площадь.

Гораздо удобнее для изучения качества зернистого и стали определять наш живое сопротивление.

Живым сопротивлением называется та работа, которую нужно употребить для разрыва образца. При этом для того, чтобы сравнение было возможно, нужно, чтобы размеры сравниваемых образцов были бы одинаковы или же, чтобы работа была приведена к единице объема образца.

Для большого пояснения вышесказанного опишу явление, сопровождающее разрыв зернистого образца.

Если цилиндрический зернистый образец, хорошо отполированный и имеющий по всей своей длине одинаковую площадь сечения, вставить в разрывную машину и подвергнуть растягиванию, затем по оси абсцисс откладывать удлинения, а по оси ординат нагрузки, то графически процесс растягивания представится кривой OABCDE (фиг. 20).

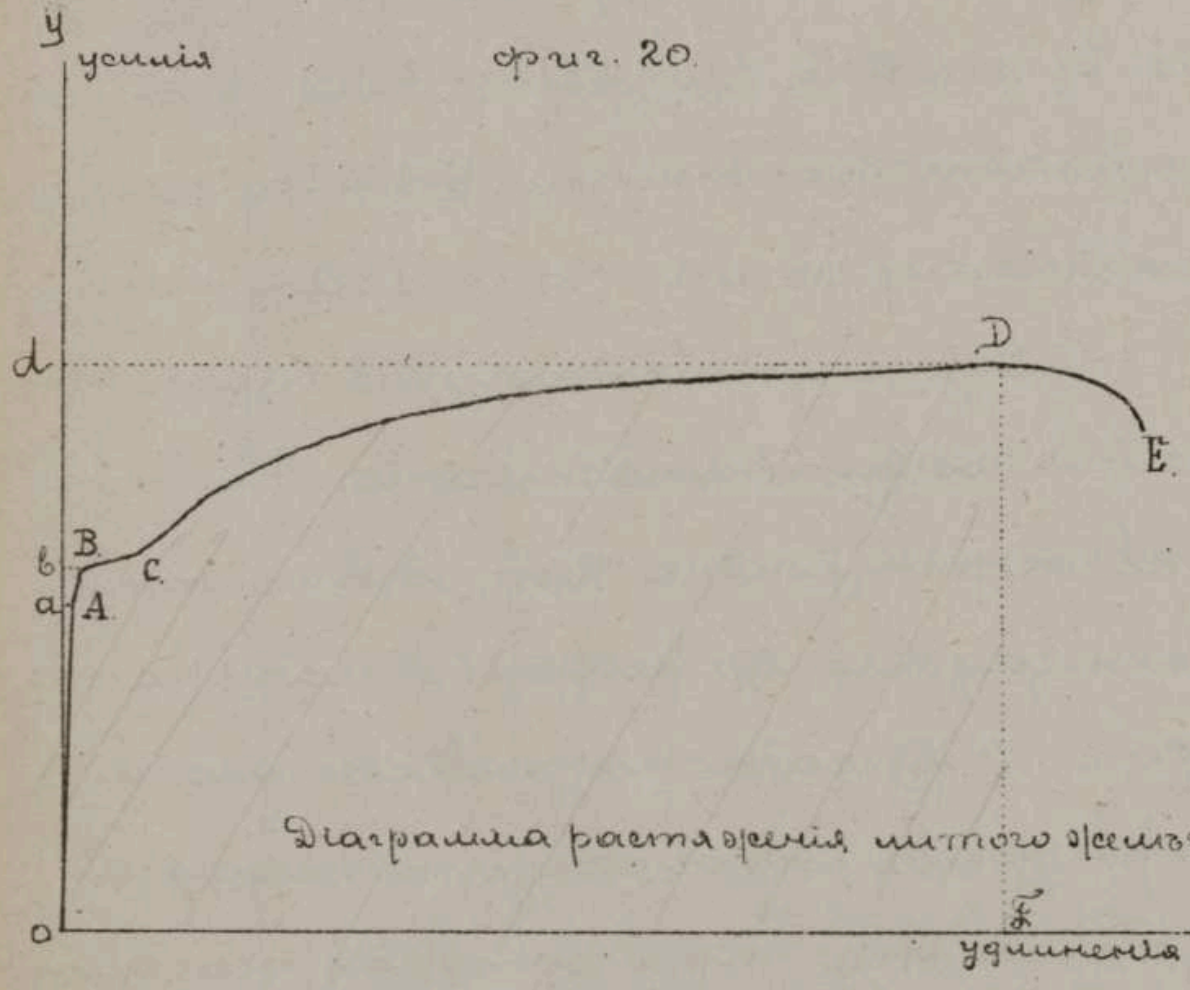


Диаграмма растяжения мягкого железа

фиг. 20.

Пока нагрузка не достигнет величины oa – удлинения будут получаться очень незначительные и будут пропорциональны усилиям. Поверхность образца будет оставаться полированной. Графически этот период выразится прямой Oa. Когда растягивающая сила превзойдет величину oa, пропорциональность между усилием и удлинением нарушится

удлинения будутъ возрастать быстрее. Графически этотъ періодъ выразится кривой AB.

При достиженіи растягивающей силы величины ob, образецъ получитъ сразу большое удлиненіе. Его блестящая поверхность потускнѣетъ. Въ этотъ моментъ удлиненіе образца происходитъ такъ быстро, что почти нѣтъ возможности удерживать рычагъ разрывной машины въ горизонтальномъ положеніи. Графически этотъ періодъ выражается кривой BC

Затѣмъ снова начинается болѣе медленное удлиненіе, но удлиненія все-таки возрастаютъ быстрѣе, чѣмъ нагрузки. Во время этого періода наблюденія производить не затруднительно. Графически онъ выражается кривой CD

Когда растягивающая сила достигнетъ величины od, то въ образцѣ замѣчается замѣтное удлиненіе и сужаніе поперечнаго сѣченія (фиг. 21). Съ этого момента на

фиг. 21



ступаетъ частичное состояніе дѣленія или его истеченіе. Удлиненіе быстро возрастаетъ, такъ что приходится уменьшать нагрузку для того, чтобы поддерживать рычагъ разрывной машины въ равновѣсіи. Наконецъ образецъ разрывается при нагрузкѣ значительно меньшей od.

Точка A представляетъ собой предѣлъ упругости.

Удлиненіе образца, характеризующееся линіей BC было замѣчено еще въ 1870г. Комиссіей англійскихъ Правительственныхъ Инженеровъ, назначенной для испытанія стали и точка B названа ими "Yielding point" (сдающая точка)

Тозфе изследовал и описал въ 1879 г. пр. Таунзингеръ. Онъ назвалъ эту точку „Кникпунктъ" (предѣлъ растяженія)

Въ 1881 г проф. Кеннеди обратилъ тозфе вниманіе на эту особенность эксперимента и назвалъ точку B: „Breaking-down point" (точка надлома)

На русскомъ языкѣ эту точку (B) предлагаютъ называть: „началомъ видимыхъ удлиненій"

Разсматривая фиг. 20 и замѣчая, что разрывъ образца происходитъ, собственно, въ точкѣ D, такъ какъ дальше уже наступаетъ пластичное состояніе, не трудно видѣть, что площадь OABCDF и представляетъ собой работу, потраченную для разрыва образца. Слѣдовательно, если имѣется подобная діаграмма, то живое сопротивленіе матеріаловъ очень легко опредѣлить, вычисливъ указанную площадь – хотя бы съ помощію планиметра

Если же графическаго изображенія процесса не имѣется подъ руками, то живое сопротивленіе тозфе съ достаточной точностью вычислить слѣдующимъ образомъ: Такъ какъ линія OA прямая то зная усиліе $Z_y = oa$, соотвѣтствующее предѣлу упругости и соотвѣтствующее ему удлиненіе λ_y – найдемъ, что работа растяженія до предѣла упругости, или живое упругое сопротивленіе будетъ равно площ. Δ OAa или

$$\mathcal{L}_y = \frac{Z_y \cdot \lambda_y}{2}$$

Кривая ABCD, какъ оказывается, близко подходитъ къ параболѣ и потому, назвавъ разрывающее усиліе od черезъ $Z_{раз}$, а соотвѣтствующее ему удлиненіе черезъ $\lambda_{раз}$, найдемъ, что работа растяженія за предѣломъ упругости будетъ

$$\mathcal{L}_{неупр.} = Z_y(\lambda_p - \lambda_y) + \frac{2}{3}(Z_p - Z_y)(\lambda_p - \lambda_y)$$

Полное живое сопротивление выразится следующим образом

$$Z_{ж.с.} = z_y(\lambda_p - \frac{\lambda_y}{2}) + \frac{2}{3}(z_p - z_y)(\lambda_p - \lambda_y)$$

Разделивши $L_{ж.с.}$ на объем образца, получим живое сопротивление единицы объема.

Если будут даны напряжение материала для предела упругости, коэффициент прочности и соответствующия ему относительныя удлинения, то приведенная формула прямо выразить работу единицы объема

Для примера возьмем некоторыя значения z_y и z_p изъ опытовъ Киркальди

	Коэффиц. Крѣпости Kilg. на □ m/m	Предѣ. упруг. Kilg. на □ m/m	Удлинение до разрыва	Удлинение до предѣла упругости
Хорошее желѣзо	40	15	0,25	0,00075
Сталь мягкая	60	35	0,15	0,00175.

Тогда живое сопротивление для желѣза будетъ

$$15(0{,}25 - \frac{0{,}00075}{2}) + \frac{2}{3}(40-15)(0{,}25-0{,}00075) = 7{,}89$$

Живое сопротивление для стали:

$$35(0{,}15 - \frac{0{,}00175}{2}) + \frac{2}{3}(60-35)(0{,}15-0{,}00175) = 7{,}91$$

Живое упругое сопротивление для стали = ½ . 35 . 0,00175 = 0,03

" " " " желѣза = ½ . 15 . 0,00075 = 0,005

Изъ этого видно, что упругое живое сопротивление стали въ шесть разъ больше, чѣмъ у желѣза

Здѣсь кстати слѣдуетъ упомянуть, что такъ какъ чугунъ упругихъ удлинений не даетъ, то его упругое живое сопротивление = 0

Обыкновенно въ практикѣ сооруженіями придаютъ такіе размѣры, чтобы дѣйствующія на нихъ силы не выводили ихъ

чаетъ изъ предѣла упругости. Поэтому, при сравненіи двухъ матеріаловъ нужно больше вниманіе обращать на предѣлъ упругаго сопротивленія

Отвѣтственно для тѣхъ частей сооруженія, которыя подвергаются ударамъ,- напр. вагонныя оси рельсы и т. п., самымъ лучшимъ матеріаломъ будетъ сталь. Чугунъ все для выполненія такихъ частей не долженъ болѣе употребляться

Такимъ образомъ вязкость и крѣпость являются двумя факторами, обусловливающими прочность желѣза и стали и ихъ нужно разсматривать всегда совмѣстно.

Условія, вліяющія на измѣненіе прочности желѣза и стали

1. Температура.

Еще въ 1832 г. Комиссія Франклинскаго Института, въ Филадельфіи занимаясь изслѣдованіемъ вопроса о вліяніи температуры на прочность желѣза.

Эти изслѣдованія раскрыли впервые тотъ интересный фактъ, что желѣзо, нагрѣваясь до 250° С (приблизительно) увеличиваетъ свою крѣпость

При нагрѣваніи до этой температуры и ломаніи большаго числа желѣзныхъ полосъ оказалось, что въ среднемъ ихъ крѣпость увеличилась на 15%. При дальнѣйшемъ нагрѣваніи крѣпость желѣза уменьшилась

Приведенная таблица, опубликованная въ Журналѣ Франклинскаго Института въ 1839 г дастъ понятіе насколько быстро теряетъ желѣзо крѣпость при нагрѣваніи его выше 250° С

При С°	Максимальная крѣпость уменьшается на:	При С°	Максимальная крѣпость уменьшается на:	При С°	Максимальная крѣпость уменьшается на:
271	0, 0738	390	0, 1535	624	0, 6000
299	0, 0869	408	0, 1589	626	0, 6011
311	0, 0899	410	0, 1627	642	0, 6352
316	0, 0964	440	0, 2010	669	0, 6622
332	0, 1047	500	0, 3324	674	0, 6715
350	0, 1135	508	0, 3593	708	0, 7001
378	0, 1436	554	0, 4478		
389	0, 1491	599	0, 5514		

Подобные же опыты производил Вильямъ Фербернъ[1] Онъ употреблялъ для опытовъ Стаффордширские котельные железа и подвергалъ его нагреву до темно-краснокаленаго жара; при этомъ крѣпость желѣза отъ 15°С до 200°С увеличивалась по мѣрѣ нагрѣванія. Затѣмъ наконецъ уменьшеніе крѣпости и при темно-красно-каленомъ жарѣ это уменьшеніе крѣпости достигло 25% по сравненію съ обыкновенной температурой При понижеиіи температуры ниже 0°С, крѣпость немного увеличивалась отъ 1 до 6%

Весьма полныя изслѣдованія по этому вопросу произведены Кнутомъ Стиффомъ (Knut Stiffe) Директоромъ Королевскаго Технологическаго Института въ Стокгольмѣ

Изслѣдованія были начаты въ 1863г. и продолжались нѣсколько лѣтъ.

---

[1] British Association Report, 1856

На основаніи своихъ опытовъ @тифъ пришелъ къ слѣдующему заключенію:[1]

1. Абсолютная крѣпость ферлиза и стали не уменьшается подъ дѣйствіемъ холода, такъ что даже при такихъ низкихъ температурахъ какія случаются въ Швеціи, крѣпость остается такая же какъ и при обыкновенной температурѣ 16° C.

2. При температурѣ отъ 100° C до 200° C абсолютная крѣпость стали такая же, какъ и при обыкновенной температурѣ у ферлиза она всегда больше

3. Вязкость ферлиза и стали не уменьшается при сильномъ холодѣ, но обыкновенно уменьшается при температурѣ отъ 130° C до 160° C и въ ферлизѣ больше

4. Предѣлъ упругости повышается при сильномъ холодѣ, а наименьшую величину получаетъ при температурѣ 140° C

5. Коэффиціентъ упругости какъ ферлиза, такъ и стали увеличивается съ пониженіемъ температуры и наоборотъ; но измѣненіе это не превышаетъ 0,05% на каждый 1° C, а потому по крайней мѣрѣ для обыденныхъ случаевъ не представляетъ никакого значенія.

Особенно интересны опыты, произведенные по этому же вопросу Ледебуромъ[2]

Приводимые результаты относятся къ литымъ металламъ, такъ какъ оказалось, что ферлизъ сварочное даетъ результаты крайне неоднородные, вѣроятно вслѣдствіе присутствія въ немъ примѣсей, нарушающихъ его однородность

[1] Iron and Steel, By Knut Styffe стр 111

[2] Influence de la température sur les propriétés mecanique du fer et de l'acier Note de M André Le Chatelier, Compte Rendus 1889 2. стр. 58.

Этому все обстоятельству, вероятно нужно приписать и то разногласие, которое существует между предшествующими экспериментаторами

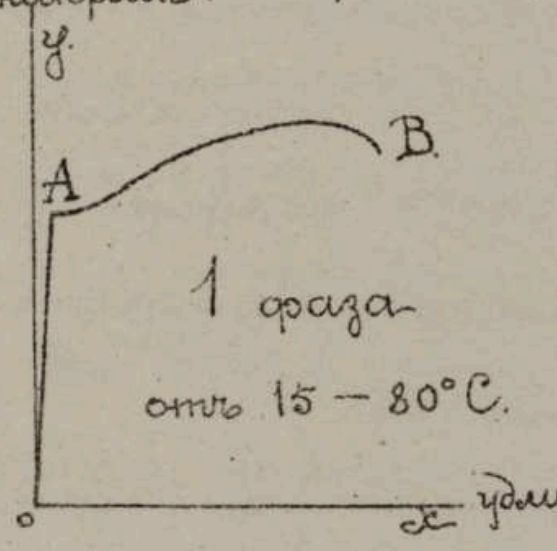
Железо и сталь употреблявшиеся при этих опытах были очень чистыя съ содержаніемъ углерода отъ 0,05% до 0,8% и съ примѣсью марганца отъ 0,35% до 0,40%

Разрываніе образцовъ велось съ такою скоростью, что нагрузка увеличивалась на 1,5 kilg. на □ m/m въ 1 минуту

Явленія, сопровождавшія разрывъ при различныхъ температурахъ образца, могутъ быть раздѣлены на три фазы

1. Температура отъ 15° до 80°C. Коэффиціентъ крѣпости постепенно уменьшается отъ 36,7 до 33,3 для железа и отъ 68,7 до 64,6 для стали. Разрывъ происходитъ съ значительнымъ сжатіемъ поперечнаго сѣченія. Удлиненія остаются почти постоянными 20% для стали и 30% для железа. Въ эту фазу железо и сталь ничѣмъ не отличаются отъ другихъ металловъ. Этотъ періодъ графически выражается кривой OAB фиг. 22.

напряж. фиг. 22

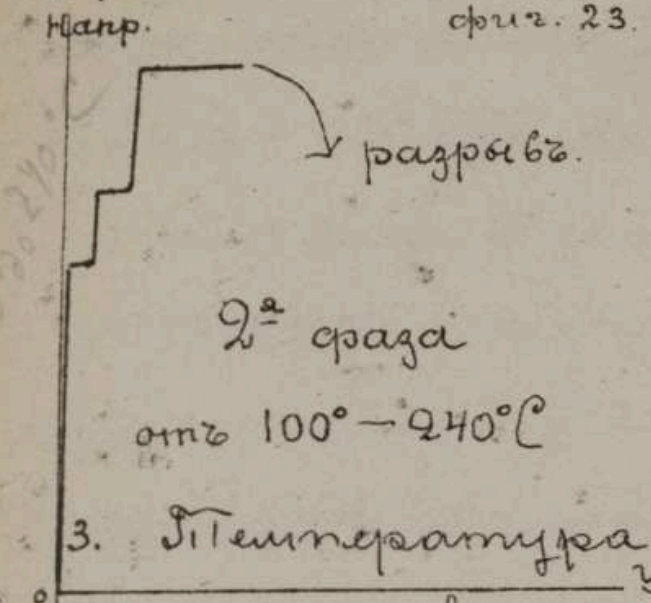


2. Температура отъ 100° до 240°C. Въ эту фазу железо и сталь выказываютъ свойства, совершенно отличныя отъ другихъ металловъ. Коэффиціентъ крѣпости остается почти постояннымъ: около 35 для железа и 85 для стали. Удлиненія значительно меньше 9–10% для железа, 3–7% для стали.

Характеристичная особенность этой фазы, это то, что

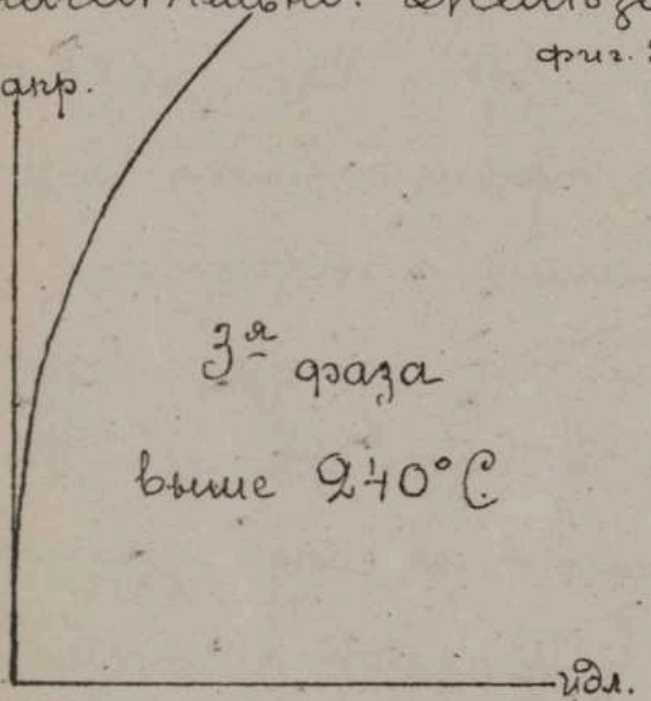
удлинения увеличиваются не постепенно, а скачками. Нѣкоторое время не замѣтно ни малѣйшаго удлиненія, а потомъ образецъ даетъ сразу большое удлиненіе. Это удлиненіе образца не является мѣстнымъ, а происходитъ равномѣрно по всей длинѣ. При 150°С вмѣстѣ съ внезапными удлиненіями появляются также и трещины на образцѣ. Графическое изображеніе даетъ фиг. 23.

фиг. 23.



3. Температура выше 240°С коэффиціентъ крѣпости возрастаетъ; его величина между 250–300°С 44,2 для эсмильза и 72,8 для стали. Удлиненіе довольно значительно и достигаетъ при 300°С 20%. При разрывѣ сѣченіе поперечное измѣняется незначительно. Эсмильзо и сталь снова подчиняются тѣмъ же законамъ какъ и всѣ остальные металлы. Выше 300°С коэффиціентъ крѣпости уменьшается. Графическое изображеніе на фиг. 24

фиг. 24.



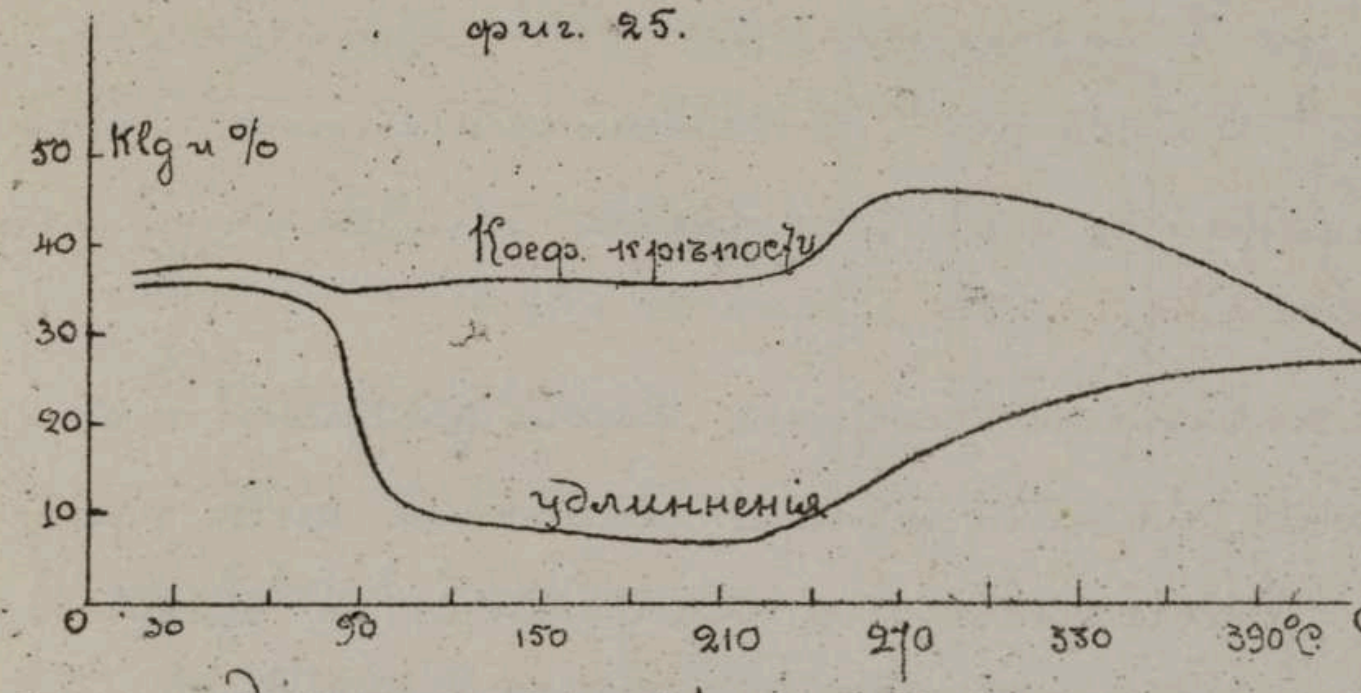
Предѣльныя температуры, ограничивающія фазы, измѣняются соотвѣтственно скорости разрыва образца. Если въ минуту увеличивать нагрузку на 12 кйлг на □ m/m, то вторая фаза начинается при 120°С. Если разрывъ производить рядомъ ударовъ, то вторая фаза начнется при 200°. Третья фаза начнется около 300°С

Этотъ фактъ примиряетъ тѣ разногласія мнѣній, которыя съ одной стороны увѣряютъ, что эсмильзо при температурѣ 300° С очень хрупко, а другіе, что оно при этой тем-

пературы имѣетъ наибольшую прочность. Если чугунъ, нагретое до 300° С подвергать удару, то оно окажется хрупкимъ, если же его разрывать спокойно, то оно выкажетъ большую крѣпость и вязкость, т. е. прочность.

Изъ слѣдующая діаграмма, представляющая графическое изображеніе измѣненій коэффиціента крѣпости и удлиненій чугуна при различныхъ температурахъ, построена на основаніи опытовъ Ледебюръ. (фиг 25)

фиг. 25.



Упомяну еще объ опытахъ произведенныхъ проф. Мартенсомъ[1].

Экспериментируя надъ литымъ чугуномъ 3хъ сортовъ, у которыхъ коэффиціентъ крѣпости былъ 36, 42 и 47 kilg, онъ нашелъ, что предѣлъ упругости понижается по мѣрѣ нагрѣванія. До 200° С понижеиі это идетъ очень медленно. Послѣ 200°С предѣлъ упругости понижается болѣе быстро и затѣмъ совсѣмъ исчезаетъ

Коэффиціентъ крѣпости уменьшается отъ 20°С до 50°С, тогда начинаетъ возрастать и достигаетъ своего maximum'а около 250°С

Наименьшее сокращеніе поперечнаго сѣченія при разрывѣ замѣчается около 300°

Резюмируя все вышеприведенное можно сказать, что въ экспери-

ментаторы выказываютъ почти одно и тоже мнѣніе относитель-

[1] Mittheilungen aus der Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1891 г.

по вліянія высокихъ температуръ на крѣпость сѣмеза, а именно, что крѣпость сначала немного уменьшается, а потомъ увеличивается по мѣрѣ возрастанія температуры до 300°C и затѣмъ начинаетъ снова уменьшаться. Что же касается до вліянія низкихъ температуръ, то здѣсь мнѣнія расходятся: Эфферсъ, Стиферъ и Киркальди[3] утверждаютъ, что холодъ не вліяетъ на крѣпость сѣмеза, съ другой стороны Тёрстонъ, Сандберъ[2] и многочисленные случаи поломокъ рельсъ и бандажей въ морозное время стараются убѣдить въ противномъ

Окончательно этотъ вопросъ можетъ быть рѣшенъ, произведя точныя изслѣдованія, но какія-бы мнѣнія основанія, есть предполагать, что холодъ увеличиваетъ хрупкость сѣмеза и потому уменьшаетъ его живое сопротивленіе

2) Перемѣна температуры.

Если нагрѣтое сѣмезо или сталь быстро охладить, то сѣмезо почти не измѣняетъ при этомъ своей крѣпости и мягкости и только рѣдко въ нѣкоторыхъ случаяхъ дѣлается еще болѣе мягкимъ. Напротивъ того сталь при быстромъ охлажденіи твердѣетъ (принимаетъ закалъ) при чемъ ея крѣпость увеличивается, а вязкость уменьшается

Въ подтвержденіе этого Мильтонъ[1] приводитъ слѣдующіе результаты испытаній надъ образцами, приготовленными изъ листовой стали:

---

1) Предисловіе къ Steel and Iron Styff

2) Ibid Appendix. by the translatur

3) Experiments upon the Streugth of Iron and Steel. D Kirkaldy стр 35.

4) Testing of Materials of Conotruction Unwin стр. 300

Материалъ	Первоначальн. состоян.		Послѣ закалки	
	Коэф. Крѣп. Kilg. на □m/m	Удлинен на 250 m/m	Коэф. крѣп.	Удлинение на 250 m/m
Мягкая сталь	39,4	24%	59,8	10%
Болѣе твердая сталь	45,6	23%	66,7	5%
Твердая сталь	54,0	22%	78,7	0%

Увеличеніе крѣпости и уменьшеніе вязкости происходитъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ большее содержаніе углерода въ немъ и чѣмъ быстрѣе производится охлажденіе Это подтверждается слѣдующими результатами испытаній Лебастера[1] надъ различными сортами стали завода Терре Нойе:

Содерж. углерода %	Первоначальн. состоян.			Закален. въ маслѣ			Закален. въ водѣ		
	Предѣлъ упругост.	Коэфф. крѣп.	удлинен. %	Предѣлъ упругост.	коэф. крѣп.	удлин. %	Предѣлъ упруг.	коэф. крѣп	Удлин. %
0,150	18,2	36,4	32,5	32,8	46,8	28,6	30,7	45,4	19,0
0,490	23,0	48,0	24,8	44,6	69,5	12,0	48,0	78,0	2,5
0,709	30,8	68,2	10	68,8	107,0	4,0			
0,875	32,8	69,8	8,4	90,51	106,0	1,0	допущено при закалкѣ.		
1,050	39,5	86,0	5,2	допущено при закалкѣ					

Сами закаленную сталь или желѣзо, утратившіе свою мягкость въ силу какихъ бы то ни было обстоятельствъ нагрѣть и потомъ

[1] Lebasteur. Les métaux. стр. 72

медленно охлаждать, то, какъ сталь, такъ и железо, снова пріобрѣтаютъ мягкость, но въ тоже время крѣпость ихъ уменьшается процессъ нагрѣванія и затѣмъ медленнаго охлажденія называется отжиганіемъ

Отжиганіе во всѣхъ случаяхъ оказываетъ благотворное вліяніе, увеличивая вязкое сопротивленіе железа и стали.

Испытанія надъ вліяніемъ отжига на крѣпость и вязкость желѣза и стали производилъ Гилъ (Hill)[1]. Приведу здѣсь нѣкоторые результаты его опытовъ.

Отжиганіе стали съ различнымъ содержаніемъ С.

Содержаніе углерода %	Фосфористая			Отфосфоренная		
	Пред. упр.	Коэф. крѣп.	удлин %	пред. упр.	коэф. крѣп.	удлин %
0,3	30,3	53,7	24	22,7	41,6	29
0,4	34,6	63,9	17	29,3	55,8	22
0,5	39,7	68,5	13	34,3	63,7	16

Какъ видно изъ этой таблицы, предѣлъ упругости и коэффиціентъ крѣпости при отжиганіи уменьшаются, а удлиненіе, т.е. вязкость увеличивается. При этомъ вліяніе отжига тѣмъ сильнѣе, чѣмъ меньше содержаніе углерода въ желѣзѣ, т.е. чѣмъ сталь мягче.

---

[1] Iron Age, March, 1883.

Вліяніе отжига при нагрѣвах до различныхъ температуръ

	Первонач. состояніе	Нагрѣт. до черн. калил.	Нагрѣт. до темно вишн. цвѣт.	Нагр. до свѣтло-вишн. цв.
Предѣлъ упругости	30,1	28,6	25,0	21,7
Коэффиціентъ крѣпости	52,6	49,4	44,2	40,3
Удлиненіе на 300м/м %	20	23	28	36
Сжатіе попереч. сѣчен. %	35	38	44	53

Вліяніе отжига становится тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ болѣе нагрѣвается металлъ

Вліяніе на отжигъ скорости охлажденія

	Нагрѣтое до темно вишнев. цвѣта		Нагрѣтое до свѣтно вишневаго цвѣта		Первонач. сильное состояніе
	Охлажд. въ извести	Охлажд. въ маслѣ	Охлажд. въ извести	Охлажд. въ маслѣ	
Предѣлъ упругости	29,4	31,9	26,7	28,2	35,2
Коэффиц. крѣпости	56,1	58,4	50,5	52,9	65,5
Удлиненіе %	22,3	19,8	25,3	21,8	15,3
Сжатіе попереч. сѣч. %	38,7	40,7	42,8	46,1	30

При охлажденіи въ извести, т.е. какъ болѣе медленномъ, дѣйствіе отжига проявляется болѣе сильно

Такъже весьма полезнымъ оказывается отжигать стальныя отливки - при этомъ уничтожаются внутреннія напряженія

и увеличивается ударное сопротивление.

Следующая таблица представляет результаты опытов Гисля надъ вліяніемъ отжига на стальныя отливки.

Коэффиц. хрупкости		удлиненія %		Сред. поперец. сеч. %	
Неотожж.	Отожж.	Неотожж.	Отожж.	Неотожж.	Отожж.
53,2	51,6	12,00	22,00	8,16	38,70
50,5	57,6	4,16	14,60	2,90	28,11
—	50,8	—	15,00	—	38,70
37,8	44,7	1,00	13,00	2,80	15,90
—	47,3	—	21,00	—	23,05

3) Обработка железа и стали при температурѣ отъ 240° до 350°C при такъ называемомъ синемъ накалѣ (Blue heat)

Уже давно было извѣстно, что железо, охлаждаясь вообще за потерей темно краснаго цвѣта переходитъ черезъ извѣстный періодъ, въ которомъ оно представляетъ большую опасность для обработки. Многіе рабочіе подмѣтили эту опасность и потому обыкновенно, прекращаютъ работу, выжидая пока металлъ болѣе охладится

Если при такой температурѣ нагрѣва (240 — 310°C) железо ломать, то оно имѣетъ въ изломѣ синеватый оттѣнокъ, откуда и названіе синій нагрѣвъ

На это обстоятельство впервые обратилъ надлежащее вниманіе и произвелъ рядъ опытовъ „Метролитеръ". Изъ этихъ опытовъ оказалось, что, если железо или сталь подвергать обра-

Testing of Materials. Unwin стр 302 Proc. Inst Civil. Engineers 1886

ботки при синем нагреве, что, по охлаждении, металл теряет всю свою прочность, делается крайне хрупки

Для своих испытаний Штромейер заготовлял испытуемые образцы между молотом и наковальней и подвергал их изги ну ударами молотка, около закругленного ребра на угол в 45 Затем образец переворачивался и загибался в другую сторо- ну. Число изгибов, предше кем образец ломался определяло вязкость материала.

Из следующей таблицы приведены результаты некоторых из его испытаний:

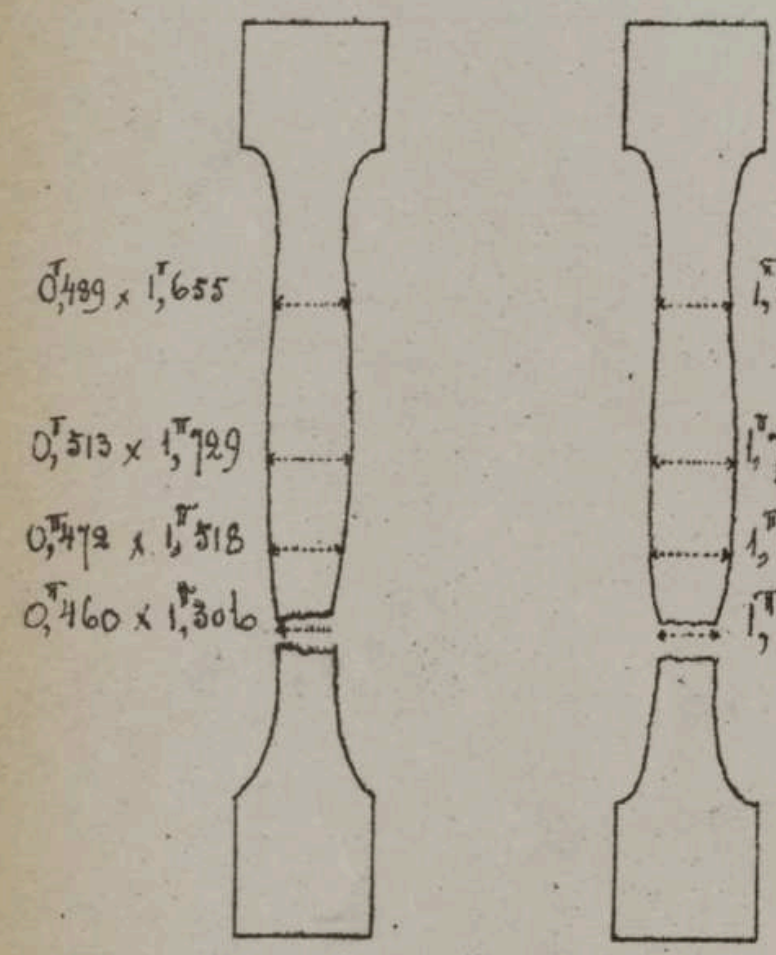
Какому воздействию подвергался образец	Среднее число изгибов до излома			
	Средне-твердая сталь 10 m/m толщ	Мягкая сталь 10 m/m толщина	Литое железо 10 m/m толщ.	Сварочн. жел. Low - Moor 10 m/m толщ.
Изгибался в первон. виде холодн.	21	12½	26	20
Изгибался при син. нагреве	2½	1½	2½	3
Согнутое один раз при Син нагреве изгибался холод.	3	2½	11	12
Согнуто при синем нагр. 2 раза Изгибался в холодн. сост.	⅓	⅓	⅔	10

Таким образом оказывается, что образец, изогнутый при синем нагреве, хотя он один раз, теряет уже более половины своей вя кости. Наименьшему влиянию подвергается сварочное железо, - наибольшему сталь. Эти результаты ясно указывают на ту опасность, которую представляет обработка железа и стали

при синемъ нагрѣвѣ.

Опытъ для выясненія того же вопроса произвелъ слѣдующій опытъ: Два образца, приготовленные изъ мягкой стали были нагрѣты до краснаго каленія затѣмъ какъ только красный цвѣтъ исчезъ остроребро сбиты по серединѣ на уголъ 15° и снова выпрямлены. По охлажденіи они были разорваны на разрывной машинѣ. (фиг. 26) представляетъ полученные результаты. Цифры даютъ ширину и толщину образцовъ послѣ разрыва въ дюймахъ. Удлиненія на каждый дюймъ длины распредѣлились слѣдующимъ образомъ:

фиг. 26



Образецъ изогнутъ 1 разъ.		Образ. изогн. 2 раза.	
0, 048		0, 120	
0, 152		0, 154	
0, 138		0, 156	
0,080	мѣсто	0, 064	мѣсто
0,020	мѣсто	0, 000	мѣсто
0, 010	нагрѣва	0, 002	нагрѣва
0, 138		0, 082	
0,287		0, 174	
0, 622	мѣсто разрыва	0, 610	мѣс. разр.
0, 160		0, 232	
0, 100		—	

Какъ видно образецъ въ мѣстѣ нагрѣва почти не далъ удлиненій и сѣченіе поперечнаго каленія получилось съ обѣихъ сторонъ нагрѣтаго мѣста. Такимъ образомъ материалъ является совершенно разнороднымъ по всей длинѣ образца.

Подобная разнородность матеріаловъ можетъ получиться при обработкѣ большихъ листовъ, одно ковку нѣкоторыхъ мѣстъ которыя трудно докончить послѣ того, какъ материалъ уже значительно

охлаждения и может повести къ весьма печальнымъ результатамъ, а потому на это обстоятельство нужно обращать особое внимание

Вредъ причиненный обработкой при синемъ накалѣ можетъ быть уничтоженъ отжиганіемъ металла, на что указываютъ испытанія, произведенныя Вебомъ (Webb) на англійскомъ сталелитейномъ заводѣ Crew Iron Works.

Слѣдующая таблица даетъ результаты этихъ испытаній

		коэффиціентъ крѣпости Kilg на □ m/m	Удлиненіе въ % на 250 m/m
Листы въ обыкновенномъ состояніи отожженные		48,7	23,6
Кованные при Синемъ накалѣ и отожженные		47,6	23,8
Согнутые при Синемъ накалѣ и отожженные		48,1	22,1
Согнутые при красномъ каленіи и охлажденные		49,8	22,5
Отожженные листы, согнутые въ холодн. состоян.		51,0	12,5
Тѣже, потомъ отожженные вторично.		48,1	23,6
3 раза согнутые при Синемъ накалѣ	безъ отжиганія	59,9	4,3
Кованные при Синемъ накалѣ		55,5	10,0
1 разъ согнутые при Синемъ накалѣ		50,3	7,5
Разорванные при Синемъ накалѣ		61,1	11,4.

Какъ видно изъ этой таблицы, утраченная вязкость металла снова возстановляется отжиганіемъ.

4) Обработка въ холодномъ состояніи

При обработкѣ желѣза и стали въ холодномъ состояніи въ тѣхъ случаяхъ, когда металлъ деформируется, выходя изъ предѣловъ упру

гости, обыкновенно замѣчается, съ одной стороны, повышеніе предѣла упругости и увеличеніе коэффиціэнта крѣпости, а съ другой, стороны уменьшеніе вязкости металла

Это видоизмѣненіе матеріала является иногда очень желательнымъ, а иногда напротивъ, дѣлаетъ его непригоднымъ къ употребленію.

Консидэре приводитъ слѣдующія данныя, характеризующія, до нѣкоторой степени, вліяніе холодной обработки.[1]

Матеріалы	Предѣлъ упругости kil на □ m/m	Коэффиціэнтъ крѣпости Kg на □ m/m.	Удлиненія %
Очень мягкая сталь	25,3	42,5	26,5
Тѣ же прессов. гидр. прес. 5 тон на □ Sm	35,7	44,6	17,0
Сталь для судостроенія	29,6	52,5	18,0
Тѣ же прокат. въ холодн. сост. отъ 10 до 9,45 m/m	42,3	54,5	11,5
Желѣзный листъ	22,8	37,4	15,0
Тѣ же прокат. въ холод. сост. отъ 8 до 7,1 m/m	41,6	46,9	7,0

Какъ видно изъ этой таблицы, коэфф. крѣпости измѣняется не очень значительно, предѣлъ же упругости повышается очень много, но вмѣстѣ съ этимъ уменьшается вязкость.

Холодная прокатка примѣняется въ большихъ размѣрахъ въ Сѣдлин. Шт. Слъв. Амер. для выработки приводныхъ валовъ. Главнымъ образомъ подобной обработкѣ подвергается самое чистое, мягкое, пудлинговое желѣзо

Многочисленныя изслѣдованія проф. Тѣрстона надъ обработанными такимъ образомъ желѣзомъ, привели его къ слѣду-

[1] M. Considerés L'emploi du fer de l'acier, стр. 148.

щими заключеніями[1]:

Крѣпость при растяженіи увеличивается отъ 25% до 40%, крѣпость при изгибѣ на 50–80%

Предѣлъ упругости повышается на 30–125%

Живое упругое сопротивленіе увеличивается въ 3–4 раза

Полное живое сопротивленіе, однако, уменьшается до 50%

Такъ что увеличеніе упругости и крѣпости получается по счетъ вязкости, поэтому (кромѣ) прокатанное въ холодномъ состояніи желѣзо примѣнимо только тогда, когда напряженія матеріала ни въ какомъ случаѣ не могутъ выйти изъ предѣла упругости.

Кромѣ указанныхъ измѣненій, холодная прокатка сообщаетъ желѣзу гладкую блестящую поверхность, совершенно свободную отъ окалины. Желѣзо можетъ быть прокатано съ большой точностью въ размѣрахъ. (На заводѣ Johnes and Langhlins, Pittsburgh, Pa. вали прокатываются съ точностью до $\frac{1}{1000}$") не требуя дальнѣйшей обработки

Иногда при холодной обработкѣ желѣзо получаетъ только мѣстныя измѣненія крѣпости. Такъ напр, при отрѣзываніи напильникомъ мѣсто около обрѣза становится твердымъ и хрупкимъ

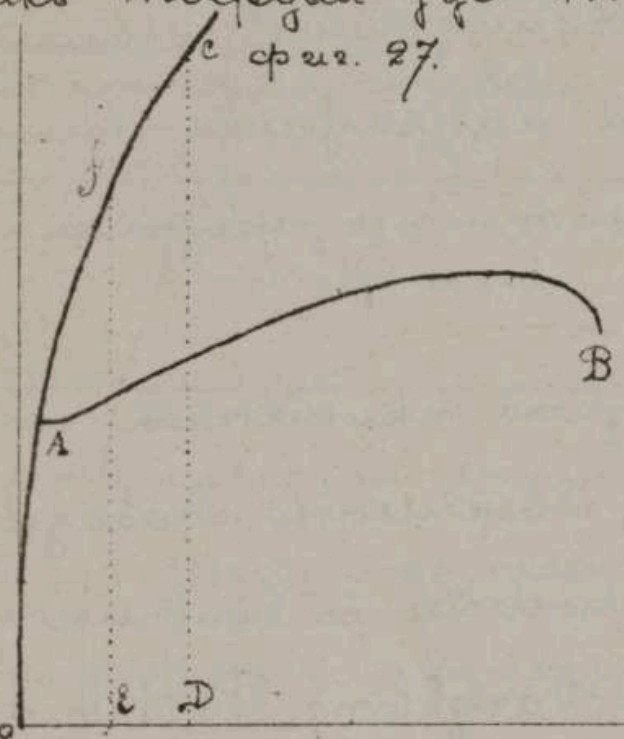
Тоже самое при пробиваніи дыръ пуансономъ, около пробитаго отверстія металлъ уплотняется твердѣетъ и становится хрупкимъ. Это затвердѣваніе распространяется во внутрь металла на толщину до $\frac{3}{m}$/m. Удаленіе такого слоя съ помощію высверливанія или развертыванія отверстія, обстрагиванія кромки вполнѣ уничтожаетъ это затвердѣваніе.

Помѣщенныя, вслѣдствіе холодной обработки твердыя мѣста, могутъ оказаться очень опасными при общемъ сопротивленіи дета-

[1] Thorston, Report on cold-rolled Iron and Steel, Pittsburgh. 1878.

ли и навърно прежде всего разрушится.

Для большаго разъясненія этого вопроса удобнае обратиться къ чертежу 27., на которомъ OAB представляетъ графическое изображеніе растяженія мягкаго металла, а OAC расширеніе затвердѣвшаго при обработкѣ. Хотя крѣпость затвердѣвшаго металла и больше, но за то, когда общее растяженіе детали достигнетъ величины OE, то мягкая часть еще будетъ далеко отъ разрыва, тогда какъ твердая уже получитъ большое напряженіе Ef и будетъ почти на границѣ разрушенія C



фиг. 27.

Слѣдовательно подобныхъ мѣстныхъ затвердѣваній металла допускать не слѣдуетъ.

Измѣнившійся подъ дѣйствіемъ холодной обработки всѣмъ тѣломъ и сталь снова пріобрѣтаютъ свои прежнія качества послѣ отжиганія.

Вѣроятно небольшое уменьшеніе коэффиціэнта крѣпости у низкотемпературныхъ сортовъ желѣза и стали послѣ отжиганія, нужно именно объяснить тѣмъ, что прокатка шла доканчивалась уже при низкой температурѣ и потому появилась нѣкоторая твердость и большая крѣпость, которыя и уничтожаются послѣ отжига

5) Обработка въ горячемъ состояніи

Обработка желѣза и стали при такой температурѣ, при которой они принимаютъ пластичное состояніе, обыкновенно улучшаетъ качество металла, — повышаетъ его коэффиціэнтъ крѣпости и, при этомъ, не уменьшаетъ вязкость, а иногда даже и увеличиваетъ ее

Фербернъ[1]) приводитъ испытанія произведенныя Клейемъ (Clay)

[1]) Фербернъ. Желѣзо. стр 251.

на фенозаводъ-лабораторіи завода „Metsey Stal Works", которыя согласны въ томъ, что одно и тоже фенозо прокатывалось послѣдовательно нѣсколько разъ. Нѣсколько минбаровъ №1 сваривались вмѣстѣ и прокатывались изъ полученнаго минбара №2 составлялся пакетъ, сваривался снова прокатывался и т.д.

По испытаніи каждаго изъ прокатанныхъ №№ получились слѣдующіе коэффиціэнты крѣпости

Минбаръ	№1	—	30,8	№7	— 41,8
	№2	—	37,1	№8	— 40,3
	№3	—	41,8	№9	— 40,3
	№4	—	41,8	№10	— 38,0
	№5	—	40,3	№11	— 36,5
maxim.	№6	—	43,4	№12	— 30,8

Наибольшій коэффиціэнтъ крѣпости получился при 6ой прокаткѣ, затѣмъ maximъ уменьшается.

Такимъ образомъ, послѣдовательныя проварки и прокатки фенозо увеличиваютъ коэффиціэнтъ крѣпости, до извѣстнаго предѣла, а потомъ онъ начинаетъ уменьшаться.

Такое дѣйствіе на крѣпость на крѣпость фенозо оказываетъ и ковка. Она уплотняетъ металлъ и потому повышаетъ его коэффиціэнтъ крѣпости. Вслѣдствіе этого мелкія детали, которыя могутъ быть прокованы лучше, выкадываютъ большую крѣпость, чѣмъ крупныя. Въ крупныхъ же деталяхъ на поверхности металлъ лучше прокованъ и потому онъ здѣсь всегда крѣпче чѣмъ изнутри Такъ напримѣръ на американскомъ заводѣ Dolphin сломался на пробномъ плаваніи валъ. Образцы, вырѣзанные изъ вала, при испытаніи дали слѣдующіе результаты:

	Предѣлъ упр. кгр. на □ m/m	Коэфф. крѣп. пооди Кгр на □ %	Удлиненіе %
Изъ центра вала	23,9	37,9	2
Съ поверхности вала	22,5	56,2	18

6) Размѣры издѣлій

Вслѣдствіе того, что вліяніе обработки, которая вообще увеличиваетъ коэффиціентъ крѣпости не можетъ распространяться на всю массу металла крѣпость послѣдняго получается различной на поверхности и въ центрѣ, какъ это видно изъ предыдущей таблички

Поэтому, чѣмъ меньше будетъ поперечное сѣченіе у цѣлыхъ издѣлій, тѣмъ матеріалъ въ нихъ будетъ равномѣрнѣе, а слѣдовательно и крѣпче

Справедливость этого подтверждается результатами опытовъ произведенныхъ въ 1881 г. Испытательнымъ Департаментомъ Соединенныхъ Штатовъ[1] (United States Testing. Board)

При этихъ испытаніяхъ полосы изъ фемза одного и того же качества прокатывались до различной толщины. Результаты приведены въ слѣдующей таблицѣ. (таблица помѣщена на слѣдующей страницѣ).

Какъ видно коэффиціентъ крѣпости и предѣлъ упругости съ уменьшеніемъ толщины бруса увеличиваются

Профессоръ Торстонъ[2] составилъ слѣдующую эмпирическую

[1] Unwin. Testing of Materials of Construction стр. 289

[2] Thurston. Steel and Iron стр. 407

Радиусы полосъ въ дюймахъ	Коэф. крепк. въ Klg. на □ m/m		Пред. упруг. въ Klg на □ m/m		A
	Необточ.	Обточ.	Необточ.	Обточ.	
4	—	32,2	—	16,4	31
3	—	33,5	—	18,5	32,6
2½	33,2	33,2	20,8	20,9	33,6
2¼	34,0	34,6	21,8	22,5	34,7
2	33,7	34,0	25,1	22,3	35,1
1¾	35,4	34,3	25,3	26,3	35,8
1½	35,7	36,3	24,5	25,6	36,8
1¼	37,0	34,9	27,7	28,5	38
1	36,3	35,9	27,4	27,0	39,35
¾	35,5	35,2	23,7	25,1	40,7
½	36,6	37,0	26,9	27,4	43
¼	40,0	41,8	—	—	48

формулу, дающую зависимость между радиусами зеньза и его коэффиціентомъ крѣпости

$$z = 59 - 14{,}06 \lg d$$

Здѣсь z коэффиціентъ крѣпости въ klg. на □ m/m d - діаметръ зеньзной полосы въ миллиметрахъ.

Послѣдній столбецъ A въ предыдущей таблицѣ даетъ коэффиціенты крѣпости, вычисленные по этой формулѣ. Какъ видно для полосъ отъ 4" до 1" формула даетъ величины весьма близко подходящія къ полученнымъ при опытахъ. Для болѣе же мелкихъ сортовъ получается нѣкоторая разница, но объяснить ее трудно

тысь, что прокатка полось вельзь не при нормальныхъ усло-
віяхъ отчего кристаллическія крѣпости получились нѣсколько
меньшія. Такъ что, вѣроятно, формула Гордона дастъ довольно
близкія къ дѣйствительности величины для кристалловъ.

7) Время и сотрясенія

Извѣстно, что желѣзо и сталь подъ вліяніемъ времени изме-
няютъ свою внутреннюю структуру и химическій составъ. Къ
счастію перемѣны эти обыкновенно улучшаютъ качество желѣ-
за. Первыя желѣзныя рельсы, положенныя Робертомъ Стивен-
сономъ, формы ⊥, въ 1832 г. въ Америкѣ для желѣзной дороги
„Camden and Amboy" были приготовлены изъ очень мягкаго,
крупкаго желѣза. Спустя много лѣтъ они были сняты и
прокатаны въ полосное желѣзо, при чемъ оно получилось прекрас-
наго качества

Но подобныя явленія улучшенія качества металла замѣча-
ются только въ тѣхъ случаяхъ, когда дѣйствующія усилія не
выводятъ его изъ предѣловъ упругости, или даже не подводятъ
частицъ близко къ этому предѣлу

Въ противномъ случаѣ замѣчается совсѣмъ обратное явле-
ніе. Желѣзо подъ вліяніемъ сотрясеній измѣняетъ свое волокнистое
строеніе на кристаллическое и теряетъ свою крѣпость

Интересный примѣръ подобной перемѣны волокнистаго строе-
нія на кристаллическое представляетъ случай поломки вагонной
машины при Вашингтонской Меркомъ желѣзной
этой машины служили 35 лѣтъ и очень часто ее нагружали
до 130 тоннъ. Недавно одинъ изъ ея кронштейновъ сломался при на-
грузкѣ 100 тоннъ. Изломъ показывалъ явно кристаллическое

строеніе, которое при изслѣдованіи фигура, оказалось на разстояніи одного фута; въ другихъ частяхъ фигура. тонкое волокнистое строеніе.

На заводѣ The Morgan Iron Works въ Нью-Іоркѣ, при ковкѣ большого вала, сломалась полоса, которая привариваласъ для его поддерживанія и поворачиванія. Полоса эта имѣла 20" длины, 12" въ діаметрѣ. съ одного конца и 15" съ другого, когда валъ былъ подъ паровымъ молотомъ, то удары послѣдняго производили сотрясенія свободнаго конца полосы который послѣ довольно долгой службы и отломился. Вѣсъ оставшагося конца былъ около тонны; сообразно съ размѣрамъ полосы при обыкновенномъ дѣйствіи для подобнаго излома необходимо бы приложить силу по крайней мѣрѣ въ 14 разъ большую. Изломъ оказался совершенно кристаллическій. Ребра одного изъ кристалловъ были около 12 m/m

Кромѣ сотрясеній на кристаллизацію. желѣза и въ особенности стали, можетъ имѣть вліяніе температура. Если при ковкѣ стальной вещи нагрѣваніе ея производится неравномѣрно, то весьма вѣроятно, что при остываніи сталь получитъ кристаллическое строеніе

На стальномъ заводѣ Cambria Iron Co Johnstown, Pa производились испытанія надъ сталью для выясненія этого вопроса; оказалось, что если нагрѣть сталь до 1100°C и потомъ послѣ ковки медленно охладить, то при неравномѣрномъ нагрѣваніи при обработкѣ весьма легко получается кристаллическое строеніе.

Для избѣжанія этого неудобства на упомянутомъ заводѣ принимается слѣдующій способъ послѣ того, какъ вещь откована и медленно охладилась ее снова нагрѣваютъ до 1100°C, погружаютъ въ воду

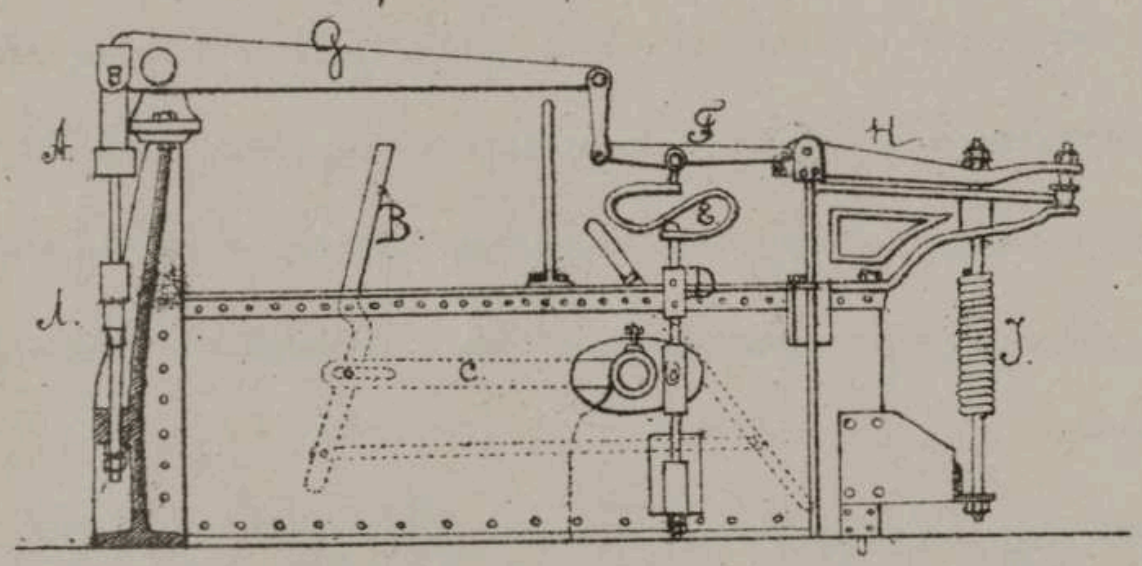
для быстраго охлаждения до краснокаленаго жара и затымъ дають медленно охладиться при этомъ получается крупный, замысловато плотный и слегка закаленный металлъ, прекрасно сопротивляющийся ударамъ.

Многіе авторитеты признаютъ возможнымъ кристаллизацію фельза только при переходѣ изъ очень горячаго, почти расплавленнаго состоянія въ болѣе холодное, кристаллизацію же подъ вліяніемъ сотрясеній считаютъ недокладанными явленіями и поломки при вышеописанныхъ условіяхъ объясняютъ вліяніемъ повторительныхъ нагрузокъ (см. слѣдующ. параграфъ)

8) Вліяніе повторительныхъ нагрузокъ.

Въ 1858 г. Вомеръ по порученію Прусскаго правительства предпринялъ рядъ опытовъ надъ дѣйствіемъ повторительныхъ нагрузокъ. Опыты эти продолжались около 12 лѣтъ; въ 1871 г. были опубликованы полученные результаты. Для своихъ опытовъ Вомеръ употреблялъ машину изображенную на фиг. 28.

фиг. 28.



Испытуемый образецъ закрѣплялся въ зажимахъ А. Усиліе передавалось эксцентриковой тягой В, при посредствѣ рычага С, стержня D и пружины Е на рычагъ F. Этотъ послѣдній рычагъ опирался одними концами на неравноплечій рычагъ G, а другими на неравноплечій рычагъ H. Длинное плечо рычага H удерживается тягой J. При дѣйствіи эксцентриковаго вала стержень D опускается и бѣжитъ за собой пружину E и рычагъ G производитъ работу.

фсии объемии. При этомъ рычагъ H, вследствіе натяженія пружины T, оставался неподвижнымъ.

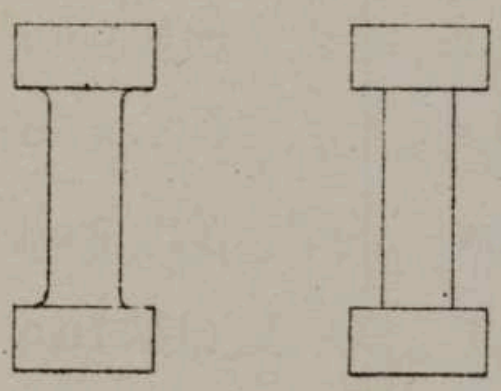
Измѣняя размахъ тяги B, можно было измѣнять и degree нагрузки испытуемаго образца. При этомъ сила, растягивающая образецъ, всегда регулировалась пружиною T. Какъ только она переходила извѣстный предѣлъ, пружина T растягивалась и уменьшала ее.

Гайка, находящаяся на нижнемъ концѣ стержня D удерживала его въ любомъ положеніи при движеніи тяги B внизъ.

Такимъ образомъ, измѣняя натяженіе пружины T и передвигая гайку, можно было по произволу измѣнять предѣлы нагрузки на испытуемый образецъ.

Слѣдующая таблица даетъ результаты нѣкоторыхъ его испытаній. Образецъ обозначенный A имѣлъ форму, показанную на фиг. 29 съ закругленными углами. У образца B эти углы были рѣзко очерчены (фиг. 29). Изъ таблицы видно, что образецъ B при тѣхъ же условіяхъ выдерживалъ гораздо меньшее число повторительныхъ нагрузокъ, чѣмъ образецъ A.

фиг. 29



Форма образца	Материалъ	Нагрузки въ Кг на □"м мех. пред.		разность мех. ду предѣлами	Число нагрузокъ до разрыва
		Minimum	Maximum		
1. A	Желѣзо для	0	36	36	800
2. A	вагон. осей	0	33	33	106.910
3. A	Phoenix Comp.	0	30	30	340.853

Форма образца	Материал	Нагрузки въ Klg. на □m места предѣлами		Разность между предѣлами	Число нагрузокъ до разрыва
		Minimum	Maximum		
4 A	Отъ вагон. осей Phoenix (Отъ рану)	0	27	27	409.481
5 A		0	27	27	480. 852
6 A		0	24	24	10.141. 645
7 A		15	33	18	2. 373. 424
8 A		18	33	15	(4. 000.000)
9 B		0	26,9	26,9	37.828
10	Образцы изъ вагон. осей Круппъ	0	60,1	60,1	18.741
11		0	52,6	52,6	46 286
12 A		0	45,1	45,1	170.170
13		0	41,1	41,1	123.770
14		0	37,5	37,5	473.766
15		0	36,0	36,0	(13. 000. 000)
16		0	34,5	34,5	(13. 200. 000)
17	Отъ вагон. осей завода Круппъ	37,6	60,1	32,5	(1. 801. 000)
18		30,0	60,1	30,1	(12. 100 000)
19		26,3	60,1	33,8	(12 000. 000)
20	Образцы B Отъ вагон. осей завода Круппъ	0	37,6	37,6	23.546
21		0	34,6	34,6	35.486
22		0	31,6	31,6	65.658
23		0	30,0	30,0	75.343
24		0	27,0	27,0	208.883
25		0	24,0	24,0	274.970
26		0	22,5	22,5	(1. 100 000)

Цифры, поставленныя въ скобкахъ, показываютъ, что образецъ при такомъ числѣ нагрузокъ не ломался.

Какъ видно изъ этой таблицы число повторительныхъ нагрузокъ, которое можетъ выдержать образецъ, увеличивается по мѣрѣ того, какъ величина нагрузокъ уменьшается

Кромѣ того, изъ этой же таблицы видно, что число нагрузокъ зависитъ не отъ одной только абсолютной величины, но также и отъ тѣхъ предѣловъ, между которыми колеблются эти нагрузки.

Такъ напримѣръ, образцы 7 и 8 не смотря на то, что были нагружены до напряженія 33 kilg. выдержали несравненно большее нагрузокъ, чѣмъ образецъ 2, вслѣдствіе того, что напряженіе измѣнялось въ нихъ только на 18 klg., а въ № 2 на всѣ 33 klg.

На основаніи своихъ опытовъ Велеръ пришелъ къ заключенію, что подъ дѣйствіемъ повторительныхъ нагрузокъ желѣзо и сталь могутъ быть разрушены, даже въ томъ случаѣ, если каждая изъ отдѣльныхъ нагрузокъ не въ состояніи разорвать металла. Но съ другой стороны, всегда существуетъ извѣстная величина напряженія, повтореніе котораго металлъ можетъ выдержать произвольно большое число разъ.

Величины подобныхъ безопасныхъ напряженій, опредѣленныхъ Велеромъ, приведены въ слѣдующей таблицѣ (помѣщена на слѣдующ. страницѣ)

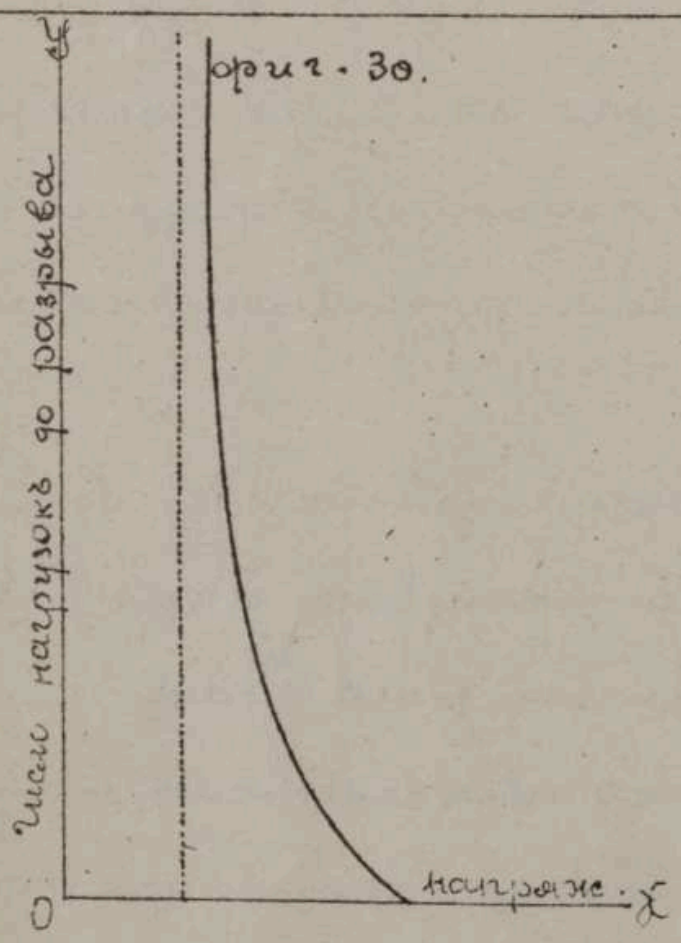
Продолженіе опытовъ Велера по предложенію Пр. Ремо, были поручены пр. Шпаненбергу, который произвелъ цѣлый рядъ испытаній надъ желѣзомъ сталью и разными сплавами[1])

Полученные имъ результаты явились подтвержденіемъ опытовъ

[1]) The Fatigue of Metals under repeated Strains By Ludwig Spanenburgue (пер. съ нѣмецкаго)

Материалъ	Предѣлы напряженій Кгр/кв□м		Разница въ измѣненіи напряженія
	maximum	minimum	
Растяженіе, сжатіе, изгибъ.			
Желѣзо — „ — „	+ 12	− 12	24
„ — „ — „ — „	+ 25	0	25
„ — „ — „ — „	+ 33	+ 18	15
Сталь для вагон. осей	+ 21	− 21	42
„ „ „ „	+ 36	0	36
„ „ „ „	60	26	34
Незакален. пружинн. сталь	38	0	38
„ „ „ „	53	18	35
„ „ „ „	60	30	30
„ „ „ „	68	45	23
Кручені и сдвигъ			
Сталь вагон. колесъ	+ 16,5	− 16,5	33
„ „	28	0	28

фиг. 30.



Вёлеръ.

Откладывая по оси абсциссъ напряженія, а по оси ординатъ соотвѣтствующее число повторительныхъ нагрузокъ до разрыва, Шпангенбергъ построилъ цѣлый рядъ кривыхъ для различныхъ металловъ, представляющихъ наглядно результаты его опытовъ

Эти кривыя (фиг. 30) имѣютъ асимптоту

тически, приближаясь къ прямой параллельной оси ординатъ, такимъ образомъ указывая на то, что всегда существуетъ напряженіе, при которомъ металлъ можетъ выдерживать безконечное число повторительныхъ нагрузокъ.

Затѣмъ подобные же опыты произведены были Бекеромъ (H. Baker) и Баушингеромъ и вполнѣ подтвердили полученные раньше результаты.

Интересенъ тотъ фактъ, что металлы подъ дѣйствіемъ повторительныхъ нагрузокъ не теряютъ своей крѣпости и вязкости, такъ какъ разрушенные повторительными нагрузками образцы при испытаніяхъ на разрывныхъ машинахъ выказываютъ свою прежнюю крѣпость и вязкость.

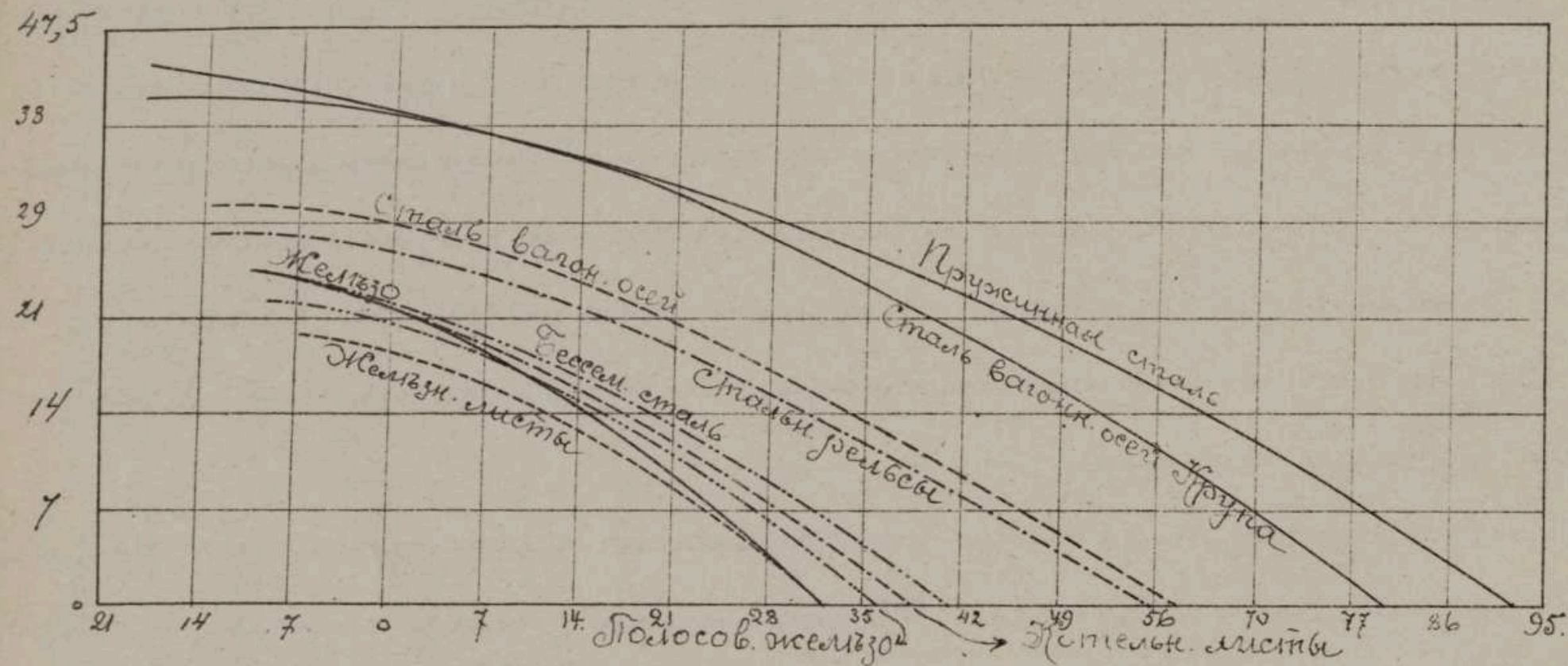
Въ этомъ отношеніи сходятся какъ показанія Бекера, такъ и Баушингера.

Глядя на эту таблицу представляется величина напряженія, которыя, согласно опытамъ Баушингера, матеріалъ можетъ выдерживать произвольно большое число повторений

Матеріалы	Поперечное сѣченіе и растяженіе.		Растяженіе отъ 0 до →		Растяженія		Коэф. крѣпости при обык. разрывѣ
	отъ сѣченія	до растяж	0	Растяж.	Отъ	до	
Литолитовая сталь	11,2	11,2	0	20,6	17,9	30,2	35,9
Колесовая сталь	13,6	13,6	0	24,8	20,7	34,5	41,5
Бессем. мягкая сталь для	13,4	13,4	0	24,7	22,5	37,4	45,0
Сталь для вагон. осей	16,5	16,5	0	31,0	31,4	50,5	62,9
Стальные рельсы	15,2	15,2	0	28,9	30,7	48,5	61,4
Мягкая сталь для котлов (мягкое сѣч.)	13,6	13,6	0	24,8	20,9	35,5	41,8

Если мы по оси абсцисс будем откладывать минимальная нагрузки, а по оси ординат соответствующия имъ допустимыя максимальныя нагрузки, то геометрическое место подобныхъ точекъ, какъ оказалось изъ опыта, будетъ кривая близко подходящая къ параболѣ. Поэтому, если надъ материломъ

фиг 31



произвести три испытанія, данныя величины соотвѣтствующія минимальныя и максимальныя нагрузокъ, аналогично съ тѣмъ какъ приведено въ предыдущей таблицѣ, то по этимъ тремъ точкамъ можно построить кривую, которая и будетъ характеризовать способность материала сопротивляться повторительнымъ нагрузкамъ. Имѣя подобную кривую для каждой минимальной нагрузки, сейчасъ-же будетъ извѣстно соотвѣтствующая максимальная и наоборотъ.

С фиг. 31 представляетъ подобныя кривыя, построенныя для нѣкоторыхъ сортовъ ж1леза и стали, испытанныхъ Вѣлеромъ и Баушингеромъ. (Сплошныя линіи соотвѣтствуютъ опытамъ Вѣлера; — Функтированныя — опытамъ Баушингера.

Нужно допустить, что разрушающее действие распространяется на весьма тонкий, наиболее слабый слой поперечного сечения, по которому металлы и разрываются. Такие соображения подтверждаются еще и тем обстоятельством, что при повторительных нагрузках железо и сталь бывшие без всяких удивлений - совершенно как хрупкие металлы.

Позже самые удачные и при поломке вагонных осей, бандажей и др. и вероятно то, что обыкновенно приписывают действию кристаллизации железа, может быть объяснено влиянием повторительных нагрузок.

Несмотря на то, что влияние повторительных нагрузок открыто Велером уже более 30 лет тому назад, распространение установленных им положений очень незначительно.

Причину этого нужно искать в том, что положения Велера пока основывались только на опыте и не находили себе объяснений со стороны теории сопротивления материалов.

Обыкновенно надежной нагрузкой теория сопротивления материалов считает ту, при которой напряжение металла не превосходит предела упругости.

Согласно с этим возражением действие повторительных нагрузок, не превосходящих предела упругости, не должно бы быть разрушительным, на самом же все дело из опытов Велера оказывается, что повторительные нагрузки, даже не выводящие металл из предела упругости, способны разрушить его

Кроме того известно, что предел упругости железа и стали может быть повышен, а потому, тем более, повторительные нагрузки не должны разрушить их

Таким образом положения, установленные Велером, являют-

за какъ-бы въ противорѣчіи съ теоріей сопротивленія матеріаловъ. Устраненіе этихъ противорѣчій способствуетъ удовлетворенію Баушингера, надъ изслѣдованіемъ предѣловъ упругости[1]

На основаніи своихъ опытовъ, при помощи очень точныхъ инструментовъ, онъ нашелъ, что одновременно повышенію предѣла упругости растяженія при растяженіи, соотвѣтствуетъ понижение предѣла упругости при сжатіи. Даже сравнительно небольшое повышеніе предѣла упругости при растяженіи способно понизить предѣлъ упругости при сжатіи до 0.

Такимъ образомъ при повторительныхъ нагрузкахъ не можетъ быть рѣчи о повышеніи предѣла упругости.

Подъ дѣйствіемъ только растяженія или только сжатія, предѣлъ упругости дѣйствительно можетъ быть повышенъ почти до величины коэффиціента крѣпости. Но Баушингеръ замѣтилъ, что поднятый искусственно предѣлъ упругости очень неустойчивъ и легко измѣняетъ свою величину въ большихъ предѣлахъ.

Принимая все вышесказанное къ объясненію явленій открытыхъ Вёлеромъ, Баушингеръ считаетъ, что ломкость и отказъ въ большинствѣ случаевъ имѣютъ предѣлъ упругости искусственно поднятый, вслѣдствіе ихъ обработки. Дѣйствіе повторительныхъ нагрузокъ, — попеременно растяженіе и сжатіе, стремится понизить опять искусственно приподнятый предѣлъ упругости и привести его къ естественной величинѣ.

Цѣлымъ рядомъ опытовъ Баушингеръ старался установить естественную величину предѣла упругости и получилъ ее для желѣза равной 14.6 кіло на □″/″., а для мягкой стали 14,9 кіло на □″/″

[1] Ueber die Veränderung der Elasticitätsgrenze Mittheilungen aus dem Mechanisch. Technisch Laboratorium in Munchen 1886

т.е. ближняя вершина ближняя къ точкѣ, которая дана Вёлеромъ, какъ безопаснымъ напряженій для преимущественно большого числа повторительныхъ нагрузокъ.

Такимъ образомъ опыты изслѣдованіями Баушингера приведены къ согласію открытія Вёлера съ общими взглядами теоріи сопротивленія материаловъ

Вліяніе примѣсей на свойства желѣза и стали

1 Углеродъ Наиболѣе важная изъ всѣхъ примѣсей. Съ ея большимъ содержаніемъ въ желѣзѣ, хотя оно становится твердѣе и крѣпче, но зато уменьшается его вязкость, ковкость и способность свариваться.

Стиффъ[1] приводитъ слѣдующіе результаты своихъ испытаній, показывающіе насколько увеличивается хрупкость желѣза съ увеличеніемъ содержанія углерода:

Матеріалъ	Содержаніе С въ %	Коэф. хрупкости
Желѣзо В	0,2	33,8
Тигельная сталь Q-2	0,5	55,1
„ Р-2	0,6	58,3
„ N.P.-2	0,7	59,2
„ N.P.-1	0,8	78,5

Увеличеніе хрупкости согласно испытаніямъ Стиффа продолжается до такого предѣла, пока содержаніе углерода не достигнетъ 1,2% при этомъ коэффиціентъ хрупкости повышается до 96 klg на □ m/m

[1] Styffe: Iron and Steel стр. 46.

затъмъ хрупкость начинаетъ уменьшаться.

Особенно полныя испытанія надъ вліяніемъ содержанія углерода на хрупкость и упругость стали были произведены проф. Баушингеромъ[1]

Для опытовъ служили 12 сортовъ литой стали съ Пермскаго сталелитейнаго завода.

Слѣдующая таблица даетъ результаты этихъ испытаній.

Содерж. С въ %	Средній коэф. упругости при растяж.	Предѣлъ упр. при растяж.	Коэфф. хрупкости	Удлиненіе на 330 m/m въ %	Сокращеніе площ. сѣченія въ %	Коэф. упруг. при сжатіи	Предѣлъ упр. при сжатіи	Коэф. хрупкости при сжатіи.
14	22521	29,4	44,3	21,8	49,2	26899	27,7	34,3
19	21702	33,1	47,8	20,1	41,7	26112	30,2	37,1
46	22521	33,4	53,3	18,1	30,5	23088	34,4	35,8
51	22112	34,0	56,0	14,3	25,1	22899	32,5	40,2
54	21608	34,8	55,6	17,8	32,8	25403	34,4	39,3
55	22206	33,0	56,5	17,6	27,9	23687	34,9	40,0
57	21608	33,1	56,0	18,4	30,7	22490	34,4	36,4
66	22805	37,4	62,9	13,7	19,7	25104	37,7	42,8
78	23592	37,4	64,7	11,4	19,1	22805	37,7	41,4
80	21513	40,0	72,3	9,0	14,0	22805	44,4	48,2
87	21891	42,9	73,3	8,1	16,5	22206	39,3	50,0
96	21765	48,6	83,0	6,6	10,0	22994	50,0	58,2

На основаніи полученныхъ данныхъ Баушингеръ составилъ кривую, дающую зависимость между содержаніемъ углерода

[1] Versuche ueber die Festigkeit des Bessemerstahl. Mittheilungen aus dem Mechan Tech. Laboratorium in Munchen IV 1874

въ зависимости и его коэффициентомъ крѣпости

$$Z = 43,5\,(1 + @^2)$$

Здѣсь @ представляетъ содержаніе углерода въ % Напр. при содержаніи углерода въ 0,8%

$$Z = 43,5\,[1 + (0,8)^2] = 71,3$$

Веераухъ[1] считаетъ, что желѣзо не должно имѣть крѣпость меньшую той, какая получится изъ формулы

$$Z = 37\,(1 + c^2)$$

и поэтому приведенной формулой можно руководствоваться, предписывая требованія при заказахъ

Если содержаніе углерода становится болѣе 0,5%, то желѣзо пріобрѣтаетъ свойства закаливаться, т. е превращается въ сталь.

При содержаніи углерода 1,75% сталь теряетъ способность свариваться

При содержаніи углерода 1,8% сталь трудно куется, а при 1,9% ковать ее совершенно невозможно. Нагрѣтая до краснаго она разлетается въ дребезги подъ ударами молотка.

Когда содержаніе углерода достигаетъ 2% сталь переходитъ въ чугунъ

Желѣзо, нагрѣтое до краснаго или болѣе, легко поглощаетъ углеродъ, приходя въ соприкосновеніе съ древеснымъ или каменнымъ углемъ, а также и съ другими углеродистыми и азотистыми составами

Этимъ свойствомъ пользуются для приготовленія изъ желѣза такъ наз. цементной стали или все для цементированія желѣза только съ поверхности (case hardening) прибѣгаютъ

---

[1] J. Weyrauch. strength of Iron and Steel constructions стр. 31 (переводъ съ нѣмецкаго)

железо получается тонкую твердую корку, оставаясь мягким внутри. Для этой цели железо накаливается въ сосудѣ, выложенномъ кругомъ обрѣзками кости или синеродистымъ каліемъ (желтая кровяная соль), которые и передаютъ ему свой углеродъ

Пары и газы, содержащіе углеродъ, также передаютъ его железу, нагрѣтому до красна.

2) Фосфоръ, одна изъ самыхъ вредныхъ примѣсей. Фосфоръ подобно углероду увеличиваетъ предѣлъ упругости и коэф. крѣпости, но еще больше значительно уменьшаетъ ударное сопротивленіе желѣза. Присутствіе фосфора дѣлаетъ желѣзо хрупкимъ, крупно кристаллическимъ и холодноломкимъ, т.е. легко разрушающимся при обработкѣ въ холодномъ состояніи. Вредное вліяніе фосфора тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше въ желѣзѣ углерода. Присутствіе фосфора въ желѣзѣ еще тѣмъ опасно, что оно дѣлаетъ всѣ испытанія металла крайне неудовлетворительными. Въ одномъ случаѣ, тотъ же самый матеріалъ при испытаніи можетъ дать хорошіе результаты, въ другомъ никуда негодные. Вслѣдствіе всего этого примѣсь фосфора въ желѣзѣ не должна превышать 0,1%

3) Сѣра, подобно фосфору, увеличиваетъ твердость желѣза, но, кромѣ того, она сообщаетъ желѣзу въ нагрѣтомъ состояніи хрупкость – дѣлаетъ его красно-ломкимъ. Поэтому желѣзо, содержащее сѣру, совершенно не годится для издѣлій, которыя приходится обрабатывать въ нагрѣтомъ состояніи

Вліяніе сѣры особенно рѣзко сказывается въ совершенно чистомъ отъ другихъ примѣсей желѣзѣ. Но съ другой стороны ея вредное вліяніе до нѣкоторой степени уменьшается присутствіемъ въ желѣзѣ марганца

Въ хорошемъ желѣзѣ содержаніе сѣры не должно пре-

выплавить 0,2%

4) **Кремний** По отчету[1] комиссии, назначенной для изучения влияния примеси кремния на качества железа, оказывается: что присутствие кремния въ количествѣ меньшемъ 0,15% почти не измѣняетъ ни предѣла упругости, ни крѣпости, ни вязкости. Если же желѣзо содержитъ кремний болѣе 0,15%, то предѣлъ упругости и крѣпость повышаются, но за то удлиненіе при растяженіи и сужатіе поперечнаго сѣченія замѣтно уменьшаются

Примесь кремнія въ 0,35% дѣлаетъ желѣзо холодно ломкимъ. Вредное вліяніе кремнія значительно ослабляется марганцемъ Въ его присутствіи желѣзо, даже съ содержаніемъ кремнія до 0,5%, оказывается способнымъ хорошо прокатываться, слѣдовательно не красноломко, не хрупко въ холодномъ состояніи и хорошо сваривается

Благодаря этому обстоятельству является возможность воспользоваться способностью кремнія уничтожать пустоты въ стальныхъ отливкахъ. Для этого вышеупомянутую сталь нарочно прибавляютъ чугуна съ большимъ содержаніемъ кремнія (10–11%) и марганца (18%), въ результатѣ получается сталь съ содержаніемъ кремнія отъ 0,2% до 0,3%

Отличительныя свойства стали

Существенное отличіе стали отъ желѣза проявляется подъ дѣйствіемъ на нее теплоты

Дѣйствіе теплоты на сталь раздѣляется на 3 характерныя вида:

1, Сталь нагрѣвается до извѣстной температуры и затѣмъ быстро охлаждается, — подобная операція называется Закалкой

[1] Report of the Committee, to the British Association. Engineering 1888 стр 49.

стали.

2, Закаленная узкая сталь нагревается до температуры более низкой чем та, при которой сталь была закалена и затем медленно или быстро охлаждается – эта операция называется **отпускание закала у стали.**

3, Закаленная сталь нагревается до температур более высокой чем та, при которой сталь была закалена и затем медленно охлаждается эта операция называется **отжиганием.**

Что происходит со сталью при этих трех операциях может быть пояснено следующим примером.

Если взять стальной прут, то обыкновенно его можно изогнуть и тем самым показать его мягкость. Если этот прут нагреть до красна и затем погрузить в холодную воду, то он станет очень тверд (приймет закал) и при первой же попытке согнуть его-сломается. Если закаленный таким образом прут снова нагреть хотябы до температуры равномерного свинца и затем охладить, то его уже можно будет согнуть, но он будет возвращаться к своей первоначальной форме - станет очень упругим. Наконец, если закаленный прут нагреть до бывало каления и медленно охладить, то он снова потеряет свою твердость и упругость и будучи изогнутым - останется в таком положении.

Во всех этих трех случаях сталь совершенно изменяла свои свойства и при этом ей ничего не сообщалось и ничего от нее не отнималось кроме теплоты.

Свои свойства стали принимать закал было известно еще в древности, но до сих пор вполне ясного объяснения этого явления не существует

Въ половинѣ XVII вѣка флогистическая теорія старалась объяснить это явленіе присутствіемъ въ металлахъ особаго вещества флогистона – нѣчто въ родѣ души металловъ, которую они теряли при нагрѣваніи, и при быстромъ охлажденіи они не могутъ вселиться въ нихъ. При медленномъ охлажденіи металлы снова получаютъ флогистонъ обратно

Въ 1722 г. Реомюръ объяснилъ это явленіе тѣмъ, что при нагрѣваніи сера и соли выпаряются изъ молекулъ желѣза и распредѣляются въ промежуточныхъ пространствахъ. При быстромъ охлажденіи они не успѣваютъ снова занять свои мѣста и потому измѣняютъ свойства металла

Въ 1781 г. Бергманъ (Torbern Bergman) профессоръ университета въ Upsala, впервые[1], что сталь, главнымъ образомъ, отличается отъ желѣза тѣмъ, что содержитъ около 0,2% графита, тогда какъ въ желѣзѣ его совсѣмъ нѣтъ.

Въ 1827 г. Карстенъ впервые выдѣлилъ изъ стали соединеніе желѣза съ углеродомъ. Бертье тоже получилъ подобное соединеніе, которое онъ выразилъ формулой $Fe\,C$. Наконецъ, въ самые послѣдніе годы Абель вполнѣ подтвердилъ существованіе въ сталяхъ особаго соединенія углерода съ желѣзомъ выраженнаго формулой Fe_3C

Такимъ образомъ было установлено, что углеродъ существуетъ въ двухъ различныхъ видахъ въ мягкой и закаленной сталяхъ. Въ первомъ случаѣ онъ даетъ соединеніе Fe_3C, во второмъ онъ растворенъ въ желѣзѣ. Этимъ измѣненіемъ въ состояніи углерода и старались объяснить явленіе закала

Но при этомъ встрѣчается слѣдующее затрудненіе: Вполнѣ возможно, нагрѣвая сталь до извѣстной температуры и быстро охладивъ, получить ее совершенно мягкой безъ закала, причемъ она-

[1] Пропущено: указалъ.

лизъ показываетъ, что углеродъ въ немъ находится именно въ томъ состояніи, въ которомъ онъ находится и въ закаленной сталн. Слѣдовательно одной перемѣны состоянія углерода не достаточно для объясненія этого явленія, нужно было отыскивать другую болѣе подходящую гипотезу. Для составленія подобной гипотезы послужили слѣдующія факты: въ 1868 г. Черновъ указалъ на то, что сталь не получитъ закала при быстромъ охлажденіи, если она не будетъ нагрѣта до извѣстной температуры, которую онъ назвалъ α

Барретъ и Беръ, наблюдая надъ охлажденіемъ стальной проволоки, замѣтили, что она при извѣстной температурѣ какъ бы снова нагрѣвается и затѣмъ охлажденіе преодолѣваетъ нѣкоторое время

Въ 1879 г. Барусъ нашелъ, что твердость закала не увеличивается при увеличеніи температуры нагрѣванія

Всѣ эти факты указываютъ на то, что для железа повидимому существуетъ извѣстная критическая температура, при которой съ нимъ происходитъ какая то внутренняя перемѣна

Какъ извѣстно нѣкоторыя тѣла способны принимать различныя аллотропическія состоянія, причемъ составъ ихъ молекулъ не измѣняется, а, вѣроятно, измѣняется расположеніе составляющихъ ихъ атомовъ. Примѣромъ этого можетъ служить сѣра, кристаллизующаяся въ кристаллы различной формы, также углеродъ въ его трехъ видоизмѣненіяхъ: аллмаза графита и сажи

Предполагаютъ, что и железо точно также, переходя черезъ критическую температуру, принимаетъ другое аллотропическое состояніе

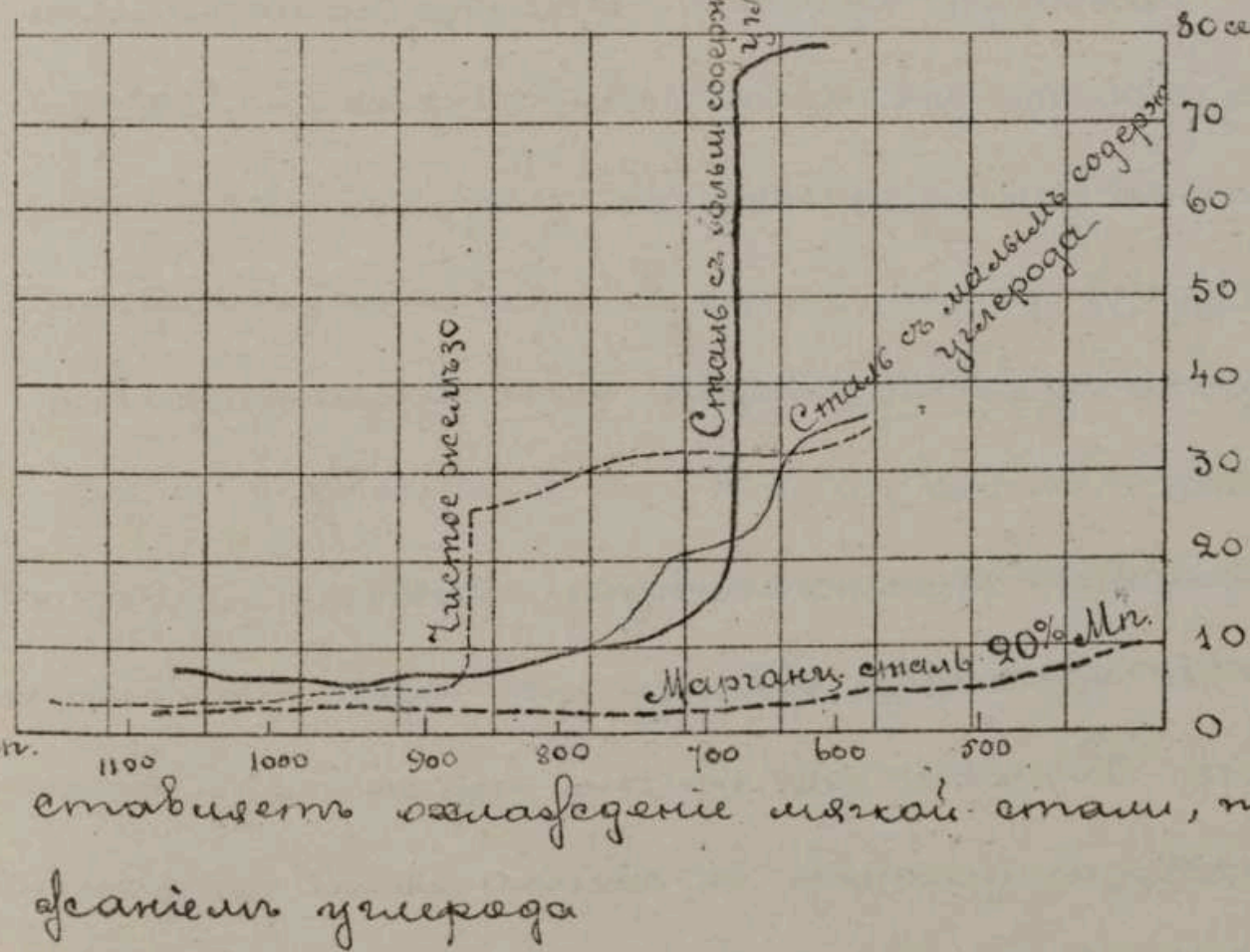
Такъ какъ, въ силу закона о сохраненіи энергіи, всякое внутреннее перемѣщеніе частицъ должно сопровождаться проявленіемъ или поглощеніемъ внѣшней работы, теплоты или другого вида энергіи, то и при

переходъ чугуна изъ одного аллотропическаго состоянія въ другое должно замѣчаться тоже самое.

Мы уже видѣли, что механическая (работа) обработка чугуна измѣняетъ его физическія свойства, слѣдовательно это уже до нѣкоторой степени подтверждаетъ высказанную выше гипотезу. Тѣмъ-же подтверждаютъ и открытіе сдѣланное Барретомъ и Форо́мъ

Для еще большаго выясненія этого вопроса французскій ученый Осмондъ произвелъ рядъ наблюденій надъ охлажденіемъ[1] чугуна. Измѣреніе температуры производилось имъ съ большою точностью термоэлектрическимъ пирометромъ, который, дѣйствуя на зеркало-гальванометра, поворачивалъ его, при этомъ отраженный отъ зеркала свѣтъ двигался по экрану и тѣмъ указывалъ на пониженіи температуры. Если отраженный свѣтъ на экранѣ стоялъ неподвижно, то это значило, что температура чугуна не измѣнялась. Въ тоже время замѣчалась скорость охлажденія.

32 фиг.



На фиг. 32. представлены графически результаты его наблюденій

Тонкая пунктированная линія относится къ совершенно чистому чугуну, полученному при помощи электролиза.

Тонкая сплошная представляетъ охлажденіе мягкой стали, т.е. чугуна съ небольшимъ содержаніемъ углерода

Толстая сплошная линія представляетъ охлажденіе твердой

1) пропущено: раскаленнаго.

стали съ большимъ содержаніемъ углерода (1,25%)

Наконецъ толстая пунктированная - относится къ марганцевой стали.

По оси ординатъ отложены времена, по оси абсцисъ температуры эксперимента.

Какъ видно изъ діаграммы чистое железо при понижении температуры до 870°C охлаждается довольно равномѣрно, затѣмъ происходитъ сразу остановка въ охлажденіи и въ продолженіе приблизительно 26 секундъ железо не мѣняетъ своей температуры. Вслѣдъ за этимъ опять начинается охлажденіе, идущее довольно равномѣрно.

Эту остановку въ охлажденіи можно объяснить только тѣмъ, что въ железѣ освобождается скрытая теплота, вслѣдствіе нѣкотораго внутренняго перемѣщенія частицъ.

Такимъ образомъ этотъ опытъ даетъ новое очень высокое подтвержденіе гипотезы о способности железа переходить изъ одного аллотропическаго состоянія въ другое

Посмотримъ какое вліяніе оказываетъ присутствіе углерода. Какъ видно изъ направленія тонкой кривой - железо съ небольшимъ содержаніемъ углерода охлаждается довольно равномѣрно до 780°, затѣмъ охлажденіе значительно замедляется секундъ на 10, потомъ снова идетъ быстро до 680°; здѣсь замѣчается вторичное замедленіе въ охлажденіи, послѣ котораго температура понижается равномѣрно и съ обычной скоростью.

Первое замедленіе въ понижении температуры нужно приписать выдѣленію теплоты, вслѣдствіе перехода железа изъ одного аллотропическаго состоянія въ другое. Второе замедленіе происходитъ отъ выдѣленія теплоты при переходѣ углерода въ химическое соединеніе съ железомъ Fe_3C, которое обыкновенно встрѣчается въ мягкой сталя

Такимъ образомъ вліяніе примѣси углерода въ одномъ случаѣ выражается тѣмъ, что понижается критическая температура, при которой железо переходитъ изъ одного аллотропическаго состоянія въ другое. Чѣмъ большее содержаніе углерода, тѣмъ меньше становится разность температуръ между упомянутыми выше двумя остановками охлажденія.

Для твердой стали съ большимъ содержаніемъ углерода эти два момента сливаются, вмѣстѣ и кривая скорости охлажденія получаетъ только одинъ рѣзкій уступъ это и показано на діаграммѣ ломаной линіей.

На основаніи всего вышеизложеннаго, явленія закала объясняется слѣдующимъ образомъ: Предполагаютъ, что желѣзо существуетъ въ двухъ аллотропическихъ состояніяхъ: при температурахъ ниже критической, которую Гераковъ назвалъ α, желѣзо мягко, такъ какъ состоитъ изъ мягкихъ молекулъ; при температурахъ же выше критической оно мѣняетъ свое внутреннее строеніе и, хотя при сильномъ нагрѣвѣ мягко само по себѣ, но молекулы его тверды.

При охлажденіи совершенно чистаго желѣза оно свободно мѣняетъ свое аллотропическое состояніе, переходя черезъ критическую температуру и потому въ холодномъ состояніи всегда получается мягкимъ.

Присутствіе углерода связываетъ до нѣкоторой степени свободу перемѣщенія атомовъ, вслѣдствіе чего при быстромъ охлажденіи, переходя черезъ критическую температуру, не всѣ молекулы успѣваютъ перейти изъ одного аллотропическаго состоянія въ другое. Въ результатѣ получается болѣе твердое желѣзо, т. е. закалъ. Точно такъ же и углеродъ при быстромъ охлажденіи не успѣваетъ перейти въ химическое соединеніе Fe_3C и остается въ томъ

вида, который считается характерным для закаленной стали

Чем больше будет содержание углерода, тем сильнее будет связано внутреннее перемещение атомов и тем сильнее получится закал.

Принимая подобное объяснение, становится ясным, почему иногда возможно при быстром охлаждении получить сталь не закаленную, но содержащую углерод в состоянии характерном для закаленной стали

Рассмотрим напр. сталь, для которой на диаграмме соответствует тонкая стальная линия. Если такую сталь нагреть до температуры 700°, то молекулы ея еще не перейдут из одного аллотропического состояния в другое, а потому, как быстро не охлаждать нагретую до такой температуры сталь, она все таки получится мягкой. Но в тоже время углерод не успеет образовать соединения Fe_3C, так как его критическая температура лежит ниже 700°

Тоже понятно, почему закал не увеличивается за повышением температуры. Раз сталь нагрета немного выше критической температуры — дальнейшее нагревание является, конечно, безполезным.

Для закала важна только скорость охлаждения при переходе через критическую температуру. Чем быстрее происходит это охлаждение, тем меньше молекулы успеют переместить свое внутреннее строение и тем сильнее получится закал.

Резюмируя все вышеизложенное, нужно сказать, что для закала стали необходимо присутствие углерода или другого аналогичного тела, связывающего свободу внутреннего передвижения атомов, так как без этого стали закала не принимает

а съ другой стороны необходимо нагрѣть всякаго вида критическій температуры для того, чтобы оно могло перейти въ твердое аллотропическое состояніе, безъ чего закалка никакъ не возможна.

Эта гипотеза вполнѣ объясняетъ явленіе закалки и отпуска остается только не совсѣмъ ясными явленія отпуска.

Нужно предположить, что закаленный металлъ находится въ неестественномъ состояніи, большинство молекулъ его испытываютъ извѣстныя напряженія и всегда стремятся освободиться отъ него придти въ нормальное состояніе. Вѣроятно вслѣдствіе такого неестественнаго положенія частицъ увеличивается плотность закаленной стали. Какъ извѣстно объемъ ея нѣсколько увеличивается, слѣдовательно удѣльный вѣсъ уменьшается

Всякое повышеніе температуры металла несомнѣнно должно способствовать достиженію подобнаго нормальнаго состоянія и потому, чѣмъ сильнѣе будетъ нагрѣтъ металлъ послѣ закалки, тѣмъ больше молекулъ придутъ въ свое естественное, мягкое состояніе и слѣдовательно, вообразно съ этимъ, сталь будетъ терять свою твердость

Насколько температура можетъ способствовать внутреннему перемѣщенію частицъ, указываетъ слѣдующій интересный опытъ. Всякому кузнецу извѣстно какъ трудно сваривается твердая сталь съ большимъ содержаніемъ углерода, но если сварить-сломанный стальной прутъ смазать внѣшность около излома обвернуть его платиновымъ листомъ, чтобы исключить возможность доступа воздуха и затѣмъ это мѣсто поднѣсти въ пламя бунзеновой горѣлки, то сталь соединится въ одно цѣлое и при этомъ прочность ея будетъ нисколько не меньше цѣлой полосы.

Такимъ образомъ, кромѣ качества самой стали главнымъ фак-

тораіи при закалк, отъ которыхъ зависитъ большая или меньшая твердость, являются-температура нагрѣванія и быстрота охлажденія.

Закаливаніе

Желая достичь хорошихъ результатовъ при закалк нужно имѣть въ виду слѣдующія обстоятельства:

1.. При нагрѣваніи стали не слѣдуетъ нагрѣвать слишкомъ сильно, такъ какъ при высокой температурѣ она перегрѣвается, т.е. теряетъ часть своего углерода и, охлаждаясь пріобрѣтаетъ крупно кристаллическій изломъ, отчего получается очень хрупкой.

Сталь, нагрѣтая до надлежащей температуры, послѣ закала имѣетъ изломъ болѣе мелко зернистый, чѣмъ до закала

Если изломъ послѣ закала кристалличенъ или болѣе крупно зернистъ, чѣмъ изломъ незакаленной стали, то это указываетъ на то, что сталь была перегрѣта

Для каждаго сорта стали существуетъ своя критическая температура. Чѣмъ больше углерода тѣмъ эта температура ни-же и тѣмъ меньше должна нагрѣваться сталь при закалк.

Наиболѣе удобный и простой способъ для опредѣленія критической температуры состоитъ въ слѣдующемъ: берутъ стальной квадратнаго сѣченія брусокъ около 15 м/м въ поперечникѣ и дѣлаютъ на немъ около 10 зарубокъ зубиломъ на разстояніи 10 м/м другъ отъ друга. Затѣмъ брусокъ кладутъ въ горнъ такъ, чтобы жаръ главнымъ образомъ дѣйствовалъ на первое дѣленіе бруска. При этомъ конечно первое дѣленіе нагрѣется наиболѣе сильно, а температура остальныхъ дѣленій будетъ постепенно уменьшаться. Первое дѣленіе нагрѣваютъ до тѣхъ поръ, пока оно не начнетъ горѣть, т.е. пока не появятся искры. Затѣмъ брусокъ вынимаютъ, зали-

стали насколько нагрелось каждое из деталей и погрузить его быстро в воду. Когда брусок охладится, то пробуют каждую деталь подпилком, начиная с наименее нагретых.

Под подпилком сталь сначала оказывается мягкой, потом какая-нибудь из деталей будет очень твердая, вслед за этим твердость начнет убавляться. Температура, до которой сталь была нагрета в этой наиболее твердой детали, и будет нормальной критической температурой.

Конечно, сразу бывает трудно запомнить послезательные оттенки нагрева различных деталей, но после первого нагрева уже будет известно, на какое деление нужно обратить внимание и повторяя опыт обыкновенно легко запомнить надлежащую температуру нагрева.

Нужно сказать, что цветовые эффекты при нагревании стали несколько разнятся при дневном и вечернем освещении. Это нужно иметь в виду, зная какой цвет нормального нагрева, определенный днем, может оказаться другим в темноте.

Вообще калить следует в темном или полутемном помещении, так как при дневном свете очень трудно верно определить степень нагрева и сталь всегда окажется слабее нагретой, чем на самом деле.

Нагревать сталь следует возможно равномерно и возможно быстро. Долгое пребывание стали в высокой температуре (отпускание) делает ее крупно кристаллической и потому хрупкой. От неравномерного нагрева, при быстром охлаждении развиваются столь же неравномерные внутренние напряжения, отчего закаленные изделия коробятся и трескаются.

Самое лучшее топливо для нагрева стали — древесный уголь.

2) При охлаждении. Твердость закала для каждого сорта стали зависит от скорости охлаждения. Чем скорость охлаждения больше, тем закалка сильнее. Сообразно с этим выбирают жидкость для охлаждения. Чем-большей теплопроводностью и теплоемкостью обладает жидкость и чем холоднее она, тем быстрее отнимается теплота от стали и тем сильнее получается закалка. Для очень твердого закала употребляется вода, иногда с различными солями для увеличения теплопроводности. Для более слабого закала употребляется масло.

Нужно помнить, что вода по мере того, как она нагревается и загрязняется, теряет свою способность отнимать теплоту, поэтому для получения однороднаго закала необходимо заботиться о том, чтобы вода постоянно сохраняла свою чистой и одинаковой температуры. Слой масла или сала на поверхности значительно уменьшает охладительную способность воды при закалке и этим иногда пользуются если желают получить закалку более слабый.

Так как даже незначительныя разницы в температуре воды уже оказывают вияние на степень закала, то необходимо размеры сосуда, содержащаго воду сообразовать с размерами закаливающихся вещей, чтобы вода не слишком быстро нагревалась и не приходилось ее часто менять.

Еще более сильный закал получается при охлаждении в проточной воде.

Необходимо закаливаемый предмет погружать в охлаждающую жидкость так, чтобы охлаждение происходило равномерно, иначе получатся неравномерныя внутренния напряжения, а вместе с ними искривленная форма предмета и трещины.

Кромѣ вышеказаннаго при закаливаніи необходимо имѣть въ виду слѣдующее:

Никогда не слѣдуетъ пользоваться ковочнымъ жаромъ для закалки. При ковкѣ кристаллическія частицы оказываются въ болѣе обособленномъ состояніи чѣмъ нормальномъ, вслѣдствіе этого въ нихъ необходимо появляются внутреннія напряженія и потому, если такую деталь подвергнуть прямо закаливанію, то къ этимъ внутреннимъ напряженіямъ прибавятся еще напряженія отъ закаливанія и въ результатѣ почти навѣрно получатся трещины. Вслѣдствіе этого необходимо послѣ ковки стальную вещь снова нагрѣть и дать ей медленно охладиться, т.е. отжечь, а затѣмъ уже нагрѣвать для закаливанія. Этимъ будутъ уничтожены всѣ внутреннія напряженія, проявившіяся при ковкѣ. Вообще отжиганіе стали передъ закалкой полезно производить и въ тѣхъ случаяхъ, когда она и не подвергается ковкѣ.

Передъ закалкой откованную вещь слѣдуетъ очищать отъ окалины, такъ какъ послѣдняя обладаетъ небольшой теплопроводностью и потому можетъ вліять на степень и равномѣрность закала.

Отпусканіе

Если послѣ закала стали желаютъ сообщить упругость и нѣкоторую мягкость, то ее отпускаютъ, т.е. нагрѣваютъ до температуры менѣе низкой, чѣмъ критическая. Чѣмъ болѣе будетъ при этомъ нагрѣта сталь, тѣмъ большую возможность перемѣщенія получатъ ея молекулы и прійдутъ въ свое нормальное состояніе.

Если передъ нагрѣваніемъ поверхность стали будетъ очищена отъ окалины, то на ней будетъ образовываться особый окси-

семъ. Этотъ окисель по мѣрѣ нагрѣванія будетъ измѣнять свой цвѣтъ. Перемѣна цвѣтовъ идетъ въ такой послѣдовательности

Бледно-жёлтый	при	220° C
Соломенный	„	230°
Коричневато жёлтый	„	255°
Появленіе пурпурового	„	265°
Пурпуровый	„	275°
Свѣтло-синій	„	290°
Синій	„	295°
Темно-синій	„	315°
Появленіе зеленоватаго	„	350°

Различныя вещи требуютъ различной степени отпуска и при нихъ нагрѣваніи руководствуются появленіемъ этихъ цвѣтовъ. Какъ только вещь нагрѣта до надлежащаго цвѣта, то ее погружаютъ въ жидкость для закалженія или, что еще лучше, оставляютъ остывать медленно

Иногда нагрѣваніе при отпускѣ производится, помѣщая вещь въ какую нибудь среду, имѣющую жёлаемую температуру напр. расплавленный свинецъ, нагрѣтое масло и др.

Можно одновременно произвести и закаливаніе и отпускъ. Такъ какъ для закала нужно быстро отнять теплоту при переходѣ стали черезъ критическую температуру, то, погружая, напр., раскаленную сталь въ расплавленный свинецъ, мы произведемъ такое быстрое охлажденіе, такъ какъ точка плавленія свинца значительно ниже критической температуры стали и онъ обладаетъ достаточной теплоемкостью и теплопроводностью, слѣдовательно получимъ закалъ но вмѣстѣ съ тѣмъ закаленная сталь, оставаясь въ горячемъ свинцѣ, будетъ имѣть возможно-

ность принять до нѣкоторой степени свое естественное сѣченіе, т. е. получить отпускъ.

Нѣкоторыя особенности при термической обработкѣ стали.

Если сталь нагрѣть значительно выше критической температуры, но при медленномъ охлажденіи она непремѣнно пріймет крупно кристаллическое строеніе. Кристаллизація будетъ тѣмъ сильнее, чѣмъ большее содержаніе углерода. Въ такомъ видѣ сталь очень хрупка и не годится для практическаго примѣненія, поэтому сталь нагрѣвать до высокой температуры не слѣдуетъ.

Если кристаллизовавшуюся сталь нагрѣть до краска и проковать, то кристаллическость ея можетъ быть уничтожена.

Столь же благотворное вліяніе въ смыслѣ уничтоженія кристаллическаго строенія оказываетъ закалка стали въ маслѣ.

Если небольшія стальныя издѣлія, нагрѣтыя до краски погружаются въ масло, то они принимаютъ просто закалъ какъ и при погруженіи въ воду, только болѣе слабый. Но если въ масло погружается большая масса нагрѣтой стали, то эффектъ получается совсѣмъ иной. Въ этомъ случаѣ закалъ происходитъ только на поверхности, распространяясь на небольшую глубину. Остальная масса остываетъ болѣе быстро, чѣмъ обыкновенно, но закала не принимаетъ. Вѣроятно вслѣдствіе болѣе быстраго охлажденія, а также и давленія, производимаго сокращающимся внѣшнимъ слоемъ, кристаллизаціи стали не происходитъ. Увеличеніе крѣпости при такомъ процессѣ замѣчается небольшое, вязкость же значительно увеличивается. Подобное закаливаніе въ маслѣ имѣетъ большое примѣненіе при изготовленіи пушекъ. На заводѣ Saint-Chamond на Луарѣ резервуаръ для закаливанія

имѣетъ 72 фута глубины и содержитъ около 16500 ведеръ. Для поддержанія равномѣрной температуры масло перемѣшивается центробѣжными насосами.

Отпускаемъ стали, нагрѣвая ее не выше критической температуры, кристаллизація такимъ образомъ уничтожается. Но для большихъ отдѣльныхъ массъ, при указанномъ выше закалѣ въ маслѣ, все-таки упругое сопротивленіе получается большое.

Классификація стали

Такъ какъ свойства стали весьма разнятся, то въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ нужно выбирать извѣстный сортъ стали, наиболѣе соотвѣтствующій тѣмъ требованіямъ, которыя ставятся по отношенію къ крѣпости, твердости, способности закала и упругости.

Такъ какъ всѣ эти свойства зависятъ главнымъ образомъ отъ содержанія въ сталяхъ углерода, то на основаніи этого и можно разбить ее на нѣсколько сортовъ, годныхъ для разныхъ назначеній

Для кораблестроенія употребляютъ сталь съ содержаніемъ углерода отъ 0,15% до 0,2%

Въ инженерномъ искусствѣ какъ напр. при постройкѣ извѣстнаго Фортскаго моста, для растягивающихся частей употреблялась сталь съ содержаніемъ 0,19%. (Сталь для частей сжимающихся содержала 0,23% углерода и 0,69 марганца.

Сталь для изготовленія пружинъ содержитъ обыкновенно около 0,3%C

Рельсы приготовляются изъ стали съ содержаніемъ отъ 0,3% до 0,4%C

Артиллерійскія орудія выдѣлываются изъ стали съ содержаніемъ углерода отъ 0,3% до 0,5%

Панцырныя плиты для броненосныхъ судовъ прокатываются въ

стали съ содержаніемъ углерода отъ 0,7% до 0,8%.

Артиллерійскіе снаряды отливаютъ изъ стали съ содержаніемъ углерода отъ 0,8% до 0,94% и иногда къ этому добавляется отъ 0,94% до 2% хрома

Смотри также таблицу на стр. 62

Съ наибольшимъ содержаніемъ углерода до 1,2% приготовляется инструментальная сталь.

Въ виду особой важности этого матеріала для обработки металловъ скажу объ немъ нѣсколько подробнѣе

При выборѣ инструментальной стали нужно помнить, что для каждаго инструмента долженъ употребляться извѣстный сортъ стали и каждому сорту стали соотвѣтствуетъ извѣстная нормальная степень твердости

Многіе весьма ошибочно полагаютъ, что чѣмъ сталь тверже, тѣмъ она лучше и сразу удачи сталь пріобрѣтена, то стараются сообщить ей возможно твердый закалъ нагрѣвая ее до опасныхъ предѣловъ температуръ и быстро охлаждая. Конечно въ такихъ случаяхъ всегда въ результатѣ получается никуда негодный инструментъ, но виновата здѣсь не сталь, а неумѣлое обращеніе съ нею. Твердую сталь можно употреблять только для мелкихъ инструментовъ съ тонкими частями, чѣмъ инструментъ крупнѣе тѣмъ мягче должна быть сталь

При употребленіи твердой стали для крупныхъ инструментовъ, тонкія выдающіяся ребра послѣ закала получаются съ трещинами и очень хрупкія

Очень часто случается, что инструментъ быстро тупится, или онъ притупливается и зимнею мягкостью и его стараются снова закалить. На самомъ дѣлѣ, какъ это въ большинствѣ случаевъ и бы-

вать, может оказаться совсем хорошее. Режущее ребро вследствие большой хрупкости крошится, отдельные кусочки столь мелки, что кажется как будто грань сглажена. Конечно при этой стадии сильно закалить только ухудшает дело. Обыкновенно в таких случаях лучше или более отпустить закалку или же, если этого будет недостаточно, взять сталь несколько мягче.

Многие считают за достоинство стали ее блестящую поверхность. Это совершенно несправедливо, так как подобный вид поверхности достигается холодной обработкой и потому материал получается с большими внутренними напряжениями; если такую сталь предварительно не отжечь, то приготовленный из нее инструмент будет очень хрупок.

Не следует также при выборе полагаться на вид излома, так как он для одного и того же сорта стали получается весьма различным в зависимости от обработки.

Самое рациональное при покупке инструментальной стали указать заводу, изготовляющему ее, для чего сталь требуется, предоставить ему самому выбрать наиболее подходящий сорт. Для избежания недоразумений от завода нужно потребовать и указания, как обращаться с этой сталью.

Для большей ясности какого рода стали употребляются для различных инструментов приведу классификацию стали С-Петербургского Путиловского завода:

Завод приготовляет инструментальную сталь из самых чистых Шведских Французских и русских материалов.

Заводом приняты три типа инструментальной стали:

1) Углеродистая. 2) Хромистая 3) Вольфрамовая

Углеродистая сталь

Углеродистой сталью заводъ изготовляетъ 8 номеровъ, при чемъ номенклатура принята такая, что каждый номеръ выражаетъ содержаніе углерода въ десятыхъ доляхъ процента. Напримѣръ: сталь съ клеймомъ №5 содержитъ 0,5 углерода; съ клеймомъ №12 содержитъ 1,2

№№ 12 и 11 Сталь очень твердая

Ковать осторожно при темнокрасномъ до темно вишневаго нагрева

Калить при темно-красномъ въ водѣ 18°-20° Цельсія или въ масло, если инструментъ закаливается цѣликомъ.

Для токарныхъ, сверлильныхъ, строгальныхъ и долбежныхъ рѣзцовъ мелкихъ и среднихъ развертокъ; для развертокъ сверлъ и т.д. вообще для инструментовъ работающихъ безъ толчковъ и ударовъ

№ 11 также годится для малыхъ развертокъ метчиковъ, фрезеровъ и пуансоновъ; для горячихъ зубилъ и буровой при работахъ въ твердой породѣ.

№№ 10 и 9 сталь твердая

Ковать при темно вишневомъ, до вишневаго нагрева. Калить въ водѣ 18-20° Цельсія при вишневомъ, если закаливается одно остріе; при темнокрасномъ, если закаливается весь инструментъ

Для рѣзцовъ большихъ развертокъ; для фрезеровъ, метчиковъ, сверлъ, пуансоновъ, плашекъ, калибромъ, горячихъ зубилъ, мельничныхъ ножей; для ледвій малыхъ ножницъ, инструментовъ употребляемыхъ въ механическихъ мастерскихъ.

№№ 8 и 7 сталь средней твердости

(сваривается при умѣломъ обращеніи)

Ковать при свѣтло вишневомъ до свѣтло-краснаго нагрева. Калить въ водѣ 15°-20°С при свѣтло-вишневомъ

Для инструментовъ подвергающихся ударамъ и толчкамъ. Для фре-

зеровъ, метчиковъ, плашекъ; для рѣзаковъ къ средней и большой величинѣ подкладывать; для матрицъ, пуансоновъ, слесарныхъ зубилъ, крейцмейселей, дыропробивательныхъ пятемчелей; для кузнечныхъ зубилъ по горячему металлу; для спиральныхъ сверлъ, большихъ калибровъ, для клеймъ, для разсучниковъ инструментовъ при обработкѣ сѣрого чугуна, дерева, кожи и латуни; для монетныхъ пятемчелей, малыхъ прудсинъ, центровъ, деревообрабатывающихъ инструментовъ, пилъ для рѣзки металловъ, полировальныхъ молотковъ, обдѣлокъ, боёвокъ; пробойниковъ, штампъ, кабельныхъ клинковъ, рапиръ, клинковъ столовыхъ ножей; для инструментовъ при выдолки гвоздей, шуруповъ и болтовъ и т.д.

№№ 6, 5 сталь мягкая, очень стойкая

(сваривается очень легко)

Ковать и калить при свѣтло-красномъ накалѣ въ водѣ 15–18°C

Для молотковъ, кувалдъ, горновъ буравовъ при очень мягкой породѣ; для деревообрабатывающихъ инструментовъ; для большихъ рѣзаковъ, штампъ, пуансоновъ, матрицъ, звонковокъ; для цанфъ, подшипниковъ, ножей, клинковъ, буравовъ, для хирургическихъ инструментовъ; для инструментовъ при выдолки шуруповъ, болтовъ и гвоздей; для отрезокъ пробойниковъ, секаковъ; для большихъ кузнечныхъ и клепальныхъ молотковъ, для бородковъ, обдѣлокъ, вабицъ для всѣхъ кузнечныхъ, котельныхъ и столярныхъ инструментовъ; для клеоперовъ, кайлъ и киркъ; для ситцепечатныхъ фабрикъ; для крусаковъ, для наставленія другихъ инструментовъ и большихъ поверхностей и т. д.

Хромистая сталь

Хромистой сталью завладѣваютъ при очень большой твердости.

Хромъ ея. Назначается исключительно для инструментовъ, работающихъ безъ сильныхъ ударовъ и толчковъ, напримѣръ: для токарныхъ

сварившаяся и спрессовавшаяся концы при обработке закаленных бронепробивающихся снарядов, закаленного чугуна, закалившейся от трения вагонных колес; для обточки бумажных валков писчебумажных фабрик; для сверл при твердых металлах и крепких горных породах, и т. д.

Ковать следует при вишневом жаре. Когда инструмент откован, вторично нагреть до вишневого цвета на довольно значительную длину и положить на совершенно сухое место (или еще лучше зарыть в сухой мусор или песок) дать ему совсем остыть. Если только остывание приступают к закалке, для этого нагревают не самый конец резца, а кладут его в горн таким образом, чтобы часть резца, длиной на два дюйма от острия лезвия в самый жар. Жар постепенно сообщится и самому острию. Когда это последнее примет равномерный вишневый цвет, немедленно погружают только конец длиной на полтора на два — в чистую воду комнатной температуры, т. е. около 20° С и двигают вверх и вниз приблизительно на 1/4 дюйма, чтобы не получать резкой границы между закалившимся и незакалившимся сталью. Через некоторое время, когда резец уже совсем потемнеет, его снова вынуть и держать в вертикальном положении другой плоский сосуд, в который налито воды приблизительно на 1/2 дюйма. Здесь он нагревается до окончательного и полного закаливания. Отпускать не надо, или, если из предосторожности отпуск желательно, то отпускают до желтовато-соломенного цвета.

Сверло В. Это самый превосходно годящийся почти для всех инструментов обыкновенно употребляемых в механических и слесарных мастерских; перечислять все эти инструменты нет возможности. Она вполне заменяет вышеприведенную углеродистую сталь от

№7 до №12 включительно. Ковать можно при светло красном жаре — ковать и калить при светло-вишневом. Надлежащим выбором нужного оттука, отковываемому изъ этой стали и закаливаемому инструменту очень легко придать соотвѣтствующую данному инструменту наилучшую степень твердости.

Хромъ С. Сталь эта замѣчательна, какъ по своей мягкости въ незакаленномъ видѣ, такъ и по своей громадной вязкости и силѣ костей, оставляя въ этомъ отношеніи далеко за собою углеродистую сталь отъ №5 до №8. Въ тоже время, не смотря на свою мягкость она принимаетъ великолѣпную закалку. Эта марка специально назначается для инструментовъ, подвергающихся сильнымъ ударамъ и толчкамъ или производящихъ тяжкіе. Она превосходно стоитъ на кузнечныхъ и слесарныхъ зубилахъ, діаропробивательныхъ пятипятерныхъ; большихъ пуансоновъ, бойкахъ и т. п. Она вообще незамѣнима для всѣхъ кузнечныхъ, котельныхъ, гвоздарныхъ, деревообрабатывающихся и т. п. инструментовъ.

Хотя хромистая сталь нѣсколько дороже обыкновенной, углеродистой, но эта дороговизна съ избыткомъ окупается тѣмъ, что инструменты изъ этой стали служатъ вдвое и вчетверо дольше. Она не требуетъ особенной осторожности при нагрѣвѣ, ковкѣ и калкѣ, только марка „хромъ А“ отличается нѣсколько въ этомъ отношеніи; но это специальная сталь, для такого рода специальныхъ работъ, которыя слѣдуетъ только въ дѣйствительно хорошихъ мастерскихъ и нѣкоторыхъ большихъ заводахъ. Хромистая сталь переноситъ нѣсколько болѣе сильный нагрѣвъ при ковкѣ и калкѣ, чѣмъ углеродистая сталь всѣ твердости. Отдѣлкою ей можно придать мягкость и вязкость дѣйствія; закалкою же и соотвѣтственнымъ оттуканіемъ почти любую твердость. Къ сожалѣнію хромистая сталь не свариваетъ, или во всякомъ

случаях, сварка крайне ненадежна.

Вольфрамовая сталь (Mushet)

Вольфрамовой стали завод также готовит три степени твердости Вольфрам А - благодаря своему большому содержанию углерода, вольфрама и марганца, не требует вовсе закалки, да и очень плохо переносит ее; поковую, но эта сталь обладает другими очень ценными свойствами: не будучи закалена, резец из этой стали не боится от-пуска от нагревания при работе, вследствие чего станку можно придать вторую большую скорость и снимать очень толстую стружку. Сталь эта предназначается исключительно для инструментов самой простой формы и применение ее ограничивается почти исключительно плоскими и строгальными резцами при обработке серого чугуна, эбенита, незакаленной стали, меди и латуни.

Резцу не следует придавать очень острого угла, а придерживаться углов близких к 90°, самое лучшее взять квадратный или плоский кусок стали надлежащей толщины и выточить лезвие на точильном камне или наждачном круге. Если от длинной полосы требуется отрубить кусок, то этого ОТНЮДЬ не следует делать без подогрева этой стали, как безнаказанно поступают с обыкновенною сталью. Вольфрамовая сталь без указанной предосторожности большею частию растрескивается и неправильно ломается; нужно нагреть полосу в окислительном месте на раскаленном угольном горне без дутья, как можно медленнее и равномернее. Когда требуемое место накалится до темно-красного цвета, можно пускать дутье, однако очень слабое; тогда будем обрабатывать полосу постепенно нагревают до светло красного и затем уже отрубают требуемой длины кусок. Для ковки отрубленный кусок опять кладется в горн и медленно доводится до светло красного цвета не только самый

конец, но и дюйма 3 длиной, затылок куется быстрыми довольно легкими ударами. Как только сталь потемнеет до вишневого цвета ее снова подогревают до светло-красного (ковки при слабом нагреве, или, так называемой „накалки" вольфрамовая сталь безусловно не переносит). Ковка должна быть по возможности равномерная во всех сторонах во избежание трещин; если пальцы по неосторожности кузнеца обгорели, то следует немедленно отрубить конец и снова отковать острие. Когда резец окончательно откован, его опять медленно нагревают до светло-вишневого цвета и кладут на сравнительно сухое место (на ребро если резец плоский) для полного остывания. Затем остается только его отточить на точильном камне. Если во время ковки сталь разлетается или трескается, то это происходит оттого, что жар был слишком силен и сталь слишком быстро нагревалась, или же что сталь была нагрета недостаточно и ее ковали слишком холодную. Тогда отрубают негодную часть и снова начинают ковку. Вольфрамовая сталь боится присутствия серы в горючем материале, поэтому где возможно, употребляют древесный уголь; если же древесного угля нет, то во всяком случае следует пользоваться каменным углем, содержащим по возможности меньше серы.

Вольфрам В. ковать при светло-вишневом, калить при вишневой накалке в чистой воде 20° С по мере в воде, в которой разболтана небольшая известь.

Сталь эта главным образом назначается на резцы для обработки очень твердых предметов, как выше приведенная сталь „Хром А" и для магнитов.

При умелой обработке из нее получаются также прекрасные и другие механические инструменты, но правильно обращаться

ней довольно трудно и лучше взять для этого цветей №10 или „хромъ В"
Вольфрамъ С. Ковать при свѣтло-вишневой, калить при
вишневомъ накаливъ въ чистой или известковой водѣ.

Сталь назначается для большинства типовъ инструментовъ, какъ и углеродистая №10 и отличается „хромъ В"; кромѣ того она очень хороша для магнитовъ.

Дѣйствіе на сталь кислотъ

Если на сталь капнуть хотя слабымъ растворомъ серной или соляной кислоты, то въ этомъ мѣстѣ она почернѣетъ. Происходитъ это отъ растворенія желѣза и отложенія тонкаго слоя углерода Чѣмъ больше содержаніе углерода, тѣмъ сильнѣе будетъ дѣйствіе кислоты

Этимъ свойствомъ сталей пользуются для приготовленія такъ называемыхъ Дамасскихъ клинковъ, стволовъ и др., которые представляютъ полосатую поверхность. Это достигается тѣмъ, что свариваются вмѣстѣ сталь и желѣзныя полоски, затѣмъ все протравливается кислотой, при чемъ сталь чернѣетъ, а желѣзо остается свѣтлымъ

Порча желѣза и стали отъ ржавчины.

Рядъ опытовъ произведенныхъ надъ желѣзомъ и сталью, помѣщая ихъ въ различныя окисляющія среды и держа ихъ тамъ въ теченіе 4 мѣсяцевъ дали слѣдующіе результаты:

Въ сухомъ кислородѣ окисленія нѣтъ.

Въ сыромъ кислородѣ — изъ 3-хъ образцовъ только одинъ слегка окислился

Въ сухой углекислотѣ — окисленія нѣтъ.

Въ сырой углекислотѣ — появленіе слабаго налета на желѣзѣ

Въ сухомъ кислородѣ и угольной кислотѣ — окисленія нѣтъ

Въ сыромъ кислородѣ и углекислотѣ — окисленіе очень быстрое

Въ сухомъ и сухомъ кислородъ и аммоніи — окисленія нѣтъ

Изъ этого можно заключить, что главными условіями для окисленія является совмѣстное присутствіе кислорода и углекислоты. Сталь окисляется значительно слабѣе железа

Кромѣ того железо можетъ окисляться подъ дѣйствіемъ щавелевой и древесной кислотъ, очень часто находящихся въ продуктахъ горѣнія

Если въ дистиллированную воду помѣстить пластинку чистаго железа, то она черезъ нѣсколько дней покроется въ нѣкоторыхъ мѣстахъ ржавчиной. Въ этихъ мѣстахъ навѣрно находятся посторонніе примѣси въ железѣ, которыя дѣйствуютъ какъ гальваническая пара, возбуждая электрическій токъ.

Скорость окисленія весьма различна и трудно дать указаніе насколько можетъ испортиться железо отъ ржавчины въ извѣстный срокъ. Нѣкоторыя части, какъ напр. листы морскихъ судовъ уменьшаются отъ ржавчины въ среднемъ на 0,06 дм. въ теченіе года, съ другой стороны дымовыя трубы и крыши напр. газовыхъ заводовъ иногда совершенно уничтожаются въ теченіе двухъ трехъ лѣтъ.

Тьюэтъ (Tiwaite) даетъ слѣдующую формулу, выражающую вѣроятную долговѣчность (въ годахъ) железа, подвергающагося ржавчинѣ. Желѣзо предполагается одинаковой толщины, такъ какъ тонкія части подвергаются разрушенію быстрѣе.

$$T = \frac{W}{C}$$

Здѣсь W - вѣсъ одного квадр. фута металла въ англ. фунтахъ, а C извлекается для различныхъ случаевъ

Величина C

Матеріалы	морская вода		пресная вода		Нечистый воздухъ
	грязная	чистая	грязная	чистая	
Чугунъ	0,0656	0,0635	0,0381	0,0113	0,0476
Желѣзо	0,1956	0,1255	0,1440	0,0123	0,1254
Сталь	0,1944	0,0970	0,1133	0,0125	0,1252

Если слѣдить за тѣмъ, чтобы металлъ былъ хорошо окрашенъ, то долговѣчность можетъ быть удвоена.

Предохраненіе желѣза и стали отъ ржавчины.

Самымъ простымъ средствомъ отъ ржавчины можетъ служить окраска, которую конечно нужно время отъ времени возобновлять.

Для окраски употребляются масляныя краски, уголь, смола, асфальтъ и минеральныя масла послѣдній хорошъ тѣмъ, что не содержатъ кислорода и не поглощаютъ его.

Иногда употребляя также растительные и животные жиры, которые годятся только въ томъ случаѣ, если не содержатъ кислоты.

При употребленіи жировъ и маслъ хорошо нагревать металлъ до 150° — 177°С, при этомъ открываются поры и окраска проникаетъ во внутрь.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ напр. въ паровыхъ котлахъ, погруженіе въ окисляющую жидкость цинка замедляетъ окисленіе, вслѣдствіе проявленія гальваническаго тока. Въ паровыхъ котлахъ для предупрежденія окисленія желѣза полезно также оставлять тонкій слой накипи (0,5 — 1 м/м) На морскихъ пароходахъ для предупрежденія ржавчины въ паровой котелъ кладутъ соду, такъ чтобы на каждую тонну содержащагося въ немъ металла приходилось приблизительно 0,5 кил. соды.

Цинкъ также употребляется для покрытія желѣза тонкимъ слоемъ (гальванизированное или оцинкованное желѣзо) и въ такомъ видѣ представляетъ прекрасное предохранительное средство отъ ржавчины.

Сравнительныя достоинства чугуна, стали сварочнаго и литого желѣза

Чугунъ вслѣдствіе своей фарфоровидной структуры имѣетъ преимущество во всѣхъ

тихъ случаяхъ, гдѣ цѣнность весь не составляетъ недостатка, слѣдо-вательно гдѣ недостаточная его крѣпость и вязкость могутъ компенсироваться массой материала.

Сварочное и литое железо являются материалами болѣе цѣнными. Изъ нихъ литое железо, вслѣдствіе самыхъ условій его выработки представляетъ изъ себя продуктъ во всѣхъ отношеніяхъ превосходящій сварочное железо.

Къ литому железу многіе относятся съ недовѣріемъ, и считаютъ его менѣе надежнымъ матеріаломъ чѣмъ сварочное желѣзо — но подобное мнѣніе несправедливо. Выработка литого желѣза — или, какъ его иногда называютъ мягкой литой стали, начала сравнительно недавно (около 35 лѣтъ). Сначала оно дѣйствительно получалось не особенно хорошаго качества, отъ чего многіе и нерѣдко обращались; не зная того факта, что особая обработка и еще болѣе обработка при низкомъ нагрѣвѣ край не вредно отзывается на качествахъ литого желѣза, давая его крупкимъ и понижая вязкое сопротивленіе. Въ тѣхъ же температурахъ, какъ котельное, послѣ пробивки отверстій, гнутья тиръ и пр. не принимали никакихъ мѣръ для уничтоженія этого вреднаго направленія, которое неизбѣжно должно было проявиться при этомъ. Конечно построенные при такихъ условіяхъ котлы очень часто давали трещины, отчего и литое желѣзо стали считать непригоднымъ для этой цѣли.

Въ настоящее время всѣ эти особенности при обработкѣ литого желѣза хорошо извѣстны и его превосходство передъ сварочнымъ осно-вательно считать вполнѣ установленнымъ фактомъ. Конечно существуютъ и теперь очень плохіе сорта литого желѣза но задача техника и состоитъ въ томъ, чтобы не допустить къ упо-

требуемаго подобнаго матеріала и въ каждомъ данномъ случаѣ судить выбрать наиболѣе подходящій сортъ

Хорошіе сорта литого чугуна представляютъ матеріалъ, по сравненію съ сварочнымъ чугуномъ, болѣе однородный, имѣющій отъ 30% до 50% большій коэффиціентъ крѣпости, большую вязкость и большую способность сопротивляться ударному дѣйствію[1]). Кромѣ того листы, полосы и другіе сорта литого чугуна могутъ приготовляться гораздо большихъ размѣровъ чѣмъ изъ сварочнаго, что представляетъ большое удобство какъ въ машиностроеніи, такъ и въ инженерномъ искусствѣ, позволяя уменьшать число соединительныхъ частей.

Примѣненіе этого матеріала для кораблестроенія дало возможность на столько уменьшить вѣсъ судовъ, что они при томъ же объемѣ могутъ брать груза на 25% больше, чѣмъ сдѣланные изъ сварочнаго чугуна.

Настолько же легче получаются и мостовыя сооруженія

Сталь, которая вообще дороже чугуна, но выгодѣе съ тѣмъ чтобъ бо̀льшій предѣлъ упругости, а слѣдовательно и большее упругое сопротивленіе, является матеріаломъ лучшимъ въ такихъ случаяхъ когда выдѣлываемая изъ него часть долженъ испытывать перемѣнное или ударное дѣйствіе нагрузокъ. Поэтому для всѣхъ движущихся частей машинъ сталь имѣетъ большое преимущество передъ чугуномъ

Въ такихъ случаяхъ, гдѣ главнымъ условіемъ является не крѣпость а сохраненіе первоначальной формы наилучшимъ матеріаломъ будетъ твердая сталь.

[1]) См. Статью В. А. Малышева. Объ испытаніяхъ сталей произведенныхъ Адамсономъ. Извѣстія Политехническаго общества 1879 и 1880

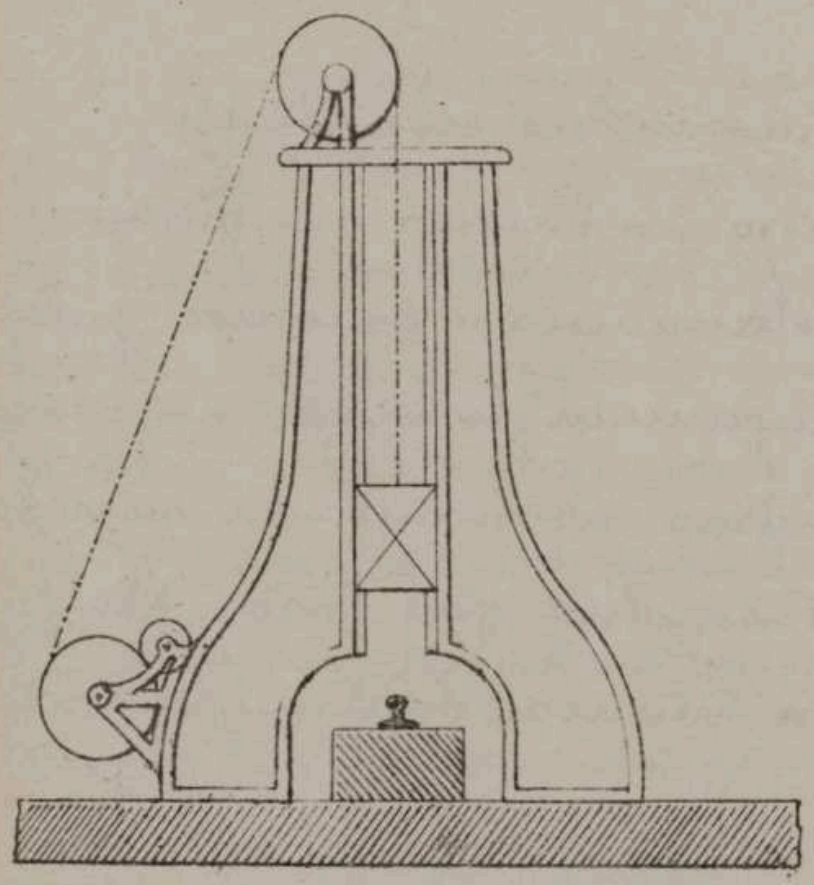
Стали не пригодна тамъ, гдѣ появленіе заусенца можетъ быть опасно-нымъ; напр. въ паровыхъ котлахъ. Для такихъ работъ должно употребляться желѣзо.

Способы опредѣленія доброкачественности желѣза и стали.

При пріемкѣ матеріала необходимо убѣдиться въ томъ, что онъ обладаетъ тѣми качествами, которыя отъ него требуются для даннаго назначенія. Сообразно съ этимъ матеріалъ подвергается различнымъ пробамъ.

Если матеріалъ должевъ испытывать удары, то при пробѣ онъ подвергается ударному дѣйствію. Въ такихъ случаяхъ образецъ обыкновенно располагается на 2 опорахъ и на него заставляютъ падать извѣстный грузъ (фиг. 33). Сообразуясь съ высотой

фиг. 33.



паданія и числомъ ударовъ судятъ о прочности матеріала.

Желая убѣдиться въ вязкости металла его изгибаютъ на различные углы; вгоняютъ въ отверстія коническія пробойники, раздвая металлъ и наблюдая при этомъ насколько претерпѣваетъ металлъ, судятъ о его вязкости. Крѣпость металла опредѣляется подвергая его растяженію на разрывныхъ машинахъ. Наблюдая при этомъ удлиненіе можно также опредѣлить и вязкость металла.

Если матеріалъ долженъ обладать извѣстными качества-

ми въ напряженномъ состояніи, что его нужно испытать и въ этомъ отношеніи, т. е. посмотреть не краснолом ли онъ? обладаетъ ли онъ способностью свариваться? не принимаетъ ли при быстромъ охлажденіи закала и т. д.?

Въ сварочномъ шве: всегда полезно убѣдиться въ томъ, что внутри его нѣтъ пленокъ и что оно все хорошо проварено. Для этого швы-ные листы постукиваютъ молоткомъ; при существованіи пленокъ слышится дребезжащій звукъ. Или беря швы-ные полоски, надрубаютъ ихъ до извѣстной глубины и потомъ сгибаютъ, тогда при дурной проваркѣ шва-го будетъ разслаиваться

Для испытанія заклепочнаго шва-га лучше всего заклепать нѣ-сколько заклепокъ и потомъ разрубить ихъ посмотрѣть какое строе-ніе принято шва-го. Въ изломѣ оно должно быть мелковистое

Производя подобныя испытанія нужно помнить, что существуютъ нѣкоторыя обстоятельства, которыя если не имѣть ихъ въ виду, мо-гутъ повести къ весьма ложнымъ результатамъ

Такъ напр. нужно непремѣнно часть образцовъ отжигать и срав-нивать результаты съ неотожженными. Нѣкоторые сорта шва-го прокатанные въ холодномъ состояніи могутъ показывать искус-ственно повышенные предѣлъ упругости и коэф. крѣпости, которые потомъ совершенно измѣнятся, если металлъ при обработкѣ будетъ подвергаться нагрѣванію.

Проба цѣлаго шва-га только на изгибъ не даетъ надежныхъ результатовъ, такъ какъ во многихъ случаяхъ образцы которые въ холодномъ состояніи были изогнуты 180° безъ трещинъ при испы-таніи на растяженіе оказались хрупкими и съ кристалличес-кимъ строеніемъ.

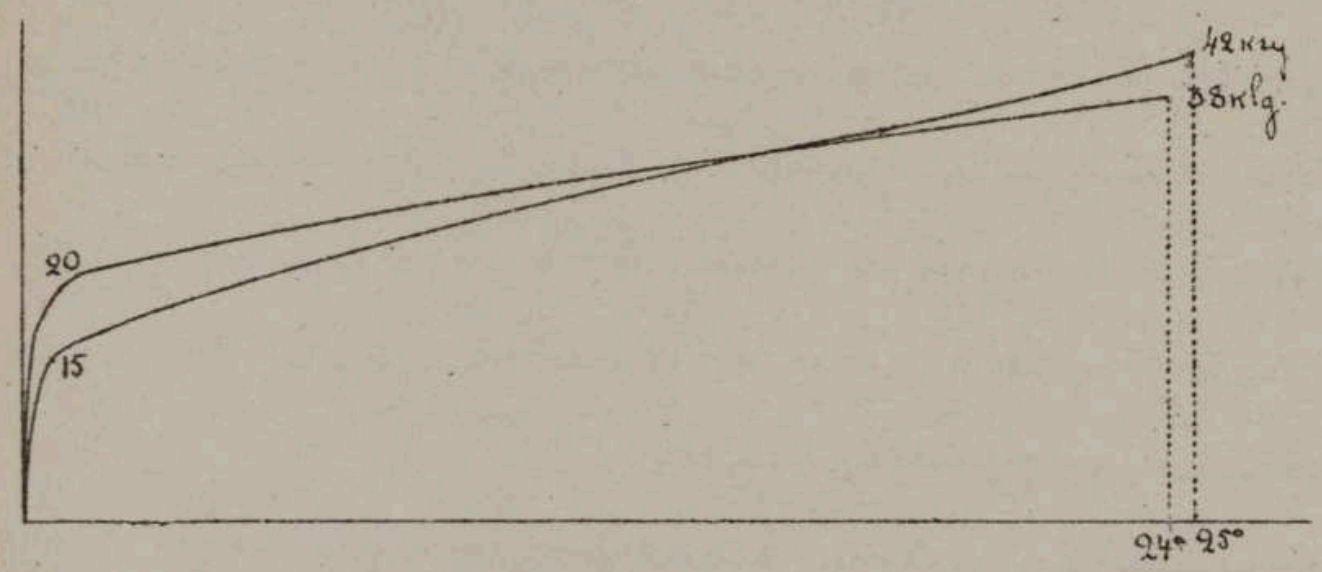
При испытаніи на разрывныхъ машинахъ не достаточно для

сравнения качества двухъ матеріаловъ имѣть только-что коэффиціенты крѣпости и удлиненія; - необходимо имѣть также по крайней мѣрѣ предѣлы упругости, а еще лучше если имѣются всѣ величины для вычисленія полнаго сопротивленія или діаграммы растяженія. Дѣйствительно, если будутъ даны два матеріала у одного коэффиціентъ крѣпости 42 и удлин. 25%, у другаго .....

„ „ 38 ..... 24%

то конечно всякій скажетъ, что первый матеріалъ лучше, но если къ этому прибавить, что предѣлъ упругости перваго 15, а второго 20, то уже явится сомнѣніе, какой изъ этихъ двухъ матеріаловъ лучше. Разсмотрѣніе всѣ діаграммъ (фиг. 34) разрыва двухъ образцовъ окончательно убѣждаетъ, что вторый образецъ гораздо лучше, ибо хотя онъ и обладаетъ коэф. крѣпости нѣсколько меньшимъ, но за то какъ его упругое, такъ и полное давленіе сопротивленій гораздо больше.

фиг. 34



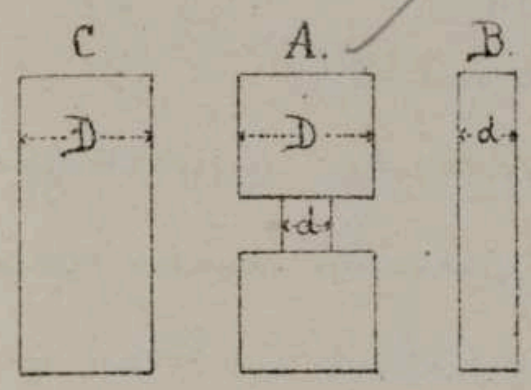
При испытаніи на разрывныхъ машинахъ могутъ получиться различные результаты въ зависимости отъ того какой формы, какихъ размѣровъ употребляются образцы и какимъ образомъ производится опредѣленіе относительнаго удлиненія

Вліяніе испытуемаго образца на коэфф. крѣп.

Зависимость коэффиціента крѣпости отъ формы образца впервые ясно подтвердилъ многочисленными опытами Кер-

камеди[1]. Изъ испытанныхъ образцовъ прессъ родовъ A, B и C (фиг. 35)

фиг 35



Образецъ C представляетъ толстый цилиндръ. Образецъ A - тотъ же цилиндръ съ узкой тонкой діаметра d, образецъ B тонкій цилиндръ діаметра d.

Слѣдующая таблица содержитъ результаты его опытовъ

Названіе сортовъ фасонъ- за и заводовъ		Діаметръ образца въ миллиметр.	Площадь сѣченія въ □ м.м.	Разрушающее усиліе въ kilg. на □ милл.	Напряженіе въ kilg. на □ милл.	Разность напряженій въ %	Сжатіе поперек. сѣч. въ %
Govan кован. полоса	A	17,8	249	17249	69	38%	13%
" " "	B	17,8	249	12533	50		36
" " "	C	25,4	507	25601	50		40
Lowmoor полос. сам. мѣрѳ.	A	18,5	269	17427	64	30%	8.
" " " "	B	18,5	269	13435	49		49
" " " "	C	25,4	507	23236	45		51
Bowling полос. сам. мѣрѳ.	A	18,5	269	12711	47	20%	27
" " " "	B	18,3	263	10359	39		55
" " " "	C	25,4	507	20923	40		56
Bradley B B	A	17,8	249	13753	54	25	19
" "	B	17,8	249	10893	43		51
" "	C	25,4	507	21240	41		52
Port-Dandas Ex B. Best	A	18,0	254	10393	42	23	8
" "	B	17,8	249	8579	34		11
" "	C	25,7	502	18899	31		10

[1] Kirkaldy. Experiments on Wrough Iron and Steel amp 172

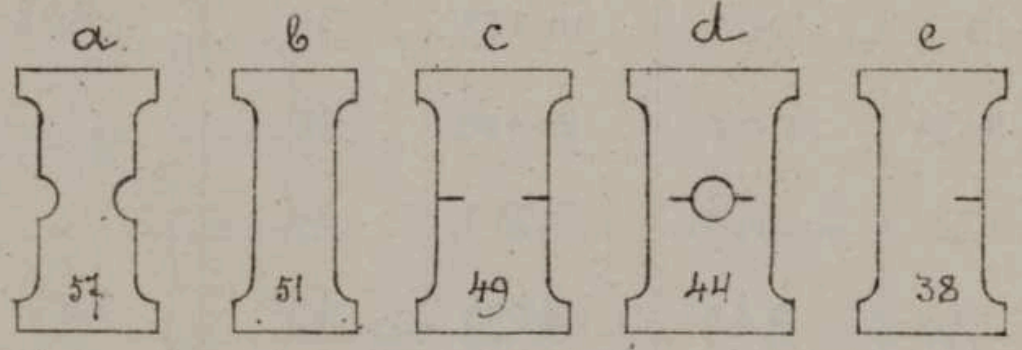
Из этой таблицы видно, что образцы с узкими прорезами дают во всех случаях коэффициенты крепости гораздо большие для одного и того же материала. Разница достигает до 38%

Это объясняется во первых тем, что при разрыве цилиндрического образца он рвется в наиболее слабой части, так как крепость материала не бывает совершенно одинаковой по всей длине. Образец же с прорезкой рвется именно в месте прорезки, следовательно вообще, не в самом слабом месте.

Во вторых главным образом оттого, что подобная форма образца не позволяет сдвинаться поперечному сечению, как это ясно видно из последнего столбца, так что площадь разрыва у образца с прорезкой гораздо больше, чем у цилиндрического, поэтому и крепость его больше. Если же определять коэффициенты крепости относя разрывающую силу к площади разрыва, то во всех трех случаях A. B. C они получаются приблизительно одинаковыми.

Бекер производил опыты с образцами приготовленными из листовой стали и имеющими форму показанную на черт. 36.

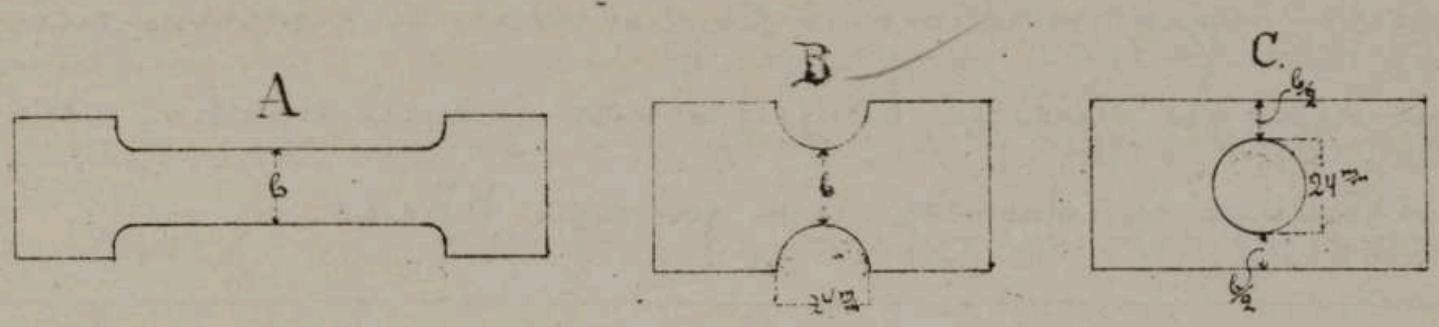
фиг. 36



Образцы c, d, e были надпилены тонкой пилой на глубину почти до сварного шва и в таком состоянии прорезы закрыты, так что их не было заметно простым глазом. Выставленные на них цифры показывают соответственные коэффициенты крепости. Из сравнения этих образцов видно насколько влияет форма образца при определении коэффициента крепости.

то же самое намѣнъ и Штромейеръ") Испытуемые образцы, вырезанные изъ одного и того же листа, имѣли форму, показанную на черт. № 37

фиг. 37.

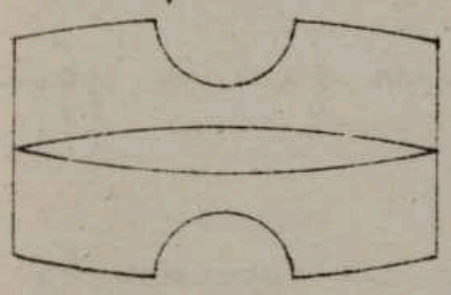


Изъ приведенной таблицы удачи результаты его опытовъ

Форма	Ширина м м	Толщина м м	отношеніе	удлиненіе отверст.	удлиненіе на 50	удлиненіе на 200	коэффиціентъ крѣпости
A	35,0	12	--	--	--	25,5	44,0
B	46,8	12	1,94	50,0	26	--	47,4
	31,8	12	1,32	40,0	18	--	48,0
	18,0	12	0,75	27,5	14	--	47,7
C	54,0	12	2,25	54,0	28	--	46,0
	44,0	12	1,83	50,0	26	--	47,0
	34,0	12	1,42	46,0	22	--	45,0
	28,4	12	1,18	41,2	22	--	45,0

Самыми слабыми образцами оказался A; C - крѣпче и самый крѣпкій B Казалось бы, что B и C находятся въ одинаковыхъ условіяхъ, такъ какъ B можно получить изъ C, разрѣзавъ послѣдній по длинѣ и сложивъ вмѣстѣ внѣшнія стороны. Но при растяженіи результаты тому

фиг. 38.



тамся разногласія, вслѣдствіе того, что образецъ C приметъ форму, показанную на черт. 38 и получитъ большее укороченіе площади отно-сительно его крѣпкость окажется меньше, чѣмъ у образца B

") Proc. Inst. of civil Engineers 1884

Вліяніе размѣровъ образца на величину удлиненія

Слѣдующая таблица представляетъ результаты испытаній съ образцами одной и той же длины, различныхъ діаметровъ, произведенныхъ Баушингеромъ, главнымъ инженеромъ завода Крупа.

Діаметръ	Длина	Коэф. крѣпк.	Удлиненія	Сокращеніе сѣч.
20 mm	100 mm	37,0	37%	37
10 mm.	100	36,9	30	30
5 mm	100	37,6	25	25

Какъ видно съ увеличеніемъ діаметра возрастаетъ и удлиненіе

Вліяніе формы площади сѣченія на удлиненье

Приведенная таблица содержитъ средніе числа изъ ряда опытовъ надъ однородными образцами.

форма сѣченія	коэффиц. крѣпк.	сокращ. сѣчен.	удлиненія
Круглое	41,5	58,3 %	32,7
Квадратное	41,7	57,3	33,7
Прямоугольное	39,6	56,5	36,0

Отсюда видно, что образцы съ прямоугольнымъ сѣченіемъ даютъ удлиненіе большее, чѣмъ круглые

Въ опытахъ съ полосой въ 10 m/m толщиною и при ширинѣ въ:

1) Bach. Elasticität und Festigkeit стр. 29

10	20	30	40	50	60	70	80 m/m
получаемое	удлинение	на	100	m/m.			
31	34	35	37	39	40	38	34

Относительно наибольшее удлинение при отношении сторон 1 : 6

Вліяніе на коэффиціентъ крѣпости времени употребленнаго на разрывъ образца

Еще Кирсальди[1] при своихъ опытахъ нашелъ, что быстро разорванные удлиненные образцы показываютъ меньшую крѣпость, чѣмъ образцы разорванные медленно

Разница въ коэффиціентѣ крѣпости достигаетъ до 13%

Профессоръ Торнтонъ[2] на основаніи многочисленныхъ, произведенныхъ имъ опытовъ разсматриваетъ всѣ металлы на два класса:

Къ первому классу относятся металлы, коэффиціентъ упругости которыхъ можетъ быть повышенъ. Коэффиціентъ крѣпости оказывается у нихъ тѣмъ больше, чѣмъ медленнѣе происходитъ разрывъ. Типическимъ представителемъ этого класса является обыкновенное желѣзо.

Ко второму классу относятся металлы, предѣлъ упругости которыхъ вообще не повышается. Коэффиціентъ крѣпости ихъ тѣмъ больше, чѣмъ быстрѣе происходитъ разрывъ. Типическимъ представителемъ этого класса можетъ служить олово. Къ этому же классу относятся большинство литыхъ металловъ, а также и сильно отожженное желѣзо

При разрывѣ чугуна и твердой стали время повидимому не оказываетъ большого вліянія

Изъ всѣхъ наиболѣе распространенные металлы въ машиностроеніи и въ инженерномъ искусствѣ — сталь, желѣзо и чугунъ относятся къ

---

1) Kirkaldy. Experiments on Wrought Iron and Steel. Стр 82.

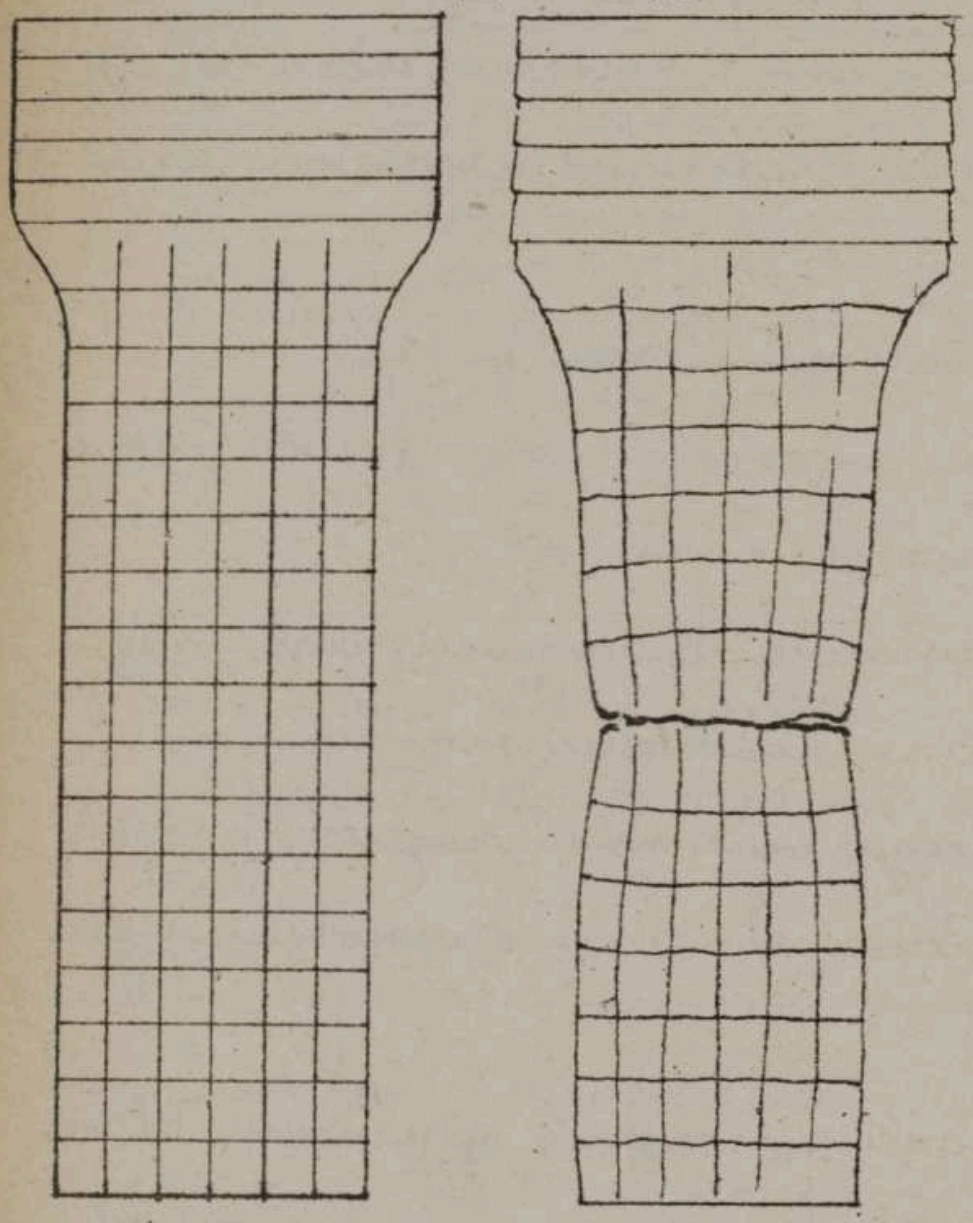
2) Thorston. Steel and Iron

первому классу и потому является возможным определять для них вполне надежный коэффициент крепости.

Способы определения относительных удлинений

Если испытуемый образец растянуть, как показано на черт. 39 и подвергнуть растяжению, то будет заметно, что сначала равенства между черточками изменяются равномерно по всей длине, а следовательно и удлинения распределяются равномерно вдоль образца. Затем равномерность нарушается. У краев удлинения становятся меньше, а по середине больше. Наконец появляется сильное местное удлинение и вместе с этим сужение поперечного сечения. В этом месте начерченные линии искривляются за исключением средней, которая остается совершенно прямой (фр. 39) Иногда появляется два местных удлинения и только в очень редких случаях три. Затем образец разрывается по средней линии и имеет вид, показанный на фиг. 39

фиг. 39 а



Нижеследующая таблица представляет результаты опытов Кауна и Ольшина над распределением удлинений в различных частях образца после разрыва. Образцы были разделены на 10 равных частей и затем после разрыва определялось удлинение каждой части в %. Удлинения, написанные курсивом, соответствуют части, в которой произошел разрыв (таблица помещена на след. странице).

Материалы	Удлинения образца									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Железо										
Угловое	0,05	,06	,06	,06	,06	,065	,07	,08	,135	,08
Швеллер	0,09	,11	,08	,10	,23	,14	,11	,10	,10	,09
Заклепочное	0,17	,195	,23	,51	,26	,23	,25	,23	,23	,18
Квадратное	0,24	,22	,22	,22	,21	,27	,50	,50	,26	,18
Полосовое	0,11	,16	,14	,10	,10	,10	,10	,10	,10	
Сталь										
Листовая	0,70	,30	,22	,19	,19	,15	,15	,16		
Ось	0,16	,17	,21	,21	,18	,17	,21	,65	,46	,17
Бандажи	0,02	,06	,03	,21	,67	,22	,05	,02	,03	,06

Из приведенной таблицы видно, как неравномерно распределяются удлинения по длине образца, а потому, при определении относительного удлинения, весьма важно на какой длине образца производить измерение его. Так напр., если взять образец заклепочного железа и производить измерение удлинения только въ длинѣ 4-ой, то относительное удлинение будетъ 0,51

если измѣрять въ длинѣ 3, 4 и 5 0,33

если брать удлинение по всей длинѣ 0,21

Германскія испытательныя лабораторіи предлагаютъ слѣдующій пріемъ для опредѣленія относительнаго удлиненія. Образецъ дѣлятъ на извѣстное число частей n и опредѣляютъ удлиненіе каждой части. Затѣмъ, если разрывъ произошелъ не по серединѣ, то сумму удлиненій n частей составляютъ такъ, какъ будто отмѣтки были распо-

ломсены симметрично относительно мысли кривыя и, давая получен-
ную такимъ образомъ сумму удлинений на n, получаютъ относитель-
ное удлинение.

Такъ напримѣръ для случая закаленнаго чугуна нужно взять сумму

удлинения 4-ой части 0,51

удлинений 1,-2,-3,-5,-6,-7 частей 1,335

2 удлинений 8 части 0,46

удлинения 9-ой части 0,23

Сумма удлинений 10-ти частей = 2,535.

Относительное удлинение $\dot{\varepsilon} = 2{,}535 : 10 = 0{,}2535$

Въ виду большой важности опредѣленія качества матеріала, для этой цѣли устраиваются механическія лабораторіи, снабженныя всѣми необходимыми приборами для производства испытаній

Первая механическая лабаратория для испытанія строитель-
ныхъ матеріаловъ была устроена въ 1858 г. Давидомъ Киркальди въ
Глазго

Полезность подобнаго учрежденія стала очевидной для всѣхъ и
вскорѣ, по примѣру Киркальди, стали образоваться лабараторіи и въ
другихъ мѣстахъ. Въ настоящее время механическія лабараторіи
имѣются при многихъ техническихъ школахъ западной Европы и Аме-
рики и почти на всѣхъ хорошихъ фабрикозаводскихъ и механичес-
кихъ заводахъ. У насъ въ Россіи имѣется прекрасно обставленная ме-
ханическая лабараторіа при Институтѣ Инженеровъ Путей Сообще-
нія и кромѣ того на нѣкоторыхъ заводахъ

Отдѣльныя лабараторіи, употребляя для испытанія образцы
различной формы и размѣровъ, необходимо получали результаты
непригодные для сравненія другъ съ другомъ. Для устраненія этого важ-
наго недостатка по предложенію проф. Тетмайера, директора ме-

ческой лаборатории при Мюнхенской Политехнической школе в 1884 г. была созвана конференция для установления однообразных методов испытания. В 1886 г. была созвана вторая конференция в Дрездене тоже под председательством Баушингера. Результатом этих двух конференций явились некоторые постановления по однообразному ис-следованию материалов, которые приняты большинством механи-ческих лабораторий. Главные из них состоят в следующем:[1]

Всякая машина, предназначенная для технических испытаний материалов, должна быть так устроена, чтобы можно было верно и легко повторять ее точность.

Устройство машины должно быть таково, чтобы при правиль-ном управлении ею напряжение действовало совершенно без удара

Приспособления для <u>закладки</u> в машину испытываемых образцов материалов должны быть таковы, чтобы растяжение или сжатие пе-редавалось на сечение пробного образца как можно равномернее (не эксцентрично)

Ударные пробы производятся на нормальном приборе особаго устройства, так называемом нормальном копре.

Не принимая на себя проектирования полнаго устройства нор-мальнаго копра, конференция дает точныя указания только отно-сительно тех частей прибора, от устройства которых может зависеть результат опыта

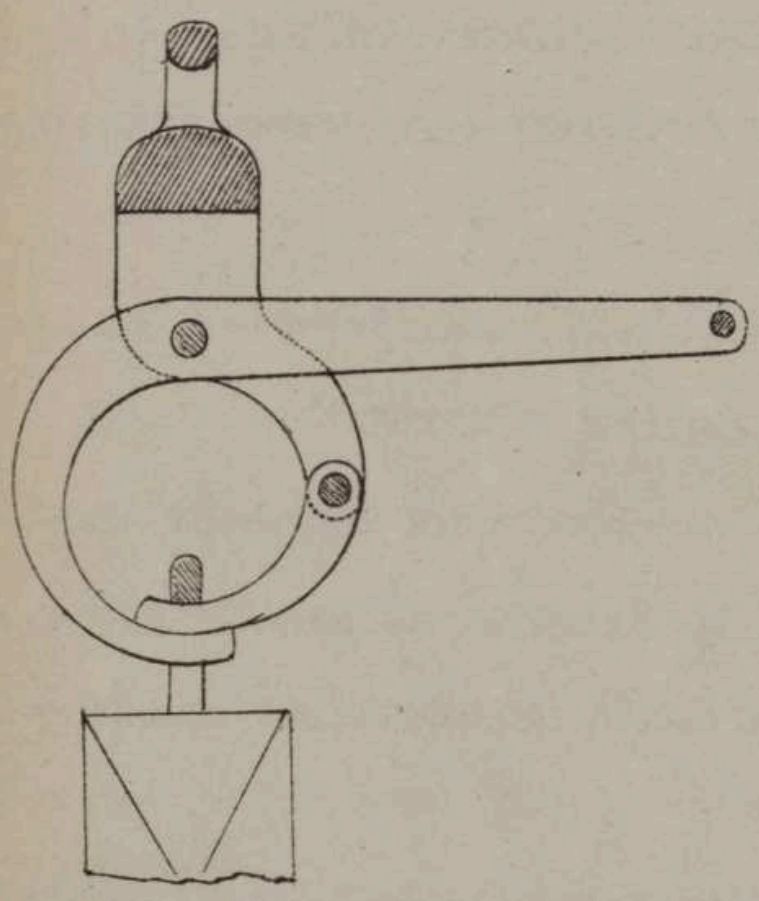
Въ виду существующихся устройств, а также и потому, что ре-зультаты въ широких пределах зависят только от величины работы, исполненной копром, вес бабы допускается въ 500 и 600 кил. преимущественно же предлагается для бабы вес въ 500 кил.

[1] Ф. Бёлинобский. Однообразное испытание строительных материа-лов. Мюнхен 1884., Дрезден 1887 г.

Форма бабы должна быть такова, чтобы центръ тяжести всей массы ея лежалъ какъ можно ниже. Помощію лапы и чеки прикрѣпляется къ бабѣ особая передняя часть — бекъ изъ кованной стали, точно центрированная относительно линіи центра тяжести бабы, что должно быть указано особыми штрихами. Линія центра тяжести бабы должна совпадать съ среднею линіею направляющей бабы — проводковъ

Отношеніе длины направляющей части бабы къ разстоянію между направляющими должно быть больше 2:1. Направляющія дѣлаются изъ металла, напр. изъ дессемъ-углеродистой стали и должны быть такъ устроены, чтобы при паденіи бабы не было никакой игры. Смазка направляющихъ рекомендуется графитомъ.

Приспособленіе для расцѣпки бабы должно быть такъ устроено, чтобы бабу не заклинило въ направляющихъ, для чего часть, ведущая расцѣпной приборъ, должна обладать особенно правильными формами. Подвѣска расцѣпного прибора должна находиться на линіи центра тяжести бабы. Между расцѣпнымъ приборомъ и бабою вводится короткая подвѣсная часть, напр. цѣпь или канатъ. Особенно рекомендуется расцѣпной приборъ, представленный на чертежѣ 40, официально употребляемый въ Россіи.



Опорныя части для пробныхъ свай должны быть прочно укрѣплены въ опорѣ копра, напр. посредствомъ клиньевъ

Высота опоры (стойка) должна быть по крайней мѣрѣ въ 10 разъ больше высоты бабы.

Фундаментъ копра должен быть монтируй изъ прочнаго камен-наго массива, величина котораго обусловливается мистными усло-віями грунта.

Передняя часть бабы-боекъ дѣлается всегда плоской; въ радіус-ныхъ же случаяхъ, при испытаніи рельсовъ, осей, бандажей, рессоръ и пр., употребляются соответственной формы накладки на испытыва-емыя тѣла съ верхней плоской гранью. Накладки эти должны быть по возможности легки.

Копры съ высотою паденія не болѣе 6 мт. заслуживаютъ большаго довѣрія, чѣмъ съ бо́льшей высотой и потому совѣтуется при устройствѣ копровъ вновь - не превосходить высоту въ 6 мт. При бо́льшихъ ударныхъ работахъ лучше пользоваться бабою вѣсомъ въ 1000 кілъ.

Ударная работа опредѣляется по дѣйствующему вѣ-су бабы и высотѣ паденія. Полный вѣсъ бабы долженъ быть такой, чтобы дѣйствующій вѣсъ ея составлялъ круглое число, напр. 500 килогр.

Для опредѣленія дѣйствующаго вѣса бабы можно по-ступить слѣдующимъ образомъ:

Желѣзу бабою и рабочимъ канатомъ вводятъ достаточно сильный динамометръ и отмѣчаютъ дѣйствующій вѣсъ бабы во время медлен-наго опуска ея. Такимъ образомъ получается вѣсъ бабы, за вычетомъ тренія; при поднятіи же бабы, опредѣлится вѣсъ ея, включая и тренie.

Копры, въ которыхъ работа тренія-больше 2% полной ударной ра-боты, признаются негодными.

Относительно самаго производства опытовъ слѣдуетъ еще имѣть въ виду нижеслѣдующія положенія:

Нормальный коперъ предназначается главнѣйшимъ образомъ для

испытания цельных предметов, как то: рельсов, осей, бандажей, рессор и т. п.

Так как рабочая емкость (величина работы) какого либо копра в широких пределах зависит от величины произведения из высоты падения и действующего веса бабы, а не в отдельности от каждого из этих факторов, то советуется принимать в основание опытов за единицу метротонну и для величины работы выбирать всегда только такие числа, которые делятся на 500, скажу все высоту на копрах необходимо делить не на метротонны а на полуметротонны

Советуется пользоваться подвижною скалою такой чтобы ноль ея мог быть всегда перестановкой соответственно весу испытываемого бруса.

Признается достаточным, производимую ударом стержня проги-ба, при расстоянии между опорными точками от 1,0 до 1,5 мт. определять с точностью до 1 мм.

В виду сравнения результатов опытов, предполагается заносить в „журнал испытаний" и опубликовать все особенности, относящиеся до употребленного метода испытания (как-то: последовательность ударов, производилось ли испытание с перековкой, было ли пробное изделие переворачиваемо или нет), а также все явления, сопровождавшия опыты

Нормальная форма образцов при испытании на разрыв

Круглые образцы приготовляются четырех типов, а именно, при одной и той же расчетной длине в 200 мм., диаметрами в 10, 15 20 и 25 мм., смотря по надобности и возможности приложения

Цилиндрическая часть образца сверх расчетной длины 200 мм. имеет еще с обоих концов по 50 мм. всего 220 мм; удлинение все из-

ограничена только на длину въ 200 м.

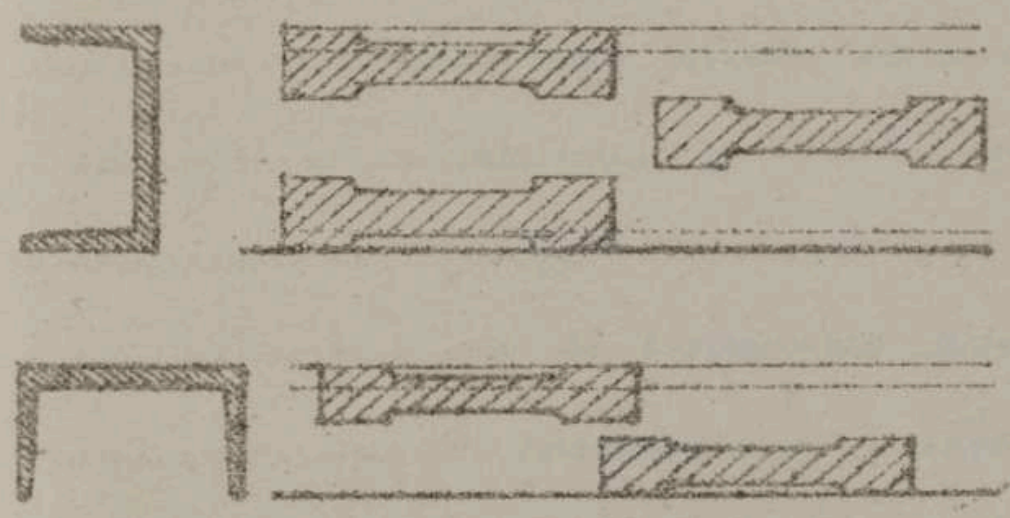
Расчетная длина плоскихъ образцовъ, подобно круглымъ, назначается такая въ 200 мм., при полной длинѣ какъ и въ первомъ случаѣ 220 м/м.

Въ этомъ случаѣ, когда ширина и толщина плоскихъ образцовъ могутъ быть выбраны произвольно, ширина должна быть 30, а толщина 10 м.м., сѣченіе 30 на 10 м/м считается вообще нормальнымъ.

Если толщина матеріала дана, какъ напр. въ листахъ, то, при толщинѣ до 24 м.м. (включительно), ширину плоскихъ образцовъ брать въ 30 м/м, а при толщинѣ въ 25 м/м — послѣднюю принимать за ширину образца, а толщину обровца брать въ 10 м/м. Чтобы въ послѣдующемъ случаѣ не портить поверхности прокатки, образцы только утолщаются по концамъ, и тѣмъ образуются головки для закладки образца въ машину.

Изъ тавроваго, углового, одно- и двутаврового, фасоннаго въ видѣ ☐ желѣза, спицъ и т. п. вырѣзываются плоскіе образцы съ рабочей длиной въ 200 м.м. и шириной, никакъ не больше 30 м/м. Предпочитай ширину полкового двутавра или полки углового желѣза, а также фланцевъ и стѣнки фасоннаго желѣза (T, I, ⊏ и т. п.) образцы распредѣляются по длинѣ полки такъ, чтобы въ испытаніе было все сѣченіе ея, кромѣ береговъ два и больше образцовъ, или рядомъ одинъ возлѣ другого, какъ видно на черт. 41 для

фиг. 41



вогнутаго желѣза.

Поверхность отвѣсныхъ въ образцахъ должна быть сохранена во всякомъ случаѣ.

На листахъ же поперечныя были установлены и общія положенія

которыми мудрено руководиться при заказахъ и пріемкѣ матеріаловъ. Нѣкоторыя изъ этихъ положеній оказались въ примѣненіи на практикѣ не совсѣмъ удобными, вслѣдствіе чего въ 1892 г. соединенными обществами Германскихъ Архитекторовъ, Германскихъ Инженеровъ и Германскихъ Заводчиковъ эти постановленія были вновь пересмотрѣны и направлены.

Результатами этой совмѣстной работы явились новыя нормальныя условія [1]), которыми должны удовлетворять чугунъ, сталь и кучуги, какъ строительные матеріалы.

Здѣсь эти условія помѣщены въ томъ видѣ, какъ они приведены въ журналѣ „Технической Сборникъ" 1893 г. № 6 и 7

Новыя условія пріемки и качественныя нормы, принятыя въ Германіи по отношенію къ чугуну, сварочному желѣзу и литому желѣзу, употребляемымъ въ постройкахъ и въ мостостроеніи

Съ начала 1893 г въ Германіи вошли въ силу новыя правила, регламентирующія взаимныя отношенія между производителями и потребителями строительныхъ матеріаловъ во время испытаній и пріемки ихъ. Правила вырабатывались въ теченіи многихъ лѣтъ при участіи специалистовъ-инженеровъ съ той и другой стороны и въ нѣкоторыхъ случаяхъ были примѣняемы и ранѣе. Пересмотръ ихъ вновь былъ вызванъ не тѣмъ, чтобы изъять изъ нихъ такія положенія, которыя въ примѣненіи на практикѣ оказались взаимно неудобными; наоборотъ въ нихъ внесли такія положенія, которыя являются необходимыми при современномъ уровнѣ

[1]) Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen aufgestellt von dem Verbande deutscher Architekten und Ingenieur Vereine, dem Vereine deutscher Ingenieure und dem Vereine deutscher Eisenhütten-Leute

тіи пріемовъ выработки матеріаловъ и установить обязательныя для всѣхъ нормы требованій

Общія положенія. Для распознаванія качества матеріаловъ принимаютъ пробы, которыя производятъ или прямо въ томъ видѣ въ какомъ матеріалъ идетъ въ дѣло, или же надъ специальными образцами приготовленными изъ поставленнаго матеріала. Въ первомъ случаѣ производится исключительно холодная проба: 1) по внѣшнему подробному осмотру матеріала 2) проба ударомъ и 3) проба на изломъ. Во 2. же случаѣ (съ образцами) производится иногда только холодная проба, а иногда еще и горячая проба. Холодная проба дѣлается: 1) обыкновеннымъ изломомъ образца, 2) повторнымъ изломомъ, то въ ту, то въ другую сторону, 3) путемъ пробиванія отверстій, 4) путемъ излома 5) путемъ вытяжки и разрыва на разрывномъ прессѣ и 6) путемъ закручиванія. Горячая проба водится: 1) путемъ излома, 2) путемъ пробиванія отверстій, 3) путемъ ковки въ полосу и 4) путемъ осадки и отмочки въ водѣ.

Образцы съ явными пороками не идутъ въ счетъ. Образцы для пробы на разрывъ отдѣляются отъ остальной массы матеріала непремѣнно въ холодномъ состояніи (посредствомъ ножницъ, холодной пилы и пр.) и въ томъ же состояніи подвергаются механической обработкѣ (обточкѣ, фрезерованію и т. п.). Вредное дѣйствіе на матеріалъ со стороны ножницъ, дыропробивной машины и т. п. должно быть передъ пробой устранено надлежащимъ образомъ (срѣзаніемъ поврежденнаго мѣста на толщину около 1 м/м) Отрѣзаніе образца дѣлается только въ такомъ случаѣ, когда матеріалъ должно найти въ дѣло въ отполированномъ видѣ. Сохраненіе на пробныхъ образцахъ корки, полученной матеріаломъ при прокаткѣ и отливкѣ, весьма желательно.

Длина образца, на которой наблюдается вытяжка, должна быть по

водопроводности не менее 200 м.м., а площадь сечения отъ 300 до 500 кв. мм. У образцовъ съ круглымъ сѣченіемъ при діаметрѣ менѣе 20 мм отношеніе наблюдаемой длины образца къ діаметру въ — всякомъ случаѣ должно быть менѣе 10. По обѣ стороны отъ крайнихъ рисокъ, опредѣляющихъ длину образца, нужно имѣть конца не менѣе 40 м.м. съ тѣмъ же самымъ діаметромъ, какъ въ испытуемой части. Если при испытаніи образца обрывъ его происходитъ внѣ средней трети длины образца и брусокъ получаетъ недостаточную вытяжку, тогда испытаніе подобнаго образца не идетъ въ счетъ.

Испытаніе обязательно производится на разрывной машинѣ такой конструкціи, при которой поворотъ машины дѣлается легко и вполнѣ надежно

Для испытанія на изгибъ берутся полосы матеріала отъ 30 до 50 мм. шириною или круглые бруски съ тѣмъ діаметромъ, съ какимъ матеріалъ идетъ въ дѣло. Полосы отдѣляются отъ матеріала въ холодномъ состояніи; ребра полосъ закругляются подпилкомъ.

Въ дальнѣйшемъ будутъ приведены нормы и данныя для пріемки нижеслѣдующихъ матеріаловъ:

А Желѣзнодорожные матеріалы (рельсы, металлическія шпалы, лапки, подкладки, бандажи и пр.)

Б. Строительные матеріалы (сварочное желѣзо и литое желѣзо въ прокатанномъ видѣ съ разными профилями)

В. Листы (изъ сварочнаго и литого желѣза, котельнаго, мостостроительнаго и др.)

Г. Фасонные сорта желѣза

Д Проволока (телеграфная, телефонная и для выдержки гвоздей.

Е Чугунное литье (колонны, трубы)

ЖК Фасонная стальная отливка

А. Железнодорожные материалы

1. Рельсы из мягкого железа или же мягкой стали

Профиль. Рельсы выкатываются по шаблону, выданному заказчиком. При приёмке допускаются следующія отступленія: въ ширинѣ подошвы ± 1 мм. въ высотѣ и прочихъ размѣрахъ ± 0,5 мм.

Вѣсъ. Нормальный вѣсъ рельсовъ опредѣляется какъ средняя величина 50 рельсовъ выкатанныхъ аккуратно по шаблону. Рельсы еще не браку-ются по вѣсу если будетъ недостатокъ въ вѣсѣ противъ нормальнаго не больше 2% и если будетъ избытокъ вѣса не больше 3%. Плата уста-навливается по вѣсу исполненнаго заказа, причемъ избытокъ вѣса въ общемъ допускается не больше 1%. Для этого опредѣляютъ средній вѣсъ погоннаго метра рельса изъ всѣхъ записей, сдѣланныхъ по заказу; если эта величина превзойдетъ вѣсъ погоннаго метра нормальнаго рельса больше нежели на 1%, то изъ всего избытка въ вѣсѣ платежнымъ считается только этотъ добавочный 1%, а остальное идетъ въ поль-зу заказчика безплатно.

Длина. Нормальная длина предписывается условіями заказа. Отступ-ленія отъ нея допускаются въ такомъ видѣ: при нормальной длинѣ не свыше 7,5 метровъ, допускается ± 2 мм., а при нормальной длинѣ больше 7,5 мет. допускается ± 3 мм. Рельсы, которые короче нормальныхъ на длину до 1 метр. допускаются въ количествѣ, не превосходящемъ 5% по вѣсу отъ всего заказа.

Вырѣзы. Сверленіе дыръ для соединительныхъ: болтовъ должно быть вы-полнено согласно чертежу. Отступленія въ разстояніяхъ и діаметрѣ дыръ допускаются до ± 1 мм.

Выправка. Правка рельсовъ при остываніи послѣ прокатки должна происходить согласно предписанію. Отступленія въ горизонтальномъ или вертикальномъ направленіи допускаются не больше 3 мм. на 3 мтр.

длины - Рельсы съ перекручиваніемъ свыше ± 1,5 м.м. могутъ быть забракованы.

Внѣшній видъ. Небольшіе внѣшніе недостатки, которые не могутъ оказывать вліянія на продолжительность службы рельса, при сдачѣ допускаются. Заусенцы на кромкахъ, полученные при прокаткѣ, должны быть передъ сдачею срублены.

Пробы и сдача. Для пробы рельсовъ отбирается около ½% матеріала изъ всей партіи, причемъ въ этотъ отборъ могутъ идти и обрѣзки полученные при прокладкѣ и отличающіеся хорошимъ качествомъ.

Для пробы матеріала на крѣпость его удовлетворяющія пробы производятся на разрывной машинѣ, а для пробы его на вязкость производятся пробы на ударъ.

Для пробы на разрывъ изготовляются круглые образцы, имѣющіе въ цилиндрической части 20 м.м. въ діаметрѣ и 200 м.м. длиною. Наименьшимъ допускаемымъ величиною коэффиціентомъ крѣпости при разрывѣ считается 45 кгр на 1 кв м.м.

Для пробы на ударъ берутся куски рельсовъ не болѣе 2 метр длины безъ видимыхъ поврежденій и безъ дыръ. Разстояніе между опорами назначается всегда въ 1 метръ, а работа первого удара соображается съ высотою рельса и вѣсомъ погоннаго метра его слѣдующимъ образомъ:

Высота рельса	150	120	110	100 м м
Вѣсъ погон. мтр. около	30	27,5	23	20 килогр.
Работа удара	3000	2000	1600	1200 кгр-метр.

Всѣ слѣдующіе удары наносятся одинаково во всѣхъ случаяхъ и величина работы въ 1200 кг.-мтр и продолжаются до тѣхъ поръ, пока у рельса съ высотою профиля въ 130 м.м. не получится въ срединѣ отгиба стрѣлка въ 110 м.м. у профиля съ высотой 120 мм требуется стрѣлка въ 120 мм при высотѣ профиля въ 110 м.м. стрѣлка 130 мм., а при высотѣ 100 мм

отрѣза 143 мм. Изгибъ рельса ударами долженъ совершаться въ плоскости симметріи его. Если рельсъ изогнется вспять до полученія предѣльной стрѣлы, то этотъ опытъ не идетъ въ счетъ. Полную предѣльную стрѣлу изгиба, рельсъ не долженъ показывать никакихъ трещинъ на поверхности.

Окончательныя пробы и сдача заказа происходятъ на заводѣ изготовителя

У рельсовъ хвостовая дорога допускаются уклоненія въ вѣсѣ на 3% при недостачѣ его и на 4% при избыткѣ его противъ нормальнаго, а уклоненія въ размѣрахъ подчиняются слѣдующимъ нормамъ: 1) если подошва рельса шире 125 мм, то уклоненія въ размѣрахъ подошвы допускаются на ± 2 мм., а въ остальныхъ размѣрахъ на ± 1 мм; 2) если подошва рельса уже 125 мм, то уклоненія въ ея размѣрахъ допускаются на ± 1 мм, а во всѣхъ остальныхъ размѣрахъ на ± 0,5 мм.

2) Шпалы изъ литого желѣза

Профиль Шаблонъ для нормальныхъ размѣровъ доставляется заказчикомъ; отступленія отъ него въ толщинѣ допускаются по ± 0,5 мм., а въ высотѣ и ширинѣ на ± 2 мм.

Вѣсъ Нормальный вѣсъ опредѣляется взвѣшиваніемъ 50 шт. шпалъ съ размѣрами, выполненными аккуратно по шаблону и раздѣленіемъ полученной цифры на 50. Уклоненія отъ нормальнаго вѣса допускаются на ± 3%. Средній вѣсъ погоннаго метра шпалъ опредѣляется по всѣмъ записямъ принятаго заказа. Если эта величина превзойдетъ нормальную болѣе, чѣмъ на 2% то излишекъ считается только избытокъ вѣса въ 2%, а остальной избытокъ идетъ въ пользу заказчика безплатно

Длина шпалъ противъ предписанной можетъ уклоняться на ± 25 мм

Торцы шпалъ закрываются путемъ отгибанія бокового клапана изъ того же самаго матеріала. Если отгибаніе клапана дѣлается руч-

ными способами, когда допуски въ длинѣ клапана достигаютъ на (+20мм) и (−5мм) противъ нормальной длины, а при машинномъ отгибаніи клапана — на (+50мм) и (−5мм)

Выправка дѣлается по предписанію заказчика. При продольныхъ изгибахъ допускаются уклоненія на всю длину шпалы не болѣе 3мм. въ горизонтальномъ или вертикальномъ направленіи. Если перекручиваніе шпалы не превосходитъ ±1,5 мм. то шпала можетъ быть забракована.

Дыры пробиваются на шпалахъ по чертежу. Отступленія въ расположеніи центровъ ихъ допускаются на ±1 мм, а въ величинѣ отверстія на 0,5мм.

Внѣшній видъ. Небольшія внѣшнія недостатки, которые не могутъ оказывать вліянія на срокъ службы шпалъ, при сдачѣ допускаются. Зауселицы на кромкахъ, полученныя при прокаткѣ, позволяется передъ сдачею срубить.

Пробы и сдача. Для пробы шпалъ отбираётся до 1/5% матеріала изъ всего заказа, при чемъ въ этотъ счетъ могутъ идти шкафы и обрѣзки шпалъ, полученные при прокаткѣ и отличенные пріемщикомъ.

Для производства пробы на растяженіе готовятся образцы изъ прямоугольныхъ сѣченіемъ и длиною не менѣе 200 мм. Наименьшею допускаемою величиною коэффиціента крѣпости при растяженіи образца считается 40кг на 1 кв. мм.

Проба на изгибъ дѣлается такимъ образомъ, что сначала легкими ударами кувалды шпалу расплющиваютъ въ плоскую широкую полосу, а затѣмъ эта полоса въ холодномъ состояніи загибаютъ вчетверо, складывая ее такъ, чтобы перегибъ дѣлается вокругъ валика въ 75мм. діам. Матеріалъ признается годнымъ, если во время этой операціи нигдѣ въ шпалахъ перегиба не будетъ замѣчено образованія трещинъ.

При производствѣ этой пробы берутъ обязательно не продырявленные образцы.

Окончательныя пробы и сдача заказа происходитъ на заводѣ у поставщика.

3. Накладки (лягли) изъ литого эсемза

Профиль Уклоненія отъ размѣровъ, опредѣляемыхъ выданными шаблонами допускаются на опорной поверхности до ± ¼ мм, въ полкѣ до ± ½ мм, а въ остальныхъ размѣрахъ до ± 1 мм

Вѣсъ Нормальной вѣсъ опредѣляется при взвѣшиваніи 50 накладокъ съ нормальными размѣрами. Отклоненія въ вѣсѣ накладокъ отъ нормальнаго допускаются до ± 3%. Если средній вѣсъ погоннаго метра или поштучный вѣсъ для всего заказа превосходитъ нормальный вѣсъ въ общемъ болѣе чѣмъ на 2%, то платящимъ считается избытокъ вѣса только въ 2%, а весь остальной избытокъ поступаетъ въ пользу заказчика безплатно.

Длина Уклоненія въ длинѣ допускаются ± 3 м.м.

Разрѣзаніе: Выкатанный полосъ на отдѣльныя накладки, по эсемзнѣ поставщика можетъ быть дѣлаемо въ горячемъ или въ холодномъ состояніи, но такъ непремѣнно, чтобы отъ этой рѣзки матеріалъ не страдалъ и чтобы плоскости обрѣза были по возможности перпендикулярны къ длинѣ накладокъ.

Дыры Въ положеніи центровъ дыръ допускаются уклоненія до ± 1 мм, а въ величинѣ отверстій до (+ 1 мм) и (− ½ мм). Величина выпучиванія матеріала при продавливаніи не должна превосходить 1 м.м.

Пробы и сдача для производства испытанія накладокъ на разрывъ и изгибъ можетъ быть отобрано до 1/5 % отъ всего заказа. Испытанія на разрывъ дѣлаются съ плоскими образцами длиною не менѣе 40 кг. на 1 кв. мм. Испытанія на изгибъ дѣлаются съ готовыми накладками такимъ образомъ, чтобы уголъ при изгибѣ приходился между отверстіями и чтобы сопутныя стороны накладки дѣлали одна съ другою внѣшній уголъ не менѣе 45° безъ всякихъ поврежденій. Прямыя накладки угловыя и съ смѣщеніемъ въ видѣ буквы Z тѣ же самыя пробы дѣлаются надъ плоскими образцами вырѣзанными изъ отобранныхъ накладокъ.

Пробы и сдача заказа происходят на заводе у поставщика.

4. Подкладки подъ рельсы изъ литого эсемза

Профиль. Уклоненія въ размѣрахъ, опредѣляемыхъ выданнымъ шаблономъ въ толщину и въ ширину между выступами допускаются по ± ½ мм, а въ остальныхъ размѣрахъ до ± 1 мм

Вѣсъ. Нормальный вѣсъ опредѣляется при взвѣшиваніи 50 подкладокъ съ нормальными размѣрами. Уклоненія отъ нормальнаго вѣса у подкладокъ допускаются въ ± 3%. Если средній вѣсъ погоннаго метра подкладокъ во всемъ заказѣ превосходитъ нормальный вѣсъ болѣе чѣмъ на 2%, то лишнимъ считается избытокъ вѣса только въ 2%

Длина. Отступленія отъ предписанной длины допускаются только на ± 3м

Дыры. Отступленія въ размѣрахъ центровъ дыръ допускаются на ± 1мм а въ величинѣ отверстій до (+1 мм) и до (− ½ мм) - Выпучиваніе матеріала при продѣлываніи подкладокъ не должно быть болѣе 2 мм.

Пробы и сдача. На пробу отбирается до ½% всего заказа. Проба на разрывъ и сгибаніе производится съ плоскими полосами, отрѣзанными отъ угла выкованнаго куска, еще не разрѣзаннаго на отдѣльныя подкладки. Полоса для пробы на разрывъ должна имѣть испытуемую длину не менѣе 200мм. и должна показывать величину коэфф. крѣпости при разрывѣ не менѣе 40кг. на 1кв. мм. Проба на сгибъ дѣлается въ холодномъ состояніи; согнутыя створки должны быть поставлены одна на другой подъ угломъ въ 45° безъ образованія трещинъ

Проба и сдача заказовъ происходятъ на Заводѣ у поставщика

5. Бандажи изъ литой стали и изъ литого эсемза

Профиль. Сѣченіе бандажей вычитывается по выданному заказчикомъ шаблону. Отклоненія въ толщину профиля допускаются на (+ 2мм) и (− 1½мм) а въ толщину на ± 3мм.

Діаметръ. Отступленія въ величинѣ внутренняго діаметра пред-

писаннаго заказчикомъ, допускаются на (−2 мм) и (+1½ мм)

Въ 15 %. Весь избытокъ веса, опредѣляемый допускаемыми минусами въ размѣрахъ бандажа, считается платнымъ.

Пробы и сдача. На пробу бандажей отбирается до 1% отъ всего заказа. Испытанія на разрывъ дѣлаются надъ круглыми образцами съ испытуемой длиной не менѣе 200 мм и съ діаметромъ въ 20 м/м. Наименьшею допускаемою величиною коэффиціента крѣпости при разрывѣ считается для

бандажей паровозныхъ колесъ . . . . . 60 кг на 1 кв мм

„ вагонныхъ и тендерныхъ колесъ . . . 45 „ „ „ „ „

Для пробы на изгибъ идутъ цѣлые бандажи безъ всякихъ видимыхъ поковъ. Повторяющимися ударными дѣйствіями груза совершающаго работу паденія въ 3000 кг-метр. бандажъ изгибается въ плоскости его вращенія до тѣхъ поръ, пока внутреннее измѣреніе его не уменьшится на 12%. Пока этотъ изгибъ не совершился, бандажъ не долженъ обнаруживать никакихъ трещинъ.

6. Оси изъ литой стали

Изготовленіе. Шипы (или шейки) осей должны быть тщательно обточены и отполированы. На обѣихъ торцахъ осей должны быть заточены по чертежу коническія углубленія для центровъ.

Пробы и сдача. Для пробы осей должно быть отобрано до 1% матеріала со всего заказа. Для пробы на разрывъ готовятся круглые образцы съ длиною испытуемой части въ 200 мм. и съ діам. въ 20 мм. За наименьшую допускаемую величину коэффиціента крѣпости при разрывѣ принимается 50 кг. на 1 кв. мм. Для пробы на сгибаніе берутся цѣлыя оси вышедшія изъ мастерской, но не обработанныя рѣзцомъ и безъ видимыхъ внѣшнихъ недостатковъ матеріала. Во время пробы на изгибъ ось кладется на двѣ опоры при разстояніи между ними въ 1,5 метр. Послѣдо-

вательными ударами от действия груза, совершающаго работу паде-
ния въ 3000 кг-метр., ось изгибается въ вертикальной плоскости до тѣхъ
поръ, пока у нея въ срединѣ не получится стрѣлка прогиба въ 200 мм при
діаметрѣ оси въ 130 мм. Полученіе этой стрѣлки не должно сопровождать-
ся образованіемъ трещинъ на оси. При другомъ діаметрѣ оси измѣня-
ется только величина стрѣлки прогиба, которую берутъ по отношенію
къ вышеуказанной въ обратномъ отношеніи діаметровъ. Пробы и испыта-
нія заказа производятъ на заводѣ у поставщика

Примѣчаніе Всѣ вышеописанные нормы и условія пріемки не имѣютъ
никакого отношенія къ предметамъ того же наименованія, но выдѣлан-
нымъ изъ чугунно-сварочнаго фемлза.

Б. Строительные матеріалы

Подъ именемъ строительныхъ матеріаловъ разумѣются здѣсь такіе про-
катные сорта чугунно-сварочнаго и мягкаго фемлза, которые нахо-
дятъ себѣ употребленіе при постройкѣ мостовъ и т. п. сооруженій

1. Чугунно-сварочное фемлзо

Внѣшнія качества. Желѣзо должно быть достаточно мягкимъ
при пробиваніи, должно хорошо свариваться, не должно быть ни красно-
ломкимъ, ни хладноломкимъ, не должно имѣть ни разслоенія или
другихъ разъѣденій, рваныя кромки, ни раскрытыя швы на мѣстѣ сварки.
Число пробъ и пробныхъ образцовъ Изъ каждыхъ 100 штукъ полосъ
на выборъ берутъ 3 и отъ нихъ отрѣзаютъ образцы по возможности
такимъ образомъ, чтобы полосы могли пойти въ дѣло. Если образцы
отъ 3 намѣченныхъ полосъ удовлетворяютъ предписаннымъ условіямъ,
то такой случай 100 штукъ полосъ, изъ которыхъ они были взяты
считаются принятыми. Если же хотя бы одна изъ трехъ пробъ ока-
залась неудовлетворительною, но пріемщикъ имѣетъ право изъ тѣхъ
же 100 шт. отобрать еще 2 пробы, послѣ этого уже достаточно одну

изъ пробъ нѣтъ неудовлетворительнаго, чтобы отказаться отъ пріема всѣхъ 100 штукъ полосъ

Пробы на вытяжку и разрывъ 1) Для полосового, круглаго и квадратнаго сортового, углового, балочнаго двутавра (однотавроваго, двутавроваго, корытообразнаго, съ профилемъ въ видѣ буквы Z и пр) и для такихъ двутавровыхъ листовъ, которые въ работѣ испытываютъ только продольное напряженіе, коэффиціентъ крѣпости при разрывѣ вдоль долженъ быть не ниже слѣдующихъ величинъ.

при толщинѣ полосы въ 10 мм. или менѣе...36 кг на 1 кв мм

" " " отъ 10 до 15 мм. .....35 " " " " "

" " " " 15 " 25 " ..... 34 " " " " "

Вытяжка до обрыва во всѣхъ случаяхъ должна быть не менѣе 12%.

При испытаніи балочнаго двутавра предыдущія цифры относятся только къ образцамъ, взятымъ изъ подошвы полосы, а при образцахъ, взятыхъ изъ вертикальной стѣнки сѣченіе допускается уменьшеніе коэффиціента крѣпости на 1 кг. и уменьшеніе вытяжки до 2%

2.) Въ листахъ, которые будутъ испытывать только продольное напряженіе отъ дѣйствія изгиба, напр. въ листахъ, которые идутъ на образованіе поясовъ у клепаныхъ балокъ, допускаются слѣдующія нормы:

коэффиціентъ крѣпости при растяженіи вдоль прокатки ... 35 кг на 1 кв мм

" " " " поперекъ " 28 " " " " "

вытяжка вдоль прокатки до разрыва 10%

" поперекъ " " " 3%

3 Въ листахъ, которые будутъ работать въ сооруженіи съ напряженіями различнаго характера и въ разныя направленія допускаются такія нормы:

коэф. крѣп. вдоль главнаго направл. прокатки 35 кг. на 1 кв мм.

" " поперекъ " " " 30 " " " " "

вытяжка вдоль главного направления прокатки . . . 10%

„ поперекъ . „ „ 4%

4 Для заклепокъ болтовъ и т. п.

а) при діаметрѣ до 25 мм. включительно:

коэффиц. крѣпости вдоль . . . 38 кг. на 1 кв мм

вытяжка . . . . . „ 18%

б) при діаметрѣ отъ 25 до 40 мм

коэф. крѣпости вдоль . . . 36 кг. на 1 кв мм

вытяжка . . . . . „ 15%

5) Для балочнаго профиля съ прокатомъ въ видѣ буквы Z.

коэф. крѣпости вдоль прокатки . . . 33 к.

вытяжка . . . . „ „ . . . 6%

Специальныя пробы. 1, Для сортоваго профиля, балочнаго и листовъ

а) Пробы на сгибаніе. Полоса взятая по направленію прокатки перегибается черезъ закругленіе съ радіусомъ въ 13 мм.

Появленіе трещинъ не должно быть наблюдаемо при наблюденіи слѣдующихъ нормъ для угла отгиба отъ первоначальнаго направленія:

для изгиба въ холодномъ состояніи

при толщинѣ полосы отъ 8 до 11 мм . . . уголъ отгиба 50°

„ „ „ „ 12 „ 15 „ . . . „ „ 35°

„ „ „ „ 16 „ 20 „ . . . „ „ 25°

„ „ „ „ 21 „ 25 „ . . . „ „ 15°

для изгиба въ нагрѣтомъ состояніи до темно-синяго каленія

при толщинѣ полосы до 25 мм. . . . уголъ отгиба 120°

„ „ „ свыше 25 „ . . . „ „ 90°

б) Пробы на растягиваніе. Въ холодномъ состояніи вырѣзается отъ испытуемаго металла полоса въ 30—50 мм шириною (изъ углового и ба

лочнаго железа-вдоль прокатки, изъ листоваго-по направленію волокон.) Взятая полоса нагрѣвается до краснаго и затѣмъ по подкладкѣ съ радіусомъ въ 15 мм. разгибаютъ до полуторной ширины противъ первоначальной. При этомъ матеріалъ долженъ выгибаться свободно, не обнаруживая никакихъ недостатковъ.

2) Для заклепочнаго желѣза

а) Проба на изгибъ. Заклепочное железо въ холодномъ состояніи должно складываться вдвое при діаметрѣ внутренняго закругленія въ складкѣ равномъ радіусу испытуемаго образца

б) Проба на расплющиваніе. Кусокъ заклепочнаго желѣза съ длиной равной двойному діаметру, накаливается до такой температуры, при которой обыкновенно начинается обработка головки у заклепки и осаждывается въ длину; при этомъ не должно появиться у матеріала трещинъ даже и тогда когда длина образца сократится до ⅓ отъ первоначальной длины.

Допущенія при опредѣленіи размѣровъ и вѣса. Если въ заказѣ упоминается о выполненіи полосъ съ опредѣленною длиною, то нормальными считаются слѣдующія допущенія:

1. Для полосоваго, сортоваго и углового желѣза допускается увеличеніе длины на 20 мм

2. Для балочнаго железа на 50 мм.

3. Для листовъ допускается увеличеніе каждой изъ сторонъ на 20 мм.

Нормальный вѣсъ полосъ опредѣляется вычисленіемъ*) по нормальнымъ размѣрамъ и ея удѣльному вѣсу. Отступленія отъ нормальнаго вѣса допускаются въ такой формѣ:

1. Для полосоваго, сортоваго и углового железа на всей партіи до (+3%), на отдѣльныхъ полосахъ до (+5%) и (-2%)

*) Удѣльный вѣсъ мягкаго-сварочн. желѣза принимается равнымъ 7,8

2. Для листовъ на всей партіи до ±3% на отдѣльномъ листѣ до ±5%
3. Для болтоваго желѣза до ± 6% подъ условіемъ, что при исполненіи большихъ заказовъ на одинъ и тотъ же профиль можетъ быть потребована и большая точность

Полосы и листы, которые не подходятъ подъ условія относительнаго вѣса, могутъ быть и не приняты заказчикомъ.

Пробы и сдача заказа происходятъ на заводѣ у поставщика

II Литое желѣзо (Flusseisen)

Внѣшнія качества. Желѣзо должно быть съ гладкою поверхностью безъ пузырей и разслойки, безъ рваныхъ краевъ и съ полнымъ профилемъ по всей длинѣ.

Число пробъ и пробныхъ образцовъ и производство самыхъ пробъ Если было выговорено особое соглашеніе, то всѣ полосы получаютъ свой текущій нумеръ, тогда изъ каждаго двойного десятка отбирается одна полоса на испытаніе. Если же такового соглашенія установлено не было, то нумерація не ведется, а берется изъ каждыхъ предложенныхъ для сдачи 100 штукъ 5 для пробы, но такъ, чтобы изъ каждыхъ 2.000 кг. полныхъ или только начинающихся для одного и того же профиля приходилось не больше 1 пробной полосы. Въ обоихъ случаяхъ для производства пробъ образцы берутся пріемщикомъ по возможности изъ крупныхъ обрѣзковъ, получающихся при вырѣзкѣ нормальной длины. Если пробные образцы, взятые изъ партіи удовлетворяютъ всѣмъ нормамъ, въ такомъ случаѣ партія считается принятою; въ противномъ случаѣ изъ той же партіи берется 2 новыхъ набора образцовъ и если хотя одинъ изъ нихъ не будетъ удовлетворять всѣмъ условіямъ, партія можетъ быть не принята заказчикомъ

Всѣ нижеслѣдующія данныя установлены для литого желѣза при толщинѣ его въ издѣліяхъ или полосахъ отъ 7 до 22 мм. При всякой

другой толщины вып отпуск предполов должны быть установлены специальныя требования

Пробы на разрывъ и выпучку. По направленію прокатки коэффиціентъ крѣпости при разрывѣ долженъ быть не менѣе 44 и не менѣе 37 кг. на 1 кв. мм. при выпучкѣ до разрыва не менѣе 20%

Въ поперечномъ направленіи коэф. крѣпости при разрывѣ должен быть не менѣе 45 и не менѣе 36 кг. на 1 кв. мм. при выпучки до разрыва не менѣе 17%

Для болтоваго и заклепочнаго железа коэф. крѣпости требуется отъ 36 до 42 кг. на 1 кв мм., а выпучка не менѣе 22%

Спеціальныя пробы 1. Для сортоваго, полосоваго фасоннаго железа и для листовъ

а) Пробы на изгибъ. Продольные и поперечные образцы отпиливаются отъ полосъ при свѣтлокрасномъ нагревѣ, охлаждаются въ водѣ при 28° R и должны сгибаться вдвое; для долевыхъ образцовъ діаметръ внутренняго закругленія требуется равнымъ одинарной толщинѣ образца, а для поперечныхъ — двойной толщинѣ его. На долевыхъ образцахъ недопускается появленіе трещины, а на поперечныхъ считаются нормальными только мелкія трещины, не распространяющіяся глубоко внутрь

б) Проба на пробиваніе. При красномъ каленіи отцованная полоса съ размѣрами сѣченія 6×40 мм. прежде всего пробивается и въ полученное въ ней отверстіе 20 мм. діам. вбивается коническій пробойникъ, у котораго одинъ конецъ съ діаметр. въ 20 мм, а другой — въ 30 м/м. При такомъ расширеніи отверстія полоса не должна получать никакихъ трещинъ

2. Для болтоваго и заклепочнаго матеріала

а) Проба на изгибъ. Круглый длинный образецъ складывается вдвое причемъ внутренній діаметръ на линіи перелома требуется сдѣлать равнымъ радіусу образца

б) Проба на осаживание. Образецъ съ длиною, равною двойному діамет-ру, нагрѣвается до-красна и осаживается въ длину. Появленіе трещинъ не должно быть даже и въ томъ случаѣ, когда длина сократится до ⅓ отъ первонахальной

Допущенія при опредѣленіи размѣровъ и вѣса. Въ случаѣ литого ассенза подчиняются тѣмъ же нормамъ, какъ и въ случаѣ сварочнаго ассенза*

Пробы и сдача заказа производятъ на заводѣ у поставщика.

В. Листы

Общія положенія

Допущенія при опредѣленіи размѣровъ: а)

а) Въ длину и ширину допускаются такія отклоненія

при толщинѣ до 18 мм въ длину + 10 мм, а въ ширину + 6 мм

„ „ свыше 18 „ „ „ + 15 мм „ „ „ + 10 мм

б) Величина допускаемыхъ отклоненій въ толщину при разныхъ раз-мѣрахъ листа въ ширину регулируются слѣдующей таблицей

Ширина листа въ мм	Допускается разница между наибольшей и наименьшею толщ. при наименьшей толщинѣ въ мм		
	отъ 5 до 7 мм.	отъ 7 до 10 мм.	свыше 10 мм.
до 1600	1,2 мм	0,9 мм	0,9 мм
отъ 1600 до 1800	1,8 „	1,7 „	1,7 „
„ 1800 „ 2100	2,0 „	1,7 „	1,7 „
„ 2100 „ 2700	–	–	2,3 „
„ 2700 „ 3000	–	–	2,9 „

Для тонкихъ листовъ съ толщиной отъ 5 мм и ниже допускаются не-

*) Удѣльный вѣсъ литого ассенза при вычисленіяхъ вѣса принимается въ 7,85

допускающий уклонения въ толщ.

±5% при толщинѣ отъ 2 до 5 мм

±7% " " " 1 " 2 "

±9% " " " ½ " 1 "

сами только ширина и длина листа удовлетворяють слѣд. условіямъ.

1) при толщинѣ отъ ½ до ¾ мм наибольш. допуск. ширина 1000 мм

⅞ " 1 " " " " 1150 "

1¼ " 1⅜ " " " " 1400 "

1½ " 2 " " " " 1500 "

2¼ " 4,9 " " " " 1700 "

2) наибольшая допускаемая длина листа L

толщ. листа отъ ½ до ¾ мм ширина до 800 мм ..... L = 2000 мм

" " " ½ " ¾ " " отъ 800 до 1000 мм ... " 1800 "

" " " ⅞ " 1 " " до 900 мм " 2500 "

" " " ⅞ " 1 " " отъ 900 до 1150 мм " 2250 "

" " " 1¼ " 1⅜ " " до 1000 мм " 3000 "

" " " 1¼ " 1⅜ " " отъ 1000 до 1250 мм " 2600 "

" " " 1¼ " 1⅜ " " " 1250 " 1400 " " 2300 "

" " " 1½ " 2 " " до 1000 мм " 3800 "

" " " 1½ " 2 " " отъ 1000 до 1300 мм " 2800 "

" " " 1½ " 2 " " " 1300 " 1600 " " 2500 "

" " " 2¼ " 3 " " до 1000 мм " 4000 "

" " " 2¼ " 3 " " отъ 1000 до 1250 мм " 3500 "

" " " 2¼ " 3 " " " 1250 " 1400 " " 3200 "

" " " 2¼ " 3 " " " 1400 " 1700 " " 2800 "

" " " 3¼ " 4,9 " " до 1700 мм " " 4000 "

Опредѣленіе толщины листа дѣлается посредствомъ винтового микрометра, причемъ измѣреній начинаютъ отъ края на разстояніи 40 мм

а отъ угла на разстояніи 100 мм.

Допущенія въ вѣсѣ считаются нормальными при ± 3% на всю партію противъ вычисленнаго нормальнаго вѣса. Въ отдѣльныхъ же листахъ считаются нормальными такія уклоненія: при толщинѣ листа свыше 2400 мм. и до 2700 мм. — ± 5%, а при листахъ съ толщиной свыше 10 мм. ± 8%; при толщинѣ менѣе 10 мм и ширинѣ отъ 2100 — 2700 мм а также и при ширинѣ свыше 2700 мм. для всякой толщины — на вѣсъ отдѣльныхъ листовъ не обращается вниманія

Родъ пробы Для всѣхъ листовыхъ сортовъ назначаются:

1. Пробы на вытягиваніе и разрывъ

2. Пробы на изгибъ въ холодномъ состояніи, нагрѣтомъ, а иногда и въ закаленномъ.

3. Проба на сплющиваніе и пробиваніе дыръ.

Заготовка пробныхъ образцовъ: а) Всѣ образцы, предназначающіяся для какой нибудь пробы, въ горячемъ состояніи выправляются и медленно послѣ этого остуживаются.

б) Образцы съ какими нибудь порогами не допускаются къ испытанію

в) Длина образцовъ д. б. не менѣе 400 мм., а ширина не менѣе 50 мм.

г) Узкія стороны образца подвергаются такого рода обработкѣ, чтобы вредное вліяніе рѣзки ножницами, пробиванія или отрубанія можно было считать вполнѣ устраненнымъ; но корка на широкой сторонѣ образца должна быть сохранена.

д) Образцы для испытаній на вытяжку и разрывъ обрабатываются вполнѣ аккуратно на длинѣ не менѣе 200 мм и притомъ такъ, чтобы площадь сѣченія была не менѣе 300 и не болѣе 600 кв. мм.

е) Образцы предназначенные для сгибанія должны имѣть закругленныя кромки

Пріемъ партіи а) Листы разсматриваются пріемщикомъ въ прокат-

ной мастеркой сыче до обрыва у него кромок и проб новых образцов.
Выборе листов, отъ которыхъ должны быть взяты образцы для испыта
нія предоставляется пріемщику.

б) Если при пробѣ отобранныхъ образцовъ, здоровыхъ на видъ, оказыва-
ется при испытаніи на разрывъ или изгибъ какіе либо внутренніе пороки
то эти пробы въ счетъ не входятъ и на результаты пріемки не вліяютъ

в) Колич. крѣпости выражается въ кг. на 1 кв. мм, а вытяжка до разры-
ва опредѣляется, относя ее къ первоначальной длинѣ образца не мень-
шей 200 мм.

г) При пробѣ на изгибъ полоса считается выдержавшей, если на вы-
пуклой сторонѣ перелома будетъ обнаруженъ связной металличес-
кій изломъ матеріала. Переломъ дѣлается на валькѣ въ 25 мм. діам.,
а при листахъ съ толщиной болѣе 25 мм. - на валькѣ съ діаметромъ
равнымъ тройной толщинѣ листа.

д) Горячая проба производится при вишнево-красномъ нагревѣ. Мѣсто
перелома отмѣчается предварительно надрубкой. На переломѣ не дол-
жно образоваться ни трещинъ ни расслоенія

е) Проба на изгибъ въ закаленномъ состояніи производится посл
нагрева до темновишневаго каленія и охлажденія въ водѣ при 28° Ц
Для этой же пробы берутся долевые и поперечные образцы

ж) Листы должны быть свободны отъ всякихъ пороковъ, получающих-
ся при прокаткѣ и толщина ихъ ни въ одномъ мѣстѣ не должна
быть менѣе нормальной наименьшей

Частныя положенія

1 Листы изъ мягкаго мартеновскаго железа

1 Судовое и резервуарное листовое железо

По доброкачественности здѣсь различается железо двухъ сортовъ
Пробы на растяженіе и сгибаніе продолжаются; принимая

во внимание следующія нормы.

	1 сорт	2 сорт
Коэффиціентъ крѣпости образца вдоль листа	35 кг	31,5 кг
" " " поперекъ "	28,5 "	27,5 "
Вытяжка при разрывѣ вдоль листа	7%	5%
" " " поперекъ "	5%	3%
Уголъ загиба въ горячемъ состояніи вдоль	125°	90°
" " " " " поперекъ	90°	60°

Углы загиба въ холодномъ состояніи поставлены въ слѣдующую зависимость отъ толщины листа:

При толщинѣ листа	1 сортъ		2 сортъ	
	вдоль	поперекъ	вдоль	поперекъ
до 5мм	90	40	75	30
отъ 6 до 8 "	70	40	55	20
" 9 " 11	50	30	45	15
" 12 " 16	35	15	30	10
" 17 " 19	25	10	20	5
" 20 " 22	20	5	15	—
" 23 " 25	15	5	10	—

2 Котельное листовое железо

Здѣсь различаютъ 3 сорта 1й сортъ идетъ для такихъ частей котла которыя подвергаются непосредственному дѣйствію пламени топки; 2й сортъ идетъ на выдѣлку дымовыхъ трубъ, днищъ колпака, соединительныхъ штуцеровъ, словомъ такихъ частей у которыхъ отгибаемыя края приходится обрабатывать фланцы; третій сортъ идетъ на изготовленіе всѣхъ остальныхъ частей.

Пробы на разрывъ. Для листовъ съ толщиной свыше 25 мм установ-

мены нижеследующія нормы:

Сортъ драпа	первый		второй		третій	
Направленіе волокн	вдоль	поперекъ	вдоль	поперекъ	вдоль	поперекъ
Коэф. крѣпости въ кг.	36	34	35	33	33	30
Вытяжка въ %	18	12	12	8	7	5

Каждая изъ приведенныхъ цифръ (коэф. крѣп. и вытяжки) можетъ быть на 1 менѣе, если другая будетъ въ это время на 1 болѣе. Напр., драпъ II сорта можетъ обладать коэффф. крѣп. въ 34 кг. и вытяжкой вдоль 13% или коэф. крѣп. поперекъ въ 34 кг. и соотв. вытяжкой въ 7%.

Для листовъ съ толщиной болѣе 25 мм. установлены для коэф. крѣпости такія нормы.

Сортъ драпа	первый		второй		третій	
Направленіе волокон	вдоль	поперекъ	вдоль	поперекъ	вдоль	поперекъ
Толщ. отъ 26 до 28 м/м	35,5	33,5	34,5	32,5	32,5	29,5
" " 28 " 30 "	35,0	33,0	34,0	32,0	32,0	29,0
" " 30 " 32 "	34,5	32,5	33,5	31,5	31,5	28,5
" " 32 " 33 "	34,0	32,0	33,0	31,0	31,0	28,0

Для вытяжки въ этомъ случаѣ требуются тѣ же нормы, какъ и при толщинѣ менѣе 25 мм.

Коэффициентъ крѣпости болѣе 40 кило. на 1 кв. милим. не допускается.

Пробы на изгибъ: а) въ холодномъ состояніи

Сорта фланели	первый		второй		третий	
Направление волокон	вдоль	поперек	вдоль	поперек	вдоль	поперек
Толщ. отъ 6 до 8 мм	130°	110°	110°	90°	70°	45°
„ 8 „ 10 „	120	100	100	80	65	40
„ 10 „ 12 „	110	90	90	70	60	35
„ 12 „ 14 „	100	80	80	60	55	30
„ 14 „ 16 „	90	70	70	50	50	25
„ 16 „ 18 „	80	60	60	40	45	20
„ 18 „ 20 „	70	50	55	30	40	17
„ 20 „ 22 „	60	40	50	25	35	15
„ 22 „ 24 „	55	30	45	20	30	12
„ 24 „ 26 „	50	20	40	15	25	10

б) Въ горячемъ состояніи при всякой толщинѣ листа

1-й сорта 180° вдоль и поперекъ волоконъ

2-й „ 180 „ „ 150° поперекъ

3-й „ 150 „ 100 „

Пробы на раскловку и пробиваніе. Образцы шириною въ 100 мм нагріваются до краснаго каленія и раскловываются въ ширину до 150 мм. Кромѣ того, при этомъ все нагрѣвъ пробивается отверстіе въ разстояніи отъ кромки, равномъ половинѣ толщины листа. При обычныхъ операціяхъ кромки должны сохраняться въ цѣломъ не оборванномъ видѣ.

3. Тонкосортное листовое железо.

Ассортиментъ большого разнообразія въ сортахъ листовъ и работахъ, на которыя они идутъ, особыхъ постоянныхъ нормъ не устанавливается въ этомъ родѣ. Тонкосортное железо пробъ на разрывъ не подвергается ни въ какомъ случаѣ.

II Листы изъ литого железа

1 Судовое и резервуарное литое листовое железо.

Назначается для него только одна качественная проба на разрывъ, при которой коэф. крепости должень получиться отъ 35 до 45 кг. на 1 кв. мм, а вытяжка не менее 20%

2. Котельное литое листовое железо

Здесь установлено только два сорта — 1-й и 2й изъ нихъ 1й сорта литого железа соответствуетъ 1-му и 2-му сорту пудлингованаго железа. а второй сортъ литого 3-му сорту пудлингованаго.

Для 1-го сорта требуется коэф. крепости вдоль и поперекъ прокатки отъ 34 до 40 кг. и вытяжка не менее 25% въ обоихъ направленіяхъ

Для второго сорта коэф. крепости въ обоихъ направленіяхъ — отъ 38 до 42 кг. а вытяжка — не менее 20%

При холодной пробѣ на изгибъ уголь загиба долженъ быть въ 180° въ обоихъ направленіяхъ вдоль прокатки и поперекъ). При горячей пробѣ должно происходить почти полное при радіусѣ внутренняго закругленія равномъ нулю

Проба въ закаленномъ состояніи происходитъ изгибаніемъ на уголъ въ 180° вокругъ валика, діаметръ котораго для перваго сорта долженъ быть равенъ двойной толщинѣ листа, а для второго сорта тройной толщинѣ листа.

Пробы на растяженіе и пробивай здѣсь по все самыя, что и для пудлингованаго железа

Б. Продажные сорта железа.

I Пудлинговое железо

Общія положенія Всѣ вырабатывающія нормы относительно коэф. крѣпости и вытяжки относятся къ полосовому и угловому железу съ толщиною только до 16 мм, а къ круглому и квадратному — только до

25 мм.. Если требуются пробы отъ болѣе толстыхъ сортовъ, то испытуемые образцы, взятые отъ полосъ, сначала проковываются до вышеуказанныхъ размѣровъ, а затѣмъ подвергаются испытанію

Различаютъ 3 сорта продольнаго двутавра: 1-й сортъ (best-best, Nieteisen-Qualität), 2-й сортъ (best-Hufeisen-Qualität) и 3-й сортъ (обыкновенное двутавровое или балочное).

Съ двутавромъ 3-го сорта никакихъ пробъ не производится.

Пробы на разрывъ. Для 1-го сорта требуется коэф. крѣпости не менѣе 37 кг., а вытяжка не менѣе 15%, а для 2-го сорта — 35 кг. и 12%

Холодная проба на изгибъ. Изъ полосоваго и углового двутавра (при толщ. менѣе 16 мм) готовятся полосы отъ 30 до 50 мм. шириною, а круглое и квадратное двутавро (съ толщ до 25 мм) берется въ его естественномъ видѣ; кромки скругляются подпилкомъ; перегибъ требуется производить вдвое вокругъ валика, діаметръ котораго для 1-го сорта должен равняться одинарной толщинѣ образца, а для 2-го сорта — двойной толщинѣ образца

Горячая проба дѣлается загибаніемъ полосы вдвое для перваго сорта до полнаго ея всей длины прикосновенія сложенныхъ концовъ полосы, а для втораго сорта — на валикъ, діаметръ котораго должен равняться толщинѣ образца. Для круглаго двутавра 1-го сорта обязательна также проба на осаживаніе цилиндрика съ длиной вдвое больше діаметра до половинной его длины.

II Литое железо

Различаются тоже до 3 сорта, но между 1-мъ и 2-мъ не дѣлается никакой разницы въ требуемыхъ нормахъ коэф. крѣпости и вытяжки; 3-й сортъ также и здѣсь не подвергается никакимъ испытаніямъ

Внѣшняя форма полосъ должна быть безупречна, гладкая безъ пузырей и разслойки, безъ рваныхъ кромокъ и съ полнымъ профилемъ по всей длинѣ

Коэф. крѣпости должен быть отъ 34 до 44 кг на 1 кв. мм, а вытяжка не менѣе 20%.

D. Проволока

Общія положенія Опредѣленныя нормы для всѣхъ сортовъ проволоки не назначаются, такъ какъ число этихъ сортовъ и способъ употребленія ихъ слишкомъ разнообразны.

Проволока для гвоздей, пруженъ и пр. Должна быть съ гладкою поверхностью, безъ глубокихъ продольныхъ царапинъ и безъ раковинъ мягкость и твердость соображаются съ назначеніемъ уклоненія отъ нормальной толщины и допускаются на ± 2½%

Телеграфная проволока изъ литого эссемза., оплавленная и оцинкованная, должна обладать коэф. крѣпости не менѣе 40 кг Кромѣ того отъ нея требуется большее сопротивленіе закручиванію Проба производится на специальной крутильной аппаратѣ*) при длинѣ въ 15 сант. Число завитковъ, выдерживаемое проволокой на этой длинѣ, дается слѣдующей таблицей:

діаметръ проволоки	5	4	3	2,5	2	1,7 мм
число завитковъ	15	18	21	25	27	30

Испытаніе проволоки на изгибъ дѣлается посредствомъ другого специальнаго аппарата*) въ которомъ проволока посредствомъ зажима гнется на 180° вокругъ валика съ радіусомъ въ 10 или 5 мм. отгибаясь на 90° въ одну сторону отъ вертикали и на 90° въ другую. Это происходитъ до тѣхъ поръ, пока проволока не переломится. Число нормальныхъ перегибовъ дается слѣдующей таблицей

діаметръ проволоки	5	4	3	2,5	2	1,7 мм.
число перегибовъ	6	7	6	9	13	15
радіусъ закруглен ребра	10 мм		5 мм.			

*) Описаніе этихъ аппаратовъ помѣщено въ *Техн. Сборн.* за 1890 г. № 3 стр. 118.

Телефонная цинкованная проволока изъ мягкой стали должна обнаружить крайнее отъ 130 до 140 кг на 1 кв. мм. витоватость отъ нея требуется въ 5 разъ при длинѣ испытуемаго образца въ 500 мм. Число загибовъ на закруглении съ радіусомъ въ 5 мм. требуется такое:

при діаметрѣ	2,5	2,2	2	1,8	1,6 мм
число загибовъ	4	6	7	8	10

Е. Чугунное литье

Условія выработанныя для чугуна, употребляемаго въ постройкахъ, въ машиностроеніи и для трубъ

Литье должно быть выполнено изъ сѣраго мягкаго чугуна и не должно имѣть ни выѣденинъ, ни внутреннихъ пороковъ. При ударѣ молоткомъ по кромкѣ литья кромка отщепать не должна.

Коэф. крѣпости для чугуннаго образца должень быть не менѣе 12кг.

Необработанный квадратный чугунный брусокъ со сторономъ квадрата въ 30 мм свободно положенный на 2 опоры въ разстояніи 1 м. одна отъ другой, при постепенномъ нагруженіи груза на средину его должен выдержать до 450 кг безъ излома

Колонны При внѣшнемъ діаметрѣ колонны въ 400 мм. и при длинѣ въ 4 мм разница въ толщинѣ стѣнокъ стѣнки въ разныхъ мѣстахъ его не должна превосходить 5 мм. При колоннахъ большаго размѣра допускается въ этой величинѣ прибавка въ $\frac{1}{2}$ мм на каждые 100 мм. въ діаметрѣ и на каждый лишній 1 м. въ длину. Во всякомъ случаѣ самое тонкое мѣсто не должно имѣть менѣе 10 мм въ толщинѣ. Размѣры же колонны опредѣляются данной ей нагрузкой особому соглашенію.

Трубы Размѣры водопроводныхъ трубъ съ фланцами и раструбами назначаются сообразно съ нормами, выработанными въ 1882 г. Обществомъ горныхъ инженеровъ [+]) Опредѣляемая этими нормами толщина

[+]) См. Атласъ деталей машинъ проф. П. К. Худякова, т. 1, табл 12

стенок достаточна для работы без ударов при давлении до 10 атм. и для пробного давления до 20 атм. Для труб работающих при ударах и для труб паропроводных предлагается вводить некоторое увеличение толщины стенки на счет сокращения внутреннего диаметра трубы и не менять наружного диаметра

Уклонения от предписанного нормального веса трубы допускаются на ± 5%. Удельный вес чугуна при расчетах принимается = 7,25

Трубы отливаются в горизонтальных сухих формах без всяких посторонних поддержек для внутреннего отверстия где либо подлить его в виде гвоздей и т. п. Трубы вертикальной отливки заказываются по специальному соглашению

Излом материала в трубах должен быть мелкозернистым и настолько мягким, чтобы его свободно можно было обрабатывать пилой

46. Фасонная стальная отливка.

Литье стальное должно быть чистым, ровным без раковин и однородным на вид. Проба литья, которое получается в обыкновенных одноразовых формах, должна быть такими образом, что одновременно с отливкой деталей должна отливаться и пробного образца; коэф. крепости его должен быть от 45 до 60 кг. а вытяжка от 8 до 10%. Удельный вес литой стали в расчетах принимается равным 7,85.

Уклонение от нормального вычисленного веса допускается в ± 5%. Для легких деталей на обрабатываемых поверхностях требуется напуск не менее 5 мм., а для крупных деталей – до 10 мм.

Медь

После фарфора — медь наиболее важный для техники металл. Она имеет темно-красный цвет, вследствие чего слитая медь в продаже известна под названием красной. Этот металл очень ковок и вязок, более чем фарфор, и достаточно крепок. Его удельный вес от 8,6 до 8,93. Температура плавления согласно Пулье около 1120°С. При плавлении фарфор испаряется, при чем пары сгорают зеленым пламенем. Замечательно хороший проводник теплоты и электричества. Медь не окисляется при низких температурах и в сухом воздухе, но это окисление идет очень быстро в сырой насыщенной кислотами атмосфере и при красноватом фарфоре

В чистом виде медь употребляется сравнительно в небольшом количестве, главным же образом она встречается в виде сплавов с другими металлами

Хорошая медь должна иметь коэф. крепости не меньше 20 кг. на кв. мм. Холодная обработка, как напр.. волочение проволоки может удвоить этот коэф., но при этом медь становится твердой и утрачивает свою вязкость. Это качество может быть снова возстановлено, нагревая медь и быстро охлаждая, т.е. поступая как раз обратно тому, что делается при отвердении фарфора. При нагревании крепость меди уменьшается, как это видно из диаграммы помещенной в Таблице I фиг. I.

Окислы меди очень ядовиты и потому ее поверхность обыкновенно покрывается оловом во всех тех случаях, где можно ожидать опасности от окисления.

Чистая медь отливается очень плохо, поэтому ее обыкновенно употребляют для отливок в виде сплавов. Если к меди прибавить немного фосфора, то можно получить отливку очень под-

ную. Фосфоръ не допускаетъ образованія окисловъ, отчего плотность и крѣпость мѣди значительно повышается. По испытаніямъ Абеля, прибавленіе фосфора отъ 1% до 4%, коэф. крѣпости увеличивается отъ 20 до 35 кил. на кв. мм

Фише[1] нашелъ, что если мѣдь послѣ обработки подвергать отжиганію, то ея плотность измѣняется въ зависимости отъ того, нагрѣвалась ли она при доступѣ, или безъ доступа воздуха: въ первомъ случаѣ плотность при обработкѣ увеличивается, во второмъ-уменьшается

Всѣ продажные сорта мѣди содержатъ обыкновенно примѣси: серу, мышьяка, кислорода и легко сплавляются со свинцомъ, оловомъ, желѣзомъ, никкелемъ, висмутомъ, серебромъ и антимоніемъ

Изъ примѣсей наиболѣе вредны сѣра и кислородъ. Даже такое количество примѣсей, какъ 0,1%, уже значительно измѣняетъ качества мѣди: по свидѣтельству Эдьмстона ея электропроводимость уменьшается при этомъ на 10%

Обыкновенно мѣдь употребляется въ формѣ листовъ или проволоки. Тяжелые листы идутъ на приготовленіе плоскихъ котловъ въ паровозахъ, такъ какъ фальцъ въ этихъ листахъ легко сгибается быстро перегорѣетъ; такіе листы употребляются для приготовленія различныхъ сосудовъ для химическихъ производствъ и для приготовленія трубъ. Тонкіе листы обладаютъ часто странной особенностью терять свою крѣпость со временемъ. Причина этого хорошо не выяснена.

Размѣръ находящихся въ продажѣ листовъ обыкновенно $\frac{1}{2}$ ар. X 2 ар. По заказу можно достать листы до 3500 м/м длины.

Круглая мѣдь въ прутьяхъ находится въ продажѣ отъ $\frac{3}{8}$" до 2"

Квадратная отъ $\frac{1}{4}$" до 2"

---

[1] Comptes Rendus 1862 стр. 143-7

Форма после этого наз. проволокой и центрируется стрелочными камнями.

Модель сравнительно мало подвергается обработке при помощи резания: она слишком мягка и вязка, так что резцы легко загрязняются, в особенности если углы резания малы. Большая ковкость олова допускает легкую обработку ее при помощи молотка, иногда в горячем, но чаще в холодном состоянии. Тогда олово вытягивается и затем отжигается до фасонной формы. Если при такой обработке металл сделается твердым и хрупким, то ему возвращается мягкость нагревая его и быстро охлаждая

Отдельные модные части соединяются между собою при помощи спайки. Для этого употребляются сплавы называемые припои, т. е. вещества более легкоплавкия, чем металл. Если сложенные вместе два куска нагреть до температуры плавления припоя и затем ввести его между ними, то два куска соединятся в одно целое. Припои бывают двух родов: тугоплавкие – твердые припои (сплав меди с большим содержанием цинка) и более легко-плавкие – мягкие припои (сплав олова и свинца) Сплавляемые поверхности должны быть предварительно очищены от окислов. Для этого обыкновенно употребляется раствор цинка в соляной кислоте. Эта функция выполняется – повидимому – ионом цинка. Ионизация цинка, по которому идет ток, должна сопровождаться спайкой. Кроме того скрепление должно быть произведено флюсом

Флюсом называется вещество для предупреждения окисления спаиваемых поверхностей. Так, олово покрывается тонкой пленкой. Для этого поверхность сперва хорошо очищается скребком или наждачной бумагой, затем промывается раствором хлористого цинка или раствором цинка в соляной кислоте. Когда получена чистая металлическая поверхность свободная от окислов и фасонного ме-

ществъ, что плавятъ олово и рафинируютъ его съ мѣдной поверхности Олово соединяется съ мѣдью и предохраняетъ ее отъ окисленія

Чистая мѣдь, обладая прекрасной электропроводностью, употребляется въ громадномъ количествѣ для электрическихъ проводовъ

Хорошая сплавная мѣдь должна имѣть слѣдующіе коэф. крѣпости

въ отливкахъ ..... 17 кил.
въ поковкахъ ..... 20 „
въ проволокѣ ..... 40 „

Въ большинствѣ случаевъ мѣдь употребляется въ видѣ сплавовъ съ оловомъ, цинкомъ и др.

Олово

Чистое олово никогда не бываетъ чисто. Его удѣльн. вѣсъ 7,2–7,4. Цвѣтъ серебристый съ зеленоватымъ оттѣнкомъ. Оно обладаетъ особымъ специфическимъ запахомъ; окисляется довольно трудно. При сгибаніи издаетъ характерный трескъ. Крѣпость его незначительна (отъ 1,5 до 4 кил на □ m/m, тягучесть очень большая, такая большая и ковкость. Плавится олово около 230° С Кипитъ при большомъ каленіи

При обыкновенныхъ температурахъ олово окисляется очень мало, но при большой сырости легко сгораетъ бѣлымъ пламенемъ. Подъ дѣйствіемъ сѣрнаго водорода становится кристаллическимъ и легко крошится

Главными образомъ олово употребляется въ видѣ сплавовъ съ мѣдью цинкомъ, свинцомъ и для производства фольги (фольгою покрытое тонкимъ слоемъ олова около 0,001)

Желтый окиселъ олова применяется для полировки металловъ и стекла

Олово легко прокатывается въ тонкіе листы, идущіе подъ назва-

. жёлтый хромат для обертывания, а также протягивается въ трубки и прово-
локи.

Въ продажѣ находится въ видѣ гранулъ и въ видѣ прутиковъ.

Цинкъ

Металлъ серебристаго цвѣта. Удѣльн. вѣсъ 6,8 до 7,2. Температура плавленія 420°С. Кипитъ при 1040°С пары сгораютъ яркимъ голубымъ пла-
менемъ и образуютъ бѣлый окисель. Вообще цинкъ осень хрупокъ, но нагрѣ-
тый немного выше точки кипѣнія воды (120°С) пріобрѣтаетъ довольно
большую ковкость и въ этомъ состояніи можетъ прокатываться въ
листы, нагрѣтый нѣсколько больше, снова дѣлается хрупкимъ и при
200°С его можно растереть въ порошокъ. Коэф. крѣпости цинка около 3 кил.
на □ m/m.

Цинкъ употребляется въ большомъ количествѣ въ видѣ листовъ для
покрытія крышъ, обшивки судовъ, посуды и т. п. Цинкъ употребляется
также для приготовленія гальванизированнаго или цинкованнаго желѣ-
за, для этого желѣзо погружается въ расплавленный цинкъ и покрывает-
ся тонкимъ слоемъ металла. Будучи наиболѣе электроположительнымъ
элементомъ, цинкъ предохраняетъ желѣзо отъ ржавчины.

Окисель цинка не растворимъ въ водѣ, но, если въ водѣ присутствуетъ
сѣрная кислота, то тогда образуется сѣрнокислое соединеніе цинка, рас-
творимое и при такихъ условіяхъ цинковая покрышка на желѣзѣ мало по
малу уничтожается

Цинкъ также употребляется въ большомъ количествѣ для приготов-
ленія архитектурныхъ украшеній, которыя или отливаются или штампуются

Если цинкъ отливать при очень сильномъ нагрѣвѣ, то онъ получает-
ся хрупкимъ и кристаллическимъ, если же отливки производить при
температурѣ близкой къ точкѣ плавленія, то они выходятъ болѣе мягкія

Цинкъ въ большомъ количествѣ употребляется для приготовленія сплавовъ съ мѣдью.

Свинецъ

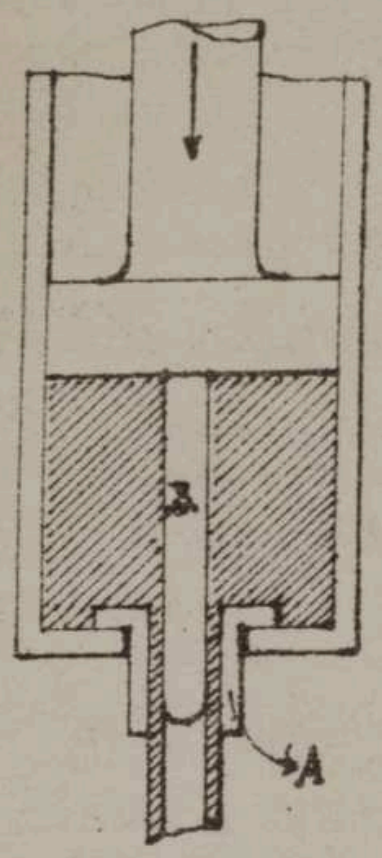
Свинецъ представляетъ изъ себя сѣрый, блестящій металлъ, почти неупругій, настолько мягкій, что легко царапается ногтемъ. Коэф. крѣпости свинца около 1,5 кил. на кв. мм. Удѣльный вѣсъ 11,4. Легко плавится при 330° С. При плавленіи поглощаетъ 5,4 единицъ теплоты. Очень плохой проводникъ теплоты и электричества.

Въ сухомъ воздухѣ окисляется очень мало; образующійся окисель служитъ предохранительной покрышкой отъ дальнѣйшаго окисленія. Въ сыромъ воздухѣ, въ присутствіи углекислой и уксусной кислотъ окисленіе идетъ довольно быстро. Свинецъ легко растворяется въ водѣ, содержащей угольную кислоту и соли азотной кислоты. Окиси свинца — сурикъ и свинцовыя бѣлила, употребляются какъ краски и какъ цементирующее вещество для прокладки между фланцами, при свинчиваніи трубъ и вообще въ такихъ случаяхъ, гдѣ желаютъ достигнуть непроницаемаго соединенія. Разведенныя въ маслѣ сурикъ или свинцовыя бѣлила совершенно затвердѣваютъ, отлично и послужатся непроницаемымъ.

Въ продажѣ свинецъ имѣется въ видѣ чушекъ около 3 футъ длиной, вѣсомъ около 40 пудъ. Чушки прокатываются въ листы шириною до 7 футъ и длиною до 35 футъ, въ такомъ видѣ металлъ въ продажѣ называется рольнымъ свинцомъ. Рольный свинецъ употребляется для обшивки деревянныхъ резервуаровъ и другихъ вещей, служащихъ для непроницаемыми для воды.

Свинецъ въ большихъ количествахъ идетъ для приготовленія трубъ. Для этого свинецъ плавится въ чугункахъ и выливается въ особый сосудъ съ поршнемъ; при нажатіи поршня, свинецъ, вслѣдствіе большой пластичности, вытекаетъ изъ отверстія въ видѣ трубы

фиг. 42.



Мелкая мундштучки А и электроды В (фиг. 42.) можно изъ одного и того же сосуда получать трубы различныхъ діаметровъ. Температуру свинца нужно въ это время поддерживать около 200°С. Такимъ образомъ приготовленная свинцовая полоса и проволока, которыя употребляются вмѣстѣ очень рѣдко

Свинецъ употребляется также въ видѣ сплавовъ съ мѣдью и оловомъ

Никкель

Это бѣловатый, блестящій металлъ, имѣющій довольно большую вязкость и ковкость. Его твердость почти такая же, какъ и желѣза, но плотность нѣсколько больше: удѣльн. вѣсъ отъ 8,3 до 8,9. Температура плавленія около 1600°С

Окисляется никкель довольно трудно, при этомъ образующійся окиселъ не портитъ полированной поверхности и легко счищается съ нея

Никкель можетъ сплавляться и коваться, но обыкновенно онъ употребляется въ видѣ сплавовъ, или же для покрытія тонкимъ слоемъ другихъ менѣе окисляющихся металловъ

Покрываніе никкеля на другіе металлы производится весьма удобно при помощи гальванопластики. Ванна составляется изъ раствора хлористаго никкеля или сѣрно-никкелевой соли. Пластинки приготовляются особыя никкелевыя пластинки, которыя при гальванопластикѣ опускаютъ анодами.

Алюминій

Чистый алюминій похожъ на серебро, но имѣетъ нѣсколько синеватый оттѣнокъ. Продажный алюминій содержитъ отъ 1% до 2%

примѣсей, главными образомъ кремнія и фосфора. Первый изъ нихъ нѣсколько улучшаетъ его свойства, сообщая алюминію крѣпость и твердость; примѣсь же фосфора дѣйствуетъ обыкновенно вредно

Алюминій очень легокъ, — его удѣльный вѣсъ колеблется отъ 2,5 (литой) до 2,7 (кованый) Алюминій очень ковокъ, наибольшую ковкость онъ получаетъ при нагрѣваніи отъ 100° до 150°C. Нагретый болѣе 200°C алюминій становится красноломкимъ. При температурѣ 540°C онъ начинаетъ крошиться и при дальнѣйшемъ нагрѣваніи разминается все больше и больше и наконецъ при 650°C дѣлается совсѣмъ хрупкимъ. Переходитъ въ твердый сплавъ алюминій такъ медленно, какъ и плавится, такъ что при содержаніи 10 кил. расплавленнаго металла онъ требуетъ продолжительности около 45 мин. прежде чѣмъ металлъ затвердѣетъ

Коэф. линейнаго расширенія алюминія на 1°C — 0,0000206 — 0,0000281

При остываніи литой алюминій даетъ усадку 2,6%

Коэф. крѣпости алюминія измѣняется въ зависимости отъ обработки. Слѣдующая таблица представляетъ крѣпость алюминія въ различныхъ его состояніяхъ.[1])

Химическій составъ металла	Алюминій	Кремній	Фосфоръ
	отъ 97% до 99%	отъ 1% до 3,8%	отъ 0,04% до 0,2%

	литой	листы	полосы	проволока
Предѣлъ упругости при растяженіи	4,5	8,4	9,8	11,2
Коэф. крѣпости растяженія	10,5	16,8	18,2	21,0
Сжатіе поперечнаго сѣченія	15%	35%	40%	60%
Коэффиціентъ упругости	84300	91300	13300	
Предѣлъ упр. сжатія (длина образца въ 2 раза діам)		2,5		
Разрушающее усиліе при сжатіи		9,1		

[1]) Paper read by Hunt before the American Institute of Mining Engineers; Engineering, March 1890 стр 373

Из этой таблицы видно, что крепость алюминия не чрезвычайно крепости чугуна, а потому общераспространенное мнение о возможности замены фасада алюминием совершенно несправедливо; дабы если сравнивать пас по весу, то и тогда фасадъ оказается крепче алюминия

Алюминий хорошо оплавается. Формы для отливки могутъ приготовляться изъ песку или изъ металла. При плавкѣ алюминія необходимо его нагревать много выше точки плавленія, такъ какъ при этомъ металлъ поглощаетъ газы и, выдѣляя ихъ при остываніи, даетъ пористыя отливки. При устройствѣ формъ нужно принимать во вниманіе большую усадку алюминія и сообразно съ этимъ конструировать пас

Алюминій отлично куется даже въ холодномъ состояніи. онъ можетъ быть вытянутъ въ листы толщиною до 0,01 мм. При холодной обработкѣ онъ становится очень твердымъ и потому его приходится нѣсколько разъ отжигать. Наилучшая температура для отжига, это немного ниже красного каленія. Очень тонкія изъ алюминія могутъ быть отжигаемы въ кипящей водѣ

Алюминій не подвергается дѣйствію магнетизма и потому очень цѣненъ для изготовленія футляровъ у компасовъ и др. физическихъ инструментовъ. Онъ хорошо проводитъ теплоту и электричество; его теплопроводность по сравненію съ серебромъ 0,31, электропроводность по сравненію съ ртутью 31.

Алюминій не подвергается дѣйствію ни сѣрной, ни азотной кислотъ, также на него слабо дѣйствуетъ растворъ обыкновенной поваренной соли. Онъ растворяется соляной кислотой и особенно сильно поддается дѣйствію щелочей. Алюминій [illegible] дѣйствію органическихъ веществъ и кислотъ, а потому очень удобенъ для приготовленія хирургическихъ инструментовъ.

Вообще алюминій, какъ металлъ трудно окисляющійся, можетъ

съ выгодою быть употребленъ такимъ, хотя примѣшанныя присутственныя мѣдяныхъ и мѣдяныхъ и бѣлизною съ тѣми довольно схожимъ частей и что другія мѣдяныя бѣлыя — смѣшанныя металлами могутъ скоро разрушиться.

Наибольшее распространеніе алюминій получилъ въ видѣ сплавовъ, которые отличаются замѣчательно хорошими качествами. Его сплавы раздѣляются на двѣ группы: одна группа (легкіе сплавы) состоитъ изъ соединеній алюминія съ другими металлами, содержаніе которыхъ не превышаетъ 15%; а другую группу (тяжелые сплавы) составляютъ различные металлы съ содержаніемъ алюминія не превышающимъ 15%. Въ этихъ пропорціяхъ сплавы получаются никуда не пригодные.

Для болѣе подробныхъ свѣдѣній относительно этого металла см. книгу Жукова. Алюминій и его металлургія 1893.

Антимоній

Сѣровато-бѣлый кристаллическій металлъ; довольно неверенъ; очень хрупокъ; не ковокъ. Плавится около 460°С. Удѣльный вѣсъ 6,7. Дурной проводникъ теплоты и электричества

Въ древнія времена изъ него отливались орнаментныя украшенія, теперь все онъ употребляется исключительно для приготовленія сплавовъ, какъ напр. британскаго металла, типографскаго металла др.

Висмутъ

Желтовато-бѣлый, хрупкій тяжелый металлъ. Удѣльн. вѣсъ 9,8 до 9,9. Плавится при 260°С

Главное его употребленіе подобно антимонію для составленія сплавовъ

Продажный висмутъ содержитъ всегда посторонніе примѣси, которыя могутъ быть удалены при плавкѣ его съ селитрой

Сплавы.

Металлы соединяясь друг съ другомъ образуютъ сплавы, которые вообще обладаютъ характерными для металловъ признаками: блескомъ, бо́льшей или меньшей вязкостью, крѣпостью, упругостью, плавкостью, проводимостью теплоты и электричества и др. Но всѣ эти качества обыкновенно значительно отличаются отъ такового качества составляющихъ сплавъ металловъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ изслѣдованія находятся повидимому въ извѣстномъ соотвѣтствіи съ составными частями, въ другихъ же не подчиняются никакимъ законамъ. Вслѣдствіе этого является вопросъ - что представляютъ изъ себя сплавы: химическія соединенія, или же просто механическія смѣси?

Положительнаго отвѣта на этотъ вопросъ нѣтъ: есть факты говорящіе въ пользу того и другого предположенія, что и выясняется при разсмотрѣніи общихъ свойствъ сплавовъ

Полученіе сплавовъ

1) Наиболѣе простымъ образомъ сплавы получаются, расплавляя металлы — и соединяя ихъ вмѣстѣ. При этомъ всегда замѣчается или выдѣленіе или поглощеніе теплоты. И то и другое обыкновенно проявляется въ очень незначительной степени, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ это явленіе выступаетъ очень рѣзко. Такъ напр., Моръ указалъ, что если взять въ равныхъ пропорціяхъ мелко измѣльченное олово, свинецъ и висмутъ и покрошить ихъ въ 8 частей ртути, то при этомъ температура сплава можетъ понизиться отъ +17°C и до −10°C

Нужно замѣтить, что не безразлично въ какомъ порядкѣ будутъ сплавляться металлы, такъ какъ при этомъ могутъ получиться сплавы, хотя обыкновенные по своему химическому составу, но различные по физическимъ свойствамъ.

2) Металлы могутъ соединяться также подъ

действіемъ сильнаго давленія

По опытамъ проф. Вальтера-Спринга оказывается, что удѣльныя металлы подъ сильнымъ давленіемъ снова образуютъ въ цѣльный слитокъ. Спрингъ нашелъ, что для спаиванія различныхъ металловъ нужно слѣдующее давленіе

для свинца ..... 20 кил. на кв. мм
" олова ..... 30 " " " "
" цинка ..... 60 " " " "
" антимонія ..... 60 " " " "
" алюминія ..... 60 " " " "
" висмута ..... 60 " " " "
" мѣди ..... 50 " " " "

Такимъ образомъ возможно сплавлять не только однородные металлы, но можно получать и сплавы нѣсколькихъ металловъ. Такъ, если взять въ измѣльченномъ состояніи 15 частей висмута, 8 час. свинца, 4 час. олова и 3 час. кадмія, то подъ сильнымъ давленіемъ получится сплавъ, который плавится при 98°C хотя самая низкая точка плавленія изъ составляющихъ его металловъ, олова, 232°C

Подобное сплавленіе металловъ нельзя приписать развитію теплоты при давленіи, такъ какъ давленіе при опытахъ производилось очень медленно.

На основаніи этого нужно считать доказаннымъ, что металлы могутъ соединяться въ холодномъ состояніи, если только ихъ частицы будутъ приведены достаточно близко другъ къ другу (тѣсно въ родѣ химическаго соединенія.)

3) Наконецъ, металлы могутъ соединяться при помощи электролиза, что очень часто и дѣлается для полученія бронзированныхъ изъ

Ликвация

Многіе сплавы, переходя изъ расплавленнаго состоянія въ твердое распадаются на составныя части. Это явленіе извѣстно подъ именемъ ликвациі

Степень ликвациі зависитъ отъ того, насколько сплавъ былъ нагрѣтъ передъ вливаніемъ въ форму для охлажденія, и какъ скоро быстро это охлажденіе производится. Но это вліяніе для различныхъ сплавовъ оказывается различнымъ образомъ. Для сплавовъ мѣди съ оловомъ быстрое охлажденіе уменьшаетъ ликвацію, при медленномъ же охлажденіи въ серединѣ отливки замѣтны бѣлыя пятна, которыя представляютъ собой сплавъ мѣди съ большимъ содержаніемъ олова. Точно также и внизу мѣдь замѣчается въ большемъ процентномъ содержаніи, чѣмъ въ верхней части, что требуетъ для охладительной формы, быстро отнимающей тепло, ликвацій почти не замѣчается. и, по свидѣтельству генерала Уханціуса, металлъ получается равномѣрный по составу!)

Подобное же явленіе ликвациі замѣчается при сплавкѣ сплавовъ металловъ съ металлоидами. Такъ напр, по опытамъ Снелуса[2] оказалось, что при сплавкѣ сѣрнистыхъ сплавовъ, содержащіеся въ нихъ примѣси, сѣра, фосфоръ, собираются главнымъ образомъ въ центрѣ слитка и въ верхней его части. Поэтому у сплавовъ, назначенныхъ для производства орудій, верхняя часть, какъ наиболѣе рыхлая и содержащая вредныя примѣси, отбраковается прочь

Явленіе ликвациі нужно имѣть въ виду при производствѣ большихъ отливокъ и даже поковокъ, такъ какъ часто, повидимому, необходимыя предѣлы могутъ далеко быть превзойдены этому явленію.

1) A Treatise on Alloys, By Thurston стр 114

2) Roberts-Austen. Introduction to Metallurgy стр 65

Дѣйствіе электрическаго тока на сплавы

Насколько позволяютъ судить опыты, произведенные Обахомъ и Робертсомъ Аустеномъ") даже токъ силою въ 3а0 ампер не разлагаетъ сплавовъ и въ этомъ отношеніи сплавы походятъ на чистые металлы, а не на растворы химическихъ соединеній

Электропроводимость сплавовъ

По изслѣдованіямъ Маттиссена[2] электропроводимость сплавовъ можетъ быть графически представлена тремя линейными кривыми, показанными на фиг I въ видѣ буквы V (фиг II) въ видѣ буквы L (фиг. III) и прямой линіи (фиг IV). Примѣсь золота къ мѣди, электропроводимость ея быстро уменьшается даже, по мѣрѣ увеличенія примѣси золота, остается нѣкоторое время постоянной, а потомъ начинаетъ снова увеличиваться, достигая электропроводимости чистаго золота.

Тотъ фактъ, что столь незначительныя примѣси, которыя по-видимому, не могутъ дать никакого опредѣленнаго химическаго соединенія, вмѣстѣ съ тѣмъ рѣзко измѣняютъ свойства сплава, заставляютъ предположить, что металлы, образуя сплавы, мѣняютъ свое аллотропическое состояніе

Переходъ въ сплавахъ металловъ изъ одного аллотропическаго состоянія въ другое

Возможность перехода металловъ изъ одного аллотропическаго состоянія въ другое была уже указана для объясненія явленій закалки. На тоже предположеніе наводятъ многочисленные факты, что прибавленіе къ металламъ самыхъ незначительныхъ количествъ другого веще-

---

1) Roberts - Austen. Introduction to the Study of Metallurgy стр. 87

2) Ibid - phil. Trans. Roy. Soc 1860 стр 61

сплава, неспособных образовать никакого определенного химического соединения, совершенно изменяют свойства металлов. Если напр., к расплавленному чистому висмуту прибавить 0,0005 теллура, то образовавшийся чистый металлик будет кристаллизоваться в кубические с зеркально-поверхностными кристаллами, тогда как содержащий примесь теллура кристаллизуется в самые мелкие кристаллы; первый будет отражать свет, а второй его рассеивать.

То, что металлы образуя сплавы, изменяют свое строение, может быть подтверждено непосредственными опытами: если взять сплав калия с 10% золота и бросить его в воду, то калий сплавится в воде, разлагая ее, а золото выпадается в виде черного порошка; этот темный порошок есть ничто иное, как другая аллотропическое состояние золота, которая соединяясь с водой образует гидрат золота. При нагревании порошка до красного каления, он снова превращается в блеск золота.

Здесь уместно указать на то, что, если из аллотропных форм золота выпустить ртуть, то полученная таким образом масса легко загорается на воздухе и подтверждает его переход в другое аллотропическое состояние.

Точно также, хотя алюминий и ртуть каждый отдельно не окисляются на воздухе, но если алюминий покрыть слоем ртути, то окисление быстро начинается и поверхность покрывается белой пленкой окисла, что опять указывает на перемену аллотропического состояния алюминия при образовании сплава с ртутью.

Помощью ли выделения при образовании сплавов вероятно трудно приписать внутреннему перемещению частиц при переходе металлов из одного аллотропического состояния в другое.

пропущено теплоты

Механическія свойства сплавовъ

Крѣпость, твердость и вязкость суть тѣ качества сплавовъ, которыя являются наиболѣе цѣнными для техники, къ сожалѣнію законы, которымъ они подчиняются въ зависимости отъ составныхъ частей, до сихъ поръ не выяснены.

Робертсъ Аустенъ*, произведя цѣлый рядъ испытаній надъ различными сплавами золота и другихъ металловъ, получилъ результаты, которые, повидимому, заставляютъ думать, что крѣпость сплавовъ и ихъ вязкость зависятъ въ большой зависимости отъ относительныхъ объемовъ, входящихъ въ сплавъ металловъ.

Сплавляя золото съ 0,2% другихъ металловъ Робертсъ Аустенъ замѣтилъ, что тѣ изъ нихъ, которыхъ атомные объемы менѣе или равны атомному объему золота, при сплавленіи съ нимъ увеличиваютъ крѣпость или все почти ее не измѣняютъ. Тѣ же металлы, атомные вѣса которыхъ больше, чѣмъ у золота весьма сильно сплавы съ нимъ дѣлаютъ крѣпостью и вязкостью.

Объяснить этотъ фактъ можно слѣдующимъ образомъ: можно предположить, что молекулы металла состоятъ изъ атомовъ элементарной шарообразной формы, которая, соприкасаясь, составляютъ между собою промежутки. Если этотъ металлъ сплавляется съ другимъ, у котораго атомы меньшаго объема, то они могутъ заполнить промежутки и, такимъ образомъ, увеличить сцѣпленіе. Такое же заполненіе промежутковъ можетъ быть произведено иногда и равными по объему атомами, если напр. послѣдніе расположены по угламъ правильнаго шестиугольника. Присоединіе же атомовъ большого объема раздвигаетъ первоначальные атомы и такимъ образомъ уменьшаетъ ихъ

* Report to the Alloys Research Committee. Enginering vol LII и LV
Roberts-Austen an Introduction to Metallurgy стр 79

сцепление.

Следующая таблица представляет влияние примеси различных металлов на крепость золота, согласно опытам Робертса Аустена.

Наименование металлов	крепость стержня на кил. на □ м/м	удлин. на 3"	количество примесей %	атомный объем
Калий	0,8	"	0,2	45,1
Висмут	0,8	"	0,21	20,9
Теллур	6,1	"	0,186	20,5
Цинк	6,4	4,9	0,240	18,0
Таллий	9,7	8,6	0,193	17,2
Олово	9,7	12,3	0,196	16,2
Антимоний	9,4	?	0,203	17,9
Кадмий	10,8	44,0	0,202	12,9
Серебро	11,0	33.3	0,200	10,1
Чистое золото	11	30,0	0,000	10,2
Палладий	11,0	32,6	0,205	9,4
Цинк	11,7	28,4	0,205	9,1
Родий	12,1	25,0	0,210	8,4
Марганец	12,4	29,7	0,207	6,8
Индий	12,4	26,5	0,290	15,3
Медь	12,7	43,5	0,193	7,0
Литий	13,8	21,0	0,201	11,8
Алюминий	13,8	25,5	0,186	10,6

Из приведенных элементов исключение составляют только Индий, Литий и Алюминий, которые, несмотря на большой атомный объем, все-таки увеличивают крепость и вязкость золота.

Нужно предполагать что они металлы, образуя сплавы, переходят из одного аллотропического состояния в другое

Плотность сплавов

Плотность сплавов редко представляется средним величиной из плотностей составляющих металлов. Обыкновенно, при сплавлении металлов плотность их или увеличивается, или уменьшается, указывая на то, что в первом случае произошло сплотнение частиц, а во втором разъединение. При отливке вертикальной полосы весьма легко может случиться, что верхняя часть получится более плотной, чем нижняя

Последовательныя перетопки сплавов увеличивают их плотность.

Плавкость сплавов

Почти во всех случаях температура плавления сплавов ниже средней температуры плавления составляющих сплав металлов. Некоторые сплавы, так называемые легкоплавкие; имеют температуру плавления ниже каждого из входящих в состав металлов

Это явление многими считается, как указание на то, что сплавы представляют из себя определенныя химическия соединения, но другие не согласняются с этим. Математик, который произвел массу изследований над свойствами сплавов, полагает, что металлы образуют химическия соединения только в разплавленном состоянии, а при охлаждении соединения эти распадаются и в затвердевшем сплаве металлы перешли только в другое аллотропическое состояние. При нагревании сплава снова является возможность для образования химических соединений, которыя плавятся при более низкой температуре и затем диссоциируют, как разплавленныя по составу с ними частицы, в результате получается легкоплавкость.

Некоторые сплавы, плавятся при одной температуре, а за-

плавятся*) при 181°C, а сплавятся при температурах отъ 181° — 292°C сообразно съ тѣмъ, въ какихъ пропорціяхъ сплавляются металлы.

Нѣкоторые сплавы не сразу переходятъ изъ жидкаго состоянія въ твердое, а нѣкоторое время остаются въ полужидкомъ видѣ. Температура затвердѣванія подобныхъ сплавовъ конечно не можетъ быть точно опредѣлена.

Примѣръ подобнаго явленія можетъ представить сплавъ состава $Bi_2Pb\,Sn_2$, который плавится въ кипящей водѣ, но при остываніи долго остается въ тѣстообразномъ состояніи.

Коэффиціентъ расширенія сплавовъ

По изслѣдованіямъ Кольверта и Лове даже небольшія примѣси производятъ значительныя измѣненія коэффиціента расширенія при нагрѣваніи. Однако имъ не удалось выяснить какого либо закона, которому подчиняются эти измѣненія коэффиціента расширенія въ зависимости отъ составныхъ частей сплава. Замѣчено, что, если къ мѣди прибавить олова, то коэффиціентъ расширенія сплава получается менѣе, чѣмъ коэффиц. расшир. мѣди, хотя, въ иномъ время, олово значительно больше расширяется, чѣмъ мѣдь.

Теплопроводность сплавовъ

Въ своихъ изслѣдованіяхъ Кольрауш и Видеманъ замѣтили, что нѣкоторые сплавы не увеличиваютъ теплопроводности отъ прибавленія хорошопроводящихъ теплоту металловъ. Такъ напр. сплавъ 1 части (2 части олова или 1 часть) мѣди и 3 части олова, проводятъ теплоту совершенно такъ же, какъ если бы мѣди совсѣмъ не было. Это будетъ справедливо до тѣхъ поръ, пока содержаніе хорошо проводящаго металла не превзойдетъ содержанія другихъ металловъ, тогда, по мѣрѣ прибавленія сравнительно худо-

*) См. Табл I дополнительную къ § 111 119 о теплопроводности бронзъ.

*) пропущено: при другой; такъ напр. въ сплавѣ олова и свинца затвердѣваніе

Близнецы въ теплопроводности серебропроводящаго металлов. Сплавленные, въ сплавахъ 1 г. олова и 2 г. меди или 1 г. олова и 3 г. меди и т. п. съ прибавленіемъ меди теплопроводность будетъ увеличиваться. Это обстоятельство нужно имѣть въ виду и не прибавлять даромъ меди при составленіи сплавовъ перваго типа, желая получить хорошую теплопроводность.

Цвѣтъ сплавовъ

Цвѣтъ сплава зависитъ отъ входящихъ въ него металловъ. Если къ меди прибавить олова, то цвѣтъ сплавленъ окрасится. Прибавляя еще немного цинка и свинца, получимъ сплавъ, который подъ дѣйствіемъ воздуха окрашивается въ неяркій темно коричневый цвѣтъ, характерный для художественной бронзы

Различные металлы обладаютъ различной окрашивающей способностью. Ледебуръ[1] сообразно съ этой способностью группируетъ металлы въ слѣдующемъ порядкѣ

олово
никкель
алюминій
марганецъ
желѣзо
медь

цинкъ
свинецъ
платина
серебро
золото

Здѣсь металлы расположены по убывающей способности окрашиванія. Такъ напримѣръ, сравнительно небольшая примѣсь никкеля переведетъ красный цвѣтъ меди въ бѣлый.

Окисленіе сплавовъ

Вообще сплавы подвергаются окисленію менѣе, чѣмъ составляющіе ихъ металлы. Подтвержденіемъ этого могутъ служить древніе за-

[1] Die Legierungen, 1890 стр 47

тых и монеты, которыя сохранились еще довольно хорошо, не смотря на то, что подвергались действію атмосферы въ теченіе тысячелѣтій

Сплавы мѣди

I. Бронза

Подъ такимъ названіемъ извѣстны сплавы, въ которыхъ главными составными частями являются медь и олово

По мѣрѣ того, какъ процентъ олова увеличивается, красный цвѣтъ мѣди переходитъ въ желтый. При содержаніи олова 10% цвѣтъ сплава совершенно желтый и затѣмъ начинаетъ опять.

По изслѣдованіямъ Тарсиона бронзы могутъ содержать олова до 20%, съ большимъ содержаніемъ олова сплавъ получается слишкомъ хрупкимъ и непригоднымъ для техническихъ цѣлей.

При содержаніи олова до 17%, предѣлъ упругости сплава 50% 60% отъ коэффиціэнта крѣпости; съ увеличеніемъ примѣси олова предѣлъ упругости повышается и когда содержаніе олова достигаетъ 25%, то предѣлъ упругости и коэффиц. крѣпости совпадаютъ.

Удѣльный вѣсъ бронзы немного разнится отъ 8,95

Желая бронзѣ сообщить мягкость, ее нужно нагрѣть и быстро охладить, при этомъ кромѣ мягкости бронзѣ сообщается и большая плотность.

Всѣ бронзы обладаютъ въ большей или меньшей степени свойствомъ ликваціи, а потому нужно, гдѣ это явленіе нужно устранить, отливку слѣдуетъ производить въ быстроохлаждающейся металлической формѣ.

Бронзы окисляются медленнѣе, чѣмъ медь и всегда болѣе твердыя, а нѣкоторыя и болѣе крѣпки и плотны, чѣмъ медь. Какъ измѣняются различныя свойства бронзъ въ зависимости отъ пропорціи меди и олова, ясно видно изъ діаграммъ, помѣщенныхъ на Фиг I. фигг. 5, 6, 7, 8.

Наиболее распространенные сорта бронзы суть следующія

Пушечный металлъ. Сосгавъ его въ различныхъ мѣстахъ измѣняется отъ 89% до 91% мѣди и отъ 11% до 9% олова. Желтоватаго цвѣта. Коэфф. крѣпости 20–27 кил. на кв. мм. Температура плавленія средняя между точкой плавленія мѣди и олова. Этотъ сплавъ болѣе твердъ, менѣе вязокъ и менѣе подвергается окисленію, чѣмъ его составныя части. Въ жидкомъ состояніи плохо ковокъ

Этотъ же сплавъ употребляется и для очень тонкихъ подѣлокъ.

Бронза для подшипниковъ обыкновенно содержитъ 88% до 86% мѣди и 12% – 4% олова

Бронза для поршневыхъ колецъ содержитъ 92 – 94% мѣди, 7 – 5% олова и для мягкости 1% цинка.

Колокольный металлъ содержитъ 70 – 82% мѣди, 30% 18% олова. Тѣмъ больше колоколъ тѣмъ меньше олова

Бронза для зеркалъ 70% мѣди 30% олова и слѣды железа и никкеля. Цвѣтъ бѣлый, прекрасно полируется

Фосфористая бронза, предложенная Кнапценемъ въ 1871 г. представляетъ изъ себя любой изъ сплавовъ мѣди и олова, иногда мѣди съ другими металлами, съ небольшимъ содержаніемъ фосфора до 4%. Присутствіе фосфора не позволяетъ образованію окисловъ мѣди и другихъ входящихъ въ сплавъ металловъ, отчего сплавъ получается замѣчательно плотный, однороднаго строенія и большой крѣпости и вязкости. Большая часть фосфора идетъ на возстановленіе окисловъ и въ бронзѣ его остается обыкновенно не болѣе 1%

Фосфоръ можетъ быть прямо примѣшанъ къ данному сплаву или же лучше его примѣшивать къ какому нибудь изъ составныхъ металловъ. Въ настоящее время существуетъ въ продажѣ фосфористое

олово Sn_3P и фосфористая медь с большим содержанием фосфора до 15% как и можно употреблять для получения фосфористой бронзы.

Этого сплава обладает большой вязкостью и в тоже время большой твердостью и крепостью.

Фосфористая бронза крепости для различных сортов оттоженной бронзы относится от 25 до 45 кил. на кв. мм. Удлинение доходит до 15%

Фосфористая бронза очень применима для приготовления различных частей машин, зубчатых колес, трения винтов, цилиндров насосных прессов, насосных цилиндров, штоков, пазовых подшипников и др.

Для твердых подшипников можно брать 85% меди и 15% фосфористого олова. Для более мягких подшипников 90% меди и 10% фосфористого олова

В фосфористую бронзу, годную для подшипников, очень полезно прибавлять немного свинца, тогда, вследствие ликвации, свинец отделяется и затвердевает отдельно от бронзы, таким образом получается, как бы твердый скелет, заполненный мягким свинцем. Подшипники отлично прирабатываются и в то же время износ уменьшается. На Пенсильванской ж. д. принят следующий состав фосфористой бронзы для подшипников: 79,7% меди, 10% олова; 9,5% свинца; 0,8% фосфора.

По данным Кунцеля[1] оказывается, что при подшипниках из фосфористой бронзы с свинцом, один килограмм металла срабатывается при пробеге оси 429200 километров, тогда как количество такого металла срабатывается при пробеге 99800, а бронзового металла (5 меди, 85 олова и 10 антимония) при пробеге 88145 километров.

---

[1] Polytech. Pentral Blatt B Jan 1874 (Цитировано у Пиорконова)

Марганцовая бронза представляет сплав меди, олова и небольшого количества марганца, обыкновенно 88 меди 10 олова и 2 марганца

По своим качествам она очень походит на фосфористую бронзу, но в отличие от последней имеет вместо фосфора—б. ч. цинк.

Марганец подобно фосфору имеет большое сродство к кислороду и потому восстановляет все окислы, образующиеся в меди, таким образом очищает ее, вследствие чего сплав получается очень чистый, плотный, крепкий и вязкий

Коэф. крепости марганцовой бронзы около 44 кил. на кв. мм. при удлинении до разрыва от 28 до 45%

Марганцовая бронза хорошо куется и прокатывается в листы, при чем нагревать ее не следует выше темно-вишневого накала

Точно также не следует ее обрабатывать при темном накале При обработке в холодном состоянии сплав гиперкрепнет и для восстановления мягкости его нужно отжигать

Для приготовления этого сплава, согласно указанию его изобретателя, Парсона, берется Ферро-марганец и плавится вместе с бронзой, вследствие этого, в бронзу всегда попадает несколько железа, отчего сплав приобретает еще большую прочность

Марганцовистая бронза, подобно фосфористой, может употребляться для изготовления различных машинных частей: зубчатых колес, червяков винтов, клапанов паровых цилиндров и т. п.

(Д...) для литья сплав очень плох, но отливки довольно дорого

Бывает чаще чем надо

Часто недодавляется сплав, состоящий главным образом из меди и

цинка.

От прибавления цинка, красный цвет меди начинает бледнеть и в конце концов сплав приобретает цвет цинка. Каким образом изменяются физические свойства сплава по мере прибавления цинка ясно видно из помещенных на таб II фиг 1, 2 и 3 диаграмм. Диаграммы составлены так, что свойства сплава постепенно переходят от свойств меди до свойств цинка.

Этот сплав прекрасно отливается, может прокатываться в листы и проволакиваться в проволоку. Большинство сплавов содержит от 67% до 70% меди и 22% до 30% цинка. Иногда для большей мягкости прибавляется немного свинцу

Белая медь употребляется для всевозможных домовых принадлежностей: замков, петель, ключей и т. п., для мелких частей машин, для физических инструментов, из этого сплава, как обладающего большой вязкостью, вытягиваются гильзы для рудничных патронов, а также трубы для паровых котлов, кроме того чеканятся и вытягиваются различных украшений.

Белая медь относится к тому классу металлов, коэф. крип. которых уменьшается при продолжительном действии нагрузки, поэтому этим сплавом не следует пользоваться для изготовления мягких вещей.

2. Тройные сплавы

Медь-олово-цинк. Этот сплав представляет наиболее твердую и наиболее хрупкую комбинацию этих металлов и очень дорогих для отливки

Сплав из 82 меди, 10 цинка и 8 олова идет для приготовления антифрикционных вкладышей, сплав 92 меди, 6 цинка и 6 олова очень похож на золото.

Медь-цинк-железо (металлическая дельта). Очень замечательно, что сплав такого состава обладает замечательной крепостью и вязкостью. Для его приготовления железо растворяется в расплавленном цинке до полного насыщения и, затем, этот цинк употребляется для приготовления сплава. Для предупреждения образования окислов прибавляется немного фосфора, таким сплав имеет следующий состав: 55,1 меди, 43,47 цинка, 1,08 железа 0,37 олова и 0,1 фосфора.

Удельный вес 8,4, температура плавления 1100°C. Он может обрабатываться в холодном и горячем состоянии. По исследованиям Онвина коэффиц. крепости литого металла 35 кил. на кв. мм., прокатанного 55 кил на кв. мм. Удлинение литого сплава 9%, прокатанного 12%

Новое серебро 60 меди, 20 цинку и 20 никкеля. Этот сплав хорошо отливается, если к нему прибавлять буру или стекло, как пайки. Он может прокатываться в холодном состоянии, но при этом становится твердым и его трудно отделывать.

Сплавы меди с алюминием

Алюминиева бронза Этот продукт замечательно крепкий и вязкий. Испытанный Онвиным образец дал следующие результаты[1])

Коэффициент крепости 57,7 кил. □"/m, удлинение на 250 мм 33 26%.

Предел упругости 27,8 кил на □"/m сжатие поперечн. сечения 39,87%

Наилучшие результаты получаются при содержании алюминия 9-10%

Примесь алюминия действует подобно фосфору, возстановляя весь образующийся в меди окисел, вследствие чего сплав получается замечательно чистый, а потому крепкий и вязкий

---

1) Unwin. Testing of materials стр 348

Алюминиевая бронза выказывает большую степень ликвации, для получения однороднаго сплава его нужно нѣсколько разъ переплавить

Алюминіевая бронза хорошо отливается но даетъ большую усадку (2%), что нужно имѣть ввиду, приготовляя формы.

Сплавъ этотъ можетъ хорошо коваться и прокатываться въ листы, при чемъ качества его еще больше улучшаются. Представляетъ тотъ особенность, что крѣпость его очень мало измѣняется при нагрѣваніи до 350°C, онъ является прекраснымъ матеріаломъ для большихъ паропроводныхъ трубъ въ морскомъ дѣлѣ и вообще для всѣхъ тѣхъ случаевъ, гдѣ при высокихъ температурахъ долженъ употребляться крѣпкій и вязкій матеріалъ.

Діаграмма на Таб. II фиг. 4 представляетъ измѣненія коэфф. крѣпости и вязкости при различныхъ температурахъ согласно опытамъ Гемателя.

Сплавы желѣза

1. **Марганцовая сталь** Получается прибавляя къ расплавленному желѣзу расплавленное же или сильно подогрѣтое феро-марганца при этомъ въ сплавъ всегда попадаетъ нѣсколько углерода, который оказываетъ вредное вліяніе на сплавъ, а потому нужно стараться по возможности уменьшить его содержаніе.

Примѣсь марганца въ незначительномъ количествѣ до 2% увеличиваетъ твердость и крѣпость желѣза, но желѣзо съ содержаніемъ марганца отъ 2½ – 7% представляетъ сплавъ крайне хрупкій и непрочный Въ литомъ состояніи его коэф. крѣпости не превышаетъ 6,5 кил. на кв. мм. Ковка можетъ повысить его до 39 кил., но удлиненіе все-таки остается очень малымъ – не болѣе 3%

Съ увеличеніемъ содержанія марганца увеличивается крѣпость и вязкость сплава и достигаетъ наибольшей величины при содерж

ния марганца отъ 14% до 16%. При дальнѣйшемъ увеличеніи остается крѣпость и остается нѣкоторое время постоянной, но вязкость начинаетъ уменьшаться. Когда содержаніе марганца перейдетъ за 20%, то, какъ крѣпость, такъ и вязкость быстро уменьшаются. Происходитъ это, вѣроятно, отъ того, что вмѣстѣ съ ферро-марганцомъ въ усилокъ поступаетъ много углерода, который и вредитъ прочности сплава, хотя, въ то же время, благодаря большому содержанію марганца, вліяніе его значительно ухудшается: такъ напр., простая сталь съ содержаніемъ углерода въ 2% коваться не можетъ, тогда какъ марганцовая сталь съ такимъ же содержаніемъ углерода куется очень хорошо.

Въ расплавленномъ состояніи марганцовая сталь очень жидка и отлично заполняетъ всѣ мелкія части формы, но усадку даетъ очень значительную и трудно принимать особыя мѣры, дабы избѣжать усадочныхъ раковинъ.

Отливная сталь въ изломѣ имѣетъ кристаллическое строеніе; при ковкѣ кристаллическое строеніе переходитъ въ зернистое, хотя вся-такъ изломъ имѣетъ своеобразный видъ и ее легко можно принять за сталь плохого качества.

Замѣчательное дѣйствіе на качество марганцовой стали оказываетъ закалъ, т.е. нагрѣваніе и быстрое охлажденіе. При этомъ твердость и крѣпость ея увеличиваются, но вмѣстѣ съ тѣмъ совершенно противоположно обыкновенной стали увеличивается также и вязкость. Нагрѣвать сталь нужно до бѣлаго каленія и возможно быстрое охладить: чѣмъ быстрѣе охлажденіе, тѣмъ крѣпче, тверже и большей вязкости получится сталь. Это явленіе согласуется съ наблюденіями Осмонда (см. 107 стр.). Какъ видно на діаграммѣ, помѣщенной на тб. II фиг. 5, линія, соотвѣтствующая марганцовой сталь, идетъ плавно, не давая скачковъ, что показываетъ, что всѣ-

го, содержащее марганец не переходить изъ одного аллотропическаго состоянія въ другое и потому закала не получаетъ. Замѣчательно также то, что при быстромъ охлажденіи марганцовая сталь не даетъ трещинъ.

На сколько измѣняются крѣпость и вязкость стали въ зависимости отъ примѣси марганца и отъ способовъ обработки, ясно видно изъ нижеслѣдующихъ діаграммъ. Нѣсколько сортовъ стали были нагрѣты до бѣлаго каленія и одинъ изъ нихъ прокованъ и оставленъ медленно охлаждаться, а остальные охлаждались съ различной скоростью — въ воздухѣ, въ маслѣ и холодной водѣ. Изъ діаграммъ видно наиболѣе крѣпкой и вязкой сталь получилась отъ охлажденія въ водѣ.

На сколько твердой и вязкой получается сталь можно судить по тому, что одинъ образецъ съ содержаніемъ марганца 14% показалъ удлиненіе 44%, а выпустивъ изъ того, чтобы просверлить въ этой сталиной на сильномъ сверлильномъ станкѣ и хорошемъ сверломъ отверстіе діам. $\frac{1}{2}''$ на глубину $\frac{3}{4}''$ потребовался цѣлый часъ времени[1]

Марганцовая сталь обладая большимъ сопротивленіемъ представляетъ прекрасный матеріалъ для частей, подвергающихся ударамъ. Такъ напр., производились слѣдующіе опыты надъ марганцовою сталью съ содержаніемъ 12,55% марг. по сравненію съ обыкновенною сталью. Стальныя оси изъ того и другого матеріала подвергались ударамъ падающаго груза; послѣ каждаго удара замѣрялся прогибъ и ось повертывалась. Оказалось, что оси изъ обыкновенной стали выдержали до перваго работу удара въ 48 фунто-тонъ и дали общую сумму прогиба въ 105", тогда какъ изъ марганцовой стали выдержала работу удара въ 498 фунто-тонъ и общій прогибъ равнялся тому-

[1] On Manganese steel, by Hadfield - Paper read befor Iron and steel Institute 1888г.

до 39° (Высота и весь поддающей части въ обоихъ случаяхъ были одинаковы)

Какъ оказывается изъ опытовъ, качества марганцовой стали при нагреваніи ее до 200°C почти не измѣняются.

Обрабопка ея при синемъ нагревѣ требуетъ значительно сильнѣе, чѣмъ въ случаѣ обыкновенной стали. По опытамъ Штромейера, марганцовая сталь при синемъ нагревѣ выдерживала отъ 21 до 35 изгибовъ, тогда какъ хромистый ферро Loew-Toor выдерживало только 3–5 изгибовъ.

Не смотря на такія прекрасныя качества матеріала, марганцовая сталь, вслѣдствіе ея большой твердости, находитъ пока очень небольшое примѣненіе. Невозможность обрабатывать инструментами ограничиваетъ употребленіе ея только въ видѣ отливокъ

2) Сплавъ ферро съ никкелемъ Въ расплавленномъ состояніи этотъ сплавъ гораздо жидче, чѣмъ обыкновенная сталь и даетъ отливки чище

Прибавленіе никкеля, подобно марганцу, сообщаетъ ферро большую крѣпость и твердость, не уменьшая при этомъ вязкости. Твердость и крѣпость увеличиваются при увеличеніи примѣси никкеля до 20%. Содержаніе никкеля больше 20%, наоборотъ, начинаетъ сообщать сплаву мягкость, уничтожая затвердѣваніе дѣйствіе другихъ элементовъ напр. углерода.

Коэф. крѣпости сплава ферро съ никкелемъ достигаетъ до 80 кил. на кв. мм.

Сплавы съ содержаніемъ никкеля до 5% могутъ легко обрабатываться. Съ большимъ содержаніемъ никкеля сплавъ становится слишкомъ твердымъ.

При содержаніи никкеля до 1% сплавъ хорошо сваривается, затѣмъ

эта способность утрачивается

(С небольшими содержаниями никкеля сплавъ не блеститъ, болѣе же богатые никкелемъ сплавы имѣютъ блестящую поверхность. Этотъ сплавъ почти совсѣмъ не окисляется

Употребляется онъ въ настоящее время для приготовленія парфюрныхъ иглъ.

3) **Магнисъ** Подъ этимъ названіемъ извѣстенъ сплавъ фосфора съ ничтожнымъ количествомъ алюминія. Полученъ онъ былъ впервые шведскимъ инженеромъ Остбергомъ. Для полученія магнеза фосфористыя опилки нагрѣваютъ въ тиглѣ до покраснѣнія сосновыми и къ нимъ прибавляютъ алюминія около 0,0007. Алюминій, соединяясь, выдѣляетъ теплоту и сплавъ получается въ жидкомъ видѣ. Магнисъ имѣетъ коэфф. хрупкости около 45 кил. на кв. мм. даетъ удлиненіе до 20% и, сравнительно легко плавясь, хорошо отливается въ формы.

4 **Желѣзо сплавляется также съ хромомъ и вольфрамомъ**. Объ эти примѣси дѣлаютъ желѣзо мягкимъ, но если въ желѣзѣ находится и углеродъ, то они увеличиваютъ его дѣйствіе, отчего хромовая и вольфрамовая сталь оказываются особенно твердыми. Объ нихъ уже было упомянуто на стр. 122

Сплавы олова

1. **металлъ баббита** Его состава 96 олова, 8 антимонія и 4 мѣди Приготовляется онъ слѣдующимъ образомъ: отдѣльно сплавляются 12 - олова и 8 - антимонія; въ расплавленную сплавку прибавляется еще 12 олова; далѣе мѣдь сплавляется въ отдѣлѣ, въ сплавъ прибавляется 4 - мѣди и все выливается въ форму. Полученный такимъ образомъ

† Osmond on critical temperatures. Eng vol XLIX emp 581.
marsfa Hadfield. Discussion. Eng. novem 1891 emp. 529.

твердый материалъ сплавляется двойнымъ по вѣсу количествомъ олова и въ результатѣ получаютъ сплавъ очень пригодный для вкладышей подшипниковъ у балансирующихся валовъ.

2. **Бѣлый металлъ.** Составъ: 82 олова, 12 антимонія и 6 мѣди. Идетъ для вкладышей болѣе тяжелыхъ валовъ.

3 **Британскій металлъ.** Составъ: 90 олова, 15 антимонія и 7 мѣди. Идетъ для приготовленія посуды; имѣетъ видъ серебра.

4. **Мягкій припой.** Составъ: 66 олова, 34 свинца. Точка плавленія повышается отъ прибавленія свинца.

5. **Припой для пайки свинцовыхъ трубъ.** Составъ: 33 олова, 67 свинца.

Сплавы свинца

	Pb	Sb	Sn	Cu	
Типографскій металлъ	70	18	10	2	
„ „	82	14	4	—	для стереотипіи
для подшипниковъ	24	16	—	—	для медленно вращающихся валовъ

Сплавы цинка

	Zn	Sn	Cu	другія примѣси	
Антифрикціонъ металлъ	85	—	5	Sb 10	для подшипниковъ
Металлъ Баббита	69	19	4	Sb 3 Pb 5	Магдебургъ.

Легкоплавкіе сплавы висмута

	Bi	Pb	Sn	Cd	температура плавленія
Сплавъ Ньютона	50	31,25	18,75	—	95° C
„ Розе	50	28,10	24,64	—	100°
„ Дарсе	50	25,00	25,00	—	93°
„ Вуда	50	24,00	14,00	12	66° – 71°
„ Липовицъ	50	27,00	13,00	10,00	60°

Кромѣ указанныхъ здѣсь сплавовъ существуетъ еще очень много и подробныя свѣдѣнія объ этомъ предметѣ можно найти въ сочиненіяхъ: a Treatise on Brasses, Bronzes, and other Alloys, By Rob. Thorston. — Guide pratique des Alliages Metallique, par A Grettier, Paris 1865. - A Ledebur, Metallverarbeitung, Brunswick, 1882.

Механическая обработка металловъ

Подъ механической обработкой подразумѣвается весь тотъ операціи, которымъ подвергается металлъ по выходѣ изъ металлургической печи въ видѣ крицы или въ видѣ слитка, съ цѣлью превратить ихъ въ предметы непосредственнаго потребленія. При этомъ сначала, отдѣляя шлаки и уплотняя металлъ, производятся, главнымъ образомъ, улучшеніе его физическихъ свойствъ – крѣпости, вязкости, упругости, а затѣмъ производится измѣненіе его формы.

Измѣнять форму металловъ можно, подвергая ихъ большому давленію, отчего они переходятъ въ пластическое состояніе и поддаются дѣйствію давящаго тѣла, иногда для уменьшенія давленія, металлъ приводятся въ пластическое состояніе нагрѣваніемъ; подвергая металлъ дѣйствію болѣе твердаго тѣла, обыкновенно имѣющаго видъ клина, которой отдѣляетъ лишній матеріалъ и такимъ образомъ сообщаетъ оставшемуся металлу нужную форму; наконецъ, расплавленный металлъ вливаютъ его въ заранѣе приготовленную форму.

Сообразно съ этимъ всѣ операціи по обработкѣ металловъ могутъ быть раздѣлены на слѣдующія:

1.) Обработка металловъ давленіемъ

а) Въ горячемъ состояніи: нагрѣваніе, прокатка, ковка, штамповка

б) Въ холодномъ состояніи: прокатка, волоченіе, штамповка

2) Обработка металловъ рѣзаніемъ

Точеніе, строганіе, сверленіе, фрезерованіе, шлифованіе

3 Отливка металловъ.

Приготовленіе формы, плавленіе, отливка

Кромѣ того фасонныя и литыя изъ продажныхъ металловъ часто оказываются недостаточными или неудобными для приготовленія нѣкоторыхъ издѣлій и тогда часто приходится соединять по нѣсколько вмѣстѣ, потому, что механической обработкѣ должны быть отнесены операціи, служащія для подобнаго соединенія въ одно цѣлое отдѣльныхъ кусковъ металловъ, а именно сваривание, спаиваніе и склепываніе

Тотъ или другой способъ обработки применяется сообразуясь съ физическими свойствами металла, такъ напр.: чугунъ, какъ металлъ неспособный приходить въ пластичное состояніе, можетъ обрабатываться только по второму и третьему способу: сѣрцо, наоборотъ, плавится очень трудно и потому его обрабатываютъ по первому и второму способу; наконецъ медь можетъ обрабатываться всѣми тремя способами

Кромѣ того, на выборъ способа обработки оказываютъ вліяніе экономическія соображенія, а также и та степень точности, которая требуется отъ издѣлія. Обыкновенно первый и третій способы оказываются наиболѣе дешевыми, но большой точности выполненія ими достичь нельзя, а потому тамъ, гдѣ точность ставится условіемъ, должно применяться второй способъ обработки

I Обработка металловъ давленіемъ

1) Нагрѣваніе

Нагрѣваніе металловъ производится въ горнахъ, топимыхъ печами или при помощи электричества

При выборѣ того или другого способа нагрѣванія нужно принимать во вниманіе условіе экономіи, а также и то вліяніе, какое могутъ оказывать различные способы нагрѣванія на качества металла

Если мы назовем через Q количество единиц теплоты, которое может быть выделено употребленное для нагревания тела, а через q количество единиц теплоты переданное при нагревании телу, то отношение $\frac{q}{Q}$ будет выражать коэффициент полезного действия процесса нагревания. Конечно работа будет тем экономичнее, чем больше будет коэффициент полезного действия. Но в некоторых случаях, в виду меньшей первоначальной затраты, большого удобства и друг. соображений, может случиться, что более экономичным окажется применение способа нагревания с сравнительно меньшим коэф. полез. действия. Справедливость этого заключения сделается более ясной после подробного рассмотрения различных способов нагревания.

а) Нагревание при помощи горна

Горн представляет из себя открытый очаг, в котором интенсивность горения поддерживается при помощи искусственного вдувания воздуха. Для разведения очага устраивается каменный стол (Таб 3, фиг 1) на нем делается углубление A, в это углубление и вдувается воздух при помощи фурмы Б. Так как наибольший жар развивается около фурмы, то все углубление выкладывается огнеупорным кирпичем. Все остальные части горна делаются из обыкновенного кирпича. В большинстве горнов ставится около стены здания и в ней все выкладывается дымовая труба. Над столом делается зонт Д (из кровельного железа) для того, чтобы дым не распространялся по всему зданию. Вентиляционное отверстие Е помещается внутри зонта.

Присутствие зонта вообще стесняет работу на горне и потому иногда его совсем не делают; вентиляционное отверстие помещается тогда гораздо ниже, около 250 мм. над поверхностью стола

как показано на чертеже. При надлежащей высоте трубы подобное устройство оказывается вполне достаточным и дым почти весь уходит в трубу, не распространяясь внутри помещения.

Для уменьшения количества кирпича под столом обыкновенно оставляется пространство ЖС, которое в то же время может служить и хорошим для складывания различных вещей. Для образования подобной пустоты в кирпичную кладку вмазывается чугунная плита 3 или стальная заслонка. Снаружи стол обыкновенно обкладывается листовым железом толщиной около 4–5 мм., по углам, чтобы они не оббивались, кладутся железные уголники.

Дутье от вентилятора или от мехов проводится по трубке и, для регулирования силы и для остановки дутья имеется кран или клапан К.

Около стола всегда придвигается сосуд для воды Л, а иногда также сосуд и для угля. Вода употребляется для охлаждения инструментов и для поливки углей, чтобы они лучше спекались.

Иногда несколько горнов ставятся рядом как показано на фиг. 1а и все они системами сводятся в одну общую трубу. Боковые системные клапаны поворачиваются сначала к низу и соединяются тягой в общий боров, который идет под полом кузницы и затем где нибудь оканчивается вертикальной дымовой трубой. Клапан для каждого горна или по крайней мере для двух горнов должен иметься отдельную трубу, так как большая общая труба во время длительной остановки сильно охлаждается и требуется обыкновенно очень долгое время для ее нагревания, без чего тяга не устанавливается и вся кузница наполняется дымом.

Если горны приходится ставить по середине кузницы, то они обыкновенно располагаются один сзади другого как показано на фиг. 1 б

Въ настоящее время большое распространение получают горны съ глухими стенами фиг. 2. Такіе горны более удобны, такъ какъ ими можно переносить и хранить углы они имѣютъ более легкій красивый видъ. Состоятъ они обыкновенно изъ чугунной плиты на чемъ весь подъемъ или все дѣлаются въ видѣ ванны фиг. 2а. Дутье въ большинствѣ подводится снизу. Для вытяжки дыма дѣлается дымовая труба, оканчивающаяся зонтомъ, который для удобства сдѣлать подвижнымъ, какъ показано на чертежѣ. Въ стѣнѣ обыкновенно дѣлается вырезъ М. Онъ оставленъ открытымъ во время нагрѣва мелкихъ предметовъ, при нагрѣваніи же крупныхъ предметовъ, когда требуется более толстый слой топлива, этотъ вырезъ закрывается заслонкой Н. Дно стѣны выкладывается рядомъ огнеупорнаго кирпича, или обмазывается огнеупорной глиной.

Для сохраненія нагрѣва крупныхъ предметовъ устраиваются по серединѣ жаровницы круглые горны фиг. 3. Складываются они изъ простого кирпича, снаружи обдымливаются дымомъ толщиной 4–5 мм. Внутреннее углубленіе, гдѣ происходитъ наиболѣе сильное горѣніе обкладывается огнеупорнымъ кирпичемъ. Дутье производится изъ нѣсколькихъ фурмъ, обыкновенно изъ 3-хъ. Каждая фурма имѣетъ свой кранъ для регулированія дутья. Надъ горномъ, чтобы сконцентрировать более жара, устраивается колпакъ А. Приготовляется онъ изъ железа и внутри выкладывается огнеупорнымъ кирпичомъ. Въ верхней части дѣлается нѣсколько отверстій для выхода дыма. Колпакъ или подвѣшивается при помощи блоковъ или же укрѣпляется на рычагѣ съ противовѣсомъ фиг. 3а. Удобнѣе, если этотъ рычагъ можетъ вращаться и въ вертикальной и въ горизонтальной плоскости. Трубка Б служитъ для удаленія образующагося при нагрѣваніи газа.

Смотр. Таблицу 3.

Для нагрѣванія очень крупныхъ предметовъ на заводѣ въ Serain употребляются закрытые горны фиг. 6. Они состоятъ изъ горна и сварочной печи. Для кладки съ внутренней стороны употребляется очень огнеупорный кирпичъ, наружныя же слои могутъ быть выполнены изъ болѣе слабыхъ сортовъ. Кирпичная кладка скрѣпляется при помощи чугунныхъ плитъ, которыя стягиваются между собою болтами. Горнъ имѣетъ два противоположныхъ отверстія A, для болѣе удобнаго поддерживанія предметовъ. Эти отверстія могутъ быть во время нагрѣва открыты, но ихъ слѣдуетъ закрывать, когда температура въ горнѣ получится выше.

Если приходится нагрѣвать предметы внѣ кузницы, то для этого употребляются небольшіе переносные горны. Ихъ имѣется очень много различныхъ конструкцій, одна изъ нихъ представлена на фиг II

Дутье въ горнахъ производится вентиляторомъ или мѣхами. Послѣдніе въ настоящее время употребляются только для небольшихъ ручныхъ горновъ. Отъ вентилятора засасанный воздухъ проводится по трубамъ; около каждаго горна отъ трубы берется отростокъ подводящій воздухъ въ самый горнъ. Этотъ отростокъ называется СОПЛОМЪ. На конецъ сопла A насаживается фурмаB фиг 4 и 13. ФурмаB подъ дѣйствіемъ дутья постепенно перегораетъ и ее приходится время отъ времени мѣнять. Для того, чтобы фурмы слишкомъ долго не оставались иногда пустотѣлыми и пускаютъ по внутри воду (фиг 4) Вода охлаждаетъ фурму, сама при этомъ нагрѣвается и циркулируетъ по трубамъ, при чемъ проходя черезъ широкій сосудъ Д, успѣваетъ снова охладиться. Если въ кузницѣ есть водопроводъ, то удобно черезъ фурму пустить воду прямо изъ водопровода, при этомъ холодная вода будетъ гдѣ нибудь болѣе со-

временно.

Обе упомянутые фурмы дают дутье сбоку, что представляет некоторое неудобство, такъ какъ нагрѣваніе происходитъ односторонне, тогда какъ гораздо лучше если дутье происходитъ снизу, тогда пламя сможетъ обхватывать предметъ съ обѣихъ сторонъ и нагрѣвать его болѣе равномѣрно. Дутье снизу считается неудобнымъ, тѣмъ, что при этомъ засоряются фурмы спекшимся шлакомъ и золой и ихъ очень трудно очистить, но это неудобство вполнѣ устраняется слѣдующей конструкціей фурмы, представленной на фиг. 5. Эта фурма изготовляется американскимъ заводомъ Брайна и Винней и имѣетъ большое распространеніе въ Америкѣ. Она состоитъ изъ чугуннаго ящика В къ которому привертывается сопло А. Въ верхней стѣнкѣ ящика имѣется отверстіе, фурма которою видна изъ сѣченія и внутри этого отверстія помѣщается трехгранное цилиндрическое тѣло С, вращающееся при помощи ручки. Дутье проходитъ въ щель, оставляющуюся между стѣнками ящика и тѣломъ С. Вращеніемъ ручки Д, весь образующійся поверхъ ящика нагаръ разламывается ребромъ тѣла С и проваливается въ ящикъ. Если нагаръ покотился много, что открываютъ заслонку Е и нагаръ вываливается вонъ. Поворачиваніемъ же ручки Д можно измѣнять силу и направленіе дутья

Топливо. Лучшимъ топливомъ для горна служитъ сильно спекающійся мелкій каменный уголь. Свойство спекаться въ угль нужно для кузнечныхъ работъ потому что спекаясь уголь образуетъ корку, которая служитъ какъ бы покрышкой и дѣйствуетъ нагаръ, какъ колпаки на горнѣ, т. е. концентрируетъ жаръ. Если уголь хорошо спекается, но достаточно, если его слой будетъ имѣть 150 м/м. Мелкость угля нужна для того чтобы онъ плотно прилегалъ къ

нагрѣваемому предмету, отчего нагрѣваніе будетъ идти ровнѣе. Уголь удовлетворяющій этимъ условіямъ въ продажѣ извѣстенъ подъ названіемъ Кузнечнаго.

Нужно заботиться о томъ, чтобы уголь не содержалъ много вредныхъ примѣсей, напр. серы, которыя могутъ попадать въ металлъ и вредить его качеству. Топливо уголь не должно давать много золы и золы не болѣе 10%, такъ какъ зола препятствуетъ равномѣрному нагрѣванію.

Кокъ и древесный уголь имѣютъ то преимущество передъ каменнымъ, что они горятъ безъ чада, а потому совершенно не передаютъ вредныхъ примѣсей къ нагрѣваемому металлу, а также не даютъ столько золы, но за то они, какъ не спекающіяся не могутъ дать такого сильнаго удара, какъ каменный уголь. Поэтому древесный уголь является прекраснымъ матеріаломъ для нагрѣванія стали. При употребленіи кокса или древеснаго угля слой топлива долженъ быть раза въ два толще сравнительно съ каменнымъ углемъ, такъ что дутье въ горнѣ, чтобъ сохранить уголь должно имѣть свои размѣры, какъ показано пунктиромъ на фиг. 3. Начальная большія предметы кокомъ или древеснымъ углемъ необходимо надо горномъ употребить клинокъ А фиг. 3.

Для закрытія горновъ, каменный уголь не годится потому что онъ сильно загрязняетъ нижнюю фурму, а чистить ихъ при этой конструкціи горна очень трудно, древесный уголь также неудобенъ вслѣдствіе того, что онъ не крѣпокъ и не можетъ сохранять обыкновенно очень большого груза, нагрѣваемыхъ въ массѣ печахъ предметовъ, поэтому топливомъ для закрытія горновъ служатъ плавки съ обрѣзки кокса.

Кромѣ перечисленныхъ матеріаловъ для нагрѣванія служатъ

въ открытыхъ горнахъ въ настоящее время начинаетъ входить въ большое употребленіе свѣтильный газъ. Для примѣненія этого горючаго матеріала конструкція горна нѣсколько видоизмѣняется

Горны съ газовымъ топливомъ. Собственно въ такомъ горнѣ аппаратъ для нагрѣванія состоитъ изъ обыкновенной газовой трубки, по которой вдувается смѣсь свѣтильнаго газа и воздуха. Выходящая изъ трубки смѣсь зажигается и пламя направляется на нагрѣваемый предметъ,*) или для концентраціи дѣйствія

Фиг. 8 представляетъ примѣръ подобнаго горна для нагрѣванія зубчатыхъ цилиндровъ при отгибаніи фланцевъ. Цилиндръ при помощи крана ставится на столъ, выложенный изъ кирпича. На столѣ изъ огнеупорнаго кирпича выложено кольцо С, черезъ которое проходятъ газовыя трубки (фиг 8 а), изогнутыя такъ, что газъ выѣзжаетъ по направленію касательныхъ къ кирпичному кольцу. При подобномъ направленіи отдѣльныя горящія струйки газа не ударяютъ въ металлъ и не перегораютъ его въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, а образуютъ цѣлое вращающееся кольцо пламени, нагрѣвающее одновременно равномѣрно металлъ по всей окружности.

Газъ приводится по трубкѣ А, воздухъ вдувается по трубкѣ В и всасываетъ съ собой газъ при помощи инжектора Е. Изъ смѣси газа помощью кранова А и В составъ смѣси, можно по желанію получать пламя окисляющее съ высокой температурой, или же коптящее съ болѣе низкой температурой

На фиг 12 представлено видоизмѣненіе подобнаго горна въ примѣненіи для нагрѣванія листоваго желѣза при свариваніи котельныхъ листовъ.

Фиг. 10 изображаетъ маленькій газовый горнъ для нагрѣванія заклепокъ или концовъ сортоваго желѣза при изготовленіи болтовъ за-

лист 28

*) Примѣчаніе: Кирпичная обкладка служитъ или для поддержанія предметовъ

заклепок и т. п. Онъ состоитъ изъ чугунной плитки, на которой наложенъ слой огнеупорной глины, на этой плитки стоитъ изъ огнеупорнаго матеріала цилиндръ А; все покрыто чугуннымъ колпакомъ. Черезъ колпакъ проходитъ газовая трубка, раздвоившаяся на два отростка; выходящей изъ нихъ пламя идетъ по винтовой линіи и даетъ внутри цилиндра А очень высокую температуру

Фиг 9 изображаетъ газовой горнъ для нагрѣванія двигающейся полосы по серединѣ.— Онъ особенно удобенъ въ тѣхъ случаяхъ, когда полосу приходится постепенно нагрѣвать и подавать къ машинѣ, напримѣръ, приготовляющей изъ нея заклепки. Тогда полоса двигается по направленію стрѣлки и, проходя черезъ горнъ, успѣваетъ достаточно нагрѣться. Газовые форсунки нарочно расположены въ одной половинѣ, чтобы нагрѣваніе происходило равномѣрно.

При устройствѣ горновъ съ газовымъ топливомъ, нужно всегда заботиться о томъ, чтобы пламя не ударяло бы въ металлъ, а шло касаясь къ нему, въ противномъ случаѣ будетъ происходить перегараніе металла въ нѣкоторыхъ мѣстахъ. Кромѣ того полезно также отдѣльныя трубки снабжать краниками, чтобы можно было по желанію регулировать силу пламени

Коэффиціэнтъ полезнаго дѣйствія горновъ очень не великъ. Дюре опредѣляетъ его въ 0,03[1], т. е. слѣдовательно, только 3% всей теплотворной способности топлива утилизируется для нагрѣванія металла, а остальные 97% пропадаютъ безполезно. Но горны обладаютъ тою особенностью, что жаръ въ нихъ концентрируется на небольшомъ пространствѣ, вслѣдствіе чего является возможнымъ нагрѣвать только ту часть предмета, которую нужно обрабатывать

[1] Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten. Ernst Dürre - Dritter Band. стр. 691

а въ печахъ необходимо всегда нагрѣвать весь предметъ. Поэтому печи хотя и даютъ большій коэф. полез. дѣйствія, но являются менѣе экономичными въ тѣхъ случаяхъ, когда обрабатываемый предметъ приходится нагрѣвать по частямъ, такъ какъ излишняя теплота идущая на нагрѣваніе всего предмета, уничтожаетъ всю выгоду нормальнаго дѣйствія печи

Слѣдовательно, пригодной горна будетъ вполнѣ удѣлетворять тамъ, гдѣ нагрѣваніе вещи нужно производить по частямъ.

Кромѣ того, изъ описанія конструкціи горна выяснилось, что во всѣхъ случаяхъ при этомъ способѣ нагрѣва, нагрѣваемый предметъ приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ топливомъ, а потому употребленіе горна будетъ удѣлетворительно тамъ, гдѣ подобное соприкосновеніе съ топливомъ не вредитъ качеству матеріала

Данныя для проектированія горновъ

Давленіе дутья въ соплѣ (густота дутья) обыкновенно берется для каменнаго угля --- 160 мм. водянаго столба, для кокса 100 мм. и для древеснаго угля 80 мм.

Скорость движенія воздуха въ трубѣ отъ вентилятора принимается равной 10 метр. (около)

Сила машины для доставленія воздуха въ горнъ сообразно размѣрамъ горна измѣняется отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ силы

Площадь сѣченія трубы для каждаго горна берется отъ 0,06 до 0,1 кв. метра

Высота трубы дѣлается отъ 5 метр. и больше (лучше дѣлать выше конька крыши)

Количество воздуха, потребное для сгоранія, считается двойное противъ теоретическаго. „Пимпе" раздѣляетъ весь горнъ на 4 роз —

*) Пимпе. Основы машиностроенія Томъ II стр. 196

ріада и для них даетъ слѣдующіе данные

	Расходъ горючаго матеріала кил. въ часъ	Діаметръ сопель при каменномъ углѣ m/m	Діаметръ сопель при древесномъ углѣ m/m	Количество воздуха доставляемаго въ 1 минуту куб. мет. каменн. уг.	Количество воздуха доставляемаго въ 1 минуту куб. мет. древ. угол.	Мѣсто занимаемое горномъ кв. мет	Вѣсъ наковаленъ при горнѣ килогр.
Самые малые	1,5 – 3	20 – 25	25 – 30	около 1,4	1,5	1	15 – 30
Малые	3 – 7,5	25 – 30	35 – 40	2,2 – 2,8	2,2 – 2,8	1,8	38 – 68
Средніе	7,5 – 15	30 – 40	50 – 65	3,3 – 4,2	4,2 – 5,6		75 – 110
Большіе	15 – 30	50 – 65	75 – 90	5,5 – 8,5	8,5	2,7	150 – 225

Въ случаѣ, когда дутья не круглаго сѣченія, или когда ихъ дѣлается нѣсколько, то тогда общая площадь сѣченія должна соотвѣтствовать размѣрамъ приведеннымъ въ таблицѣ

Средніе размѣры главныхъ частей горна показаны на чертежѣ, остальные размѣры нужно выбирать сообразно съ обстоятельствами

Количество горючаго матеріала, потребнаго для нагрѣва металла, опредѣляется приблизительно слѣдующимъ образомъ: обозначимъ черезъ c теплоемкость металла, черезъ t - температуру, до которой желаемъ его нагрѣть, черезъ q - теплотворную способность топлива. Черезъ η - коэффиціентъ полезнаго дѣйствія горна, черезъ x потребное количество топлива для нагрѣва единицы вѣса металла. Тогда мы будемъ имѣть слѣдующее равенство

$$c.t = \eta x q \quad \text{откуда опредѣлится} \quad x = \frac{c.t}{\eta . q}$$

Напримѣръ, для желѣза при нагрѣвѣ его опасающимся каменнымъ углемъ до температуры бѣлаго каленія, имѣемъ $c = 0,1138; t = 1300$ $q = 7500$ $\eta = 0,03$

$$x = \frac{0,1138 \cdot 1300}{0,03 \cdot 7500} = 0,65$$, т. е. для нагрѣва 100 килогр.

всего за потребуется 66 килогр. угля.

Угаръ матеріала при нагрѣваніи въ горнѣ простирается отъ 5 до 10%.

Б.) Нагрѣваніе въ пламенныхъ печахъ

Пламенныя печи для нагрѣва металловъ раздѣляются на сва-рочныя, камельныя и посудныя. Въ первыхъ двухъ нагрѣваемый металлъ приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ продуктами горѣнія и сварочная печь отличается отъ камельной только большей температурой, въ посудныхъ же весь нагрѣваемый предметъ изолированъ отъ дѣйствія продуктовъ горѣнія.

Кромѣ того пламенныя печи раздѣляются на простыя (съ обыкновенной тягой), на полурегенеративныя (Бодіуса Бишеру и др.) и регенеративныя (Сименса, Ліонгаръ и др.)

Сварочныя и Камельныя печи. Простая пламенная печь представлена на Ітаб. 4, фиг. 1. Подъ ея состоитъ изъ чугунной плиты A, на которой выкладывается слой огнеупорнаго кирпича и потомъ накладется слой крупнаго, чистаго песку, утрамбованнаго въ сыромъ состояніи. Подъ дѣлается уклонъ по направленію къ боровку для того, чтобы могли стекать образующіеся шлаки. Для выпуска ихъ дѣлается особое отверстіе, закупоривающееся глиняной пробкой.

Подъ подовой оставляется пустота для лучшаго охлажденія. Топливо сжигается въ рѣшеткѣ B. Вся печь покрывается сводомъ которому придаютъ такую форму, чтобы онъ отражалъ теплоту на подъ. Отсюда эти печи называются также отражательными. Дымовая труба ставится на колонкахъ отдѣльно отъ печи, для того, чтобы перемѣщенія печи не оказывали вліянія на правильность по

ловушки трубы. Снаружи печь обкладывается кирпичными плитами, которыя сплачиваются между собою болтами и, такими образом, скрепляются каменную кладку.

Если печь назначается для нагрева очень крупных предметов, то своду ея принимает почти цилиндрическую форму, как показано на фиг. 2. Эта печь построена для нагрева предметов до 2 метр. въ діаметрѣ. Снаружи она облицована очень прочными кирпичными плитами. Вертикальныя, двутавровыя балки А, стягиваются продольными болтами, такжеже скрѣпляютъ ее въ продольномъ направленіи. Отверстіе закрывается дверцами, подымающимися при помощи рычага съ противовѣсомъ В

Топливомъ обыкновенно служитъ каменный уголь, но могутъ употребляться такжеже бурый уголь и дрова, въ

Хорошій каменный уголь и дрова сжигаются на горизонтальной рѣшеткѣ, состоящей изъ колосниковъ съ квадратными отверстіями. Для бураго же угля устраивается ступенчатая рѣшетка. Гдѣ дешева нефть, тамъ можно примѣнять и ее, сжигая въ форсункахъ. Примѣръ подобной топки показанъ на фиг. 3 и 4; А форсунка, В-регуляторы для притока воздуха. Регуляторы состоятъ изъ винтовъ съ прикрѣпленными къ нимъ крыльями, завинчивая винты, крылья закрываютъ отверстіе и такимъ образомъ уменьшаютъ притокъ воздуха

Продукты горѣнія обыкновенно отводятся прямо въ трубу. Иногда ими пользуются для нагрѣва паровыхъ котловъ, которые для экономіи мѣста дѣлаются вертикальные, или же ставятся на верху печи. Фиг. 2 представляетъ расположеніе паровыхъ котловъ въ кузницѣ паровознаго завода Болдвинъ въ Филадельфіи.

Въ такомъ случаѣ, гдѣ нельзя сдѣлать высокой трубы для полученія надлежащей тяги пространство подъ колосниками дѣлается закры-

тами и въ него вдуваемся воздухъ отъ вентилятора или воздуходувки

Пламенныя печи выкладываются изъ огнеупорнаго кирпича. Въ видахъ экономіи можно брать два сорта и изъ лучшаго выкладывать наиболѣе нагрѣтыя части, а изъ второго сорта менѣе нагрѣтыя.

Сварочныя печи отличаются отъ камельныхъ тѣмъ, что въ первыхъ металлы нагрѣваются до сварочнаго жара слѣдовательно до самой высокой температуры, тогда какъ въ камельныхъ печахъ температура значительно ниже. Полученіе большей или меньшей температуры зависитъ отъ величины рѣшетки, поэтому въ камельныхъ печахъ площадь рѣшетки дѣлается до двухъ разъ меньше, чѣмъ въ сварочныхъ печахъ. Кромѣ того въ камельныхъ печахъ заботятся о томъ чтобы пламя не оказывало окисляющаго образомъ на нагрѣваемые предметы, въ виду этого разстояніе отъ рѣшетки до верхняго края порога e (фиг. 1.) и верхній край порога надъ подомъ f въ камельныхъ печахъ дѣлается до двухъ разъ больше, чѣмъ въ сварочныхъ печахъ

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія нагрѣва въ пламенныхъ печахъ согласно Бюре[1] измѣняется отъ 0,06 до 0,10

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ для повышенія коэффиціента полезнаго дѣйствія нагрѣва печамъ даютъ очень большую длину до 10 метр. и нагрѣваемые предметы постепенно передвигаютъ отъ отдаленнаго конца ко близкому и близко къ порогу, при такомъ систематическомъ нагрѣвѣ, коэффиціентъ полезнаго дѣйствія повышается до 0,14 – 0,17 Подобныя печи извѣстны подъ названіемъ РОЛЬНЫХЪ (Rollofen) и одна изъ нихъ изображена на таб 8. Конечно роликовыя печи могутъ примѣняться для нагрѣва сравнительно легкихъ предметовъ, которые удобно перекатывать

---

[1] Bürre. Studien über die ausnützung der Wärme in den Oefen der Hutten werke. Dingler's Jouznal. 1876 стр 326

Обыкновенно нагрѣваніе въ пламенныхъ печахъ производится слѣдующимъ образомъ: печь сперва нагружаютъ предметами надлежащими нагрѣву, какъ говорятъ „дѣлается насадка", затѣмъ поджигаютъ топливо и разводятъ сильный огонь. Нагрѣваніе до сварочнаго жара продолжается отъ 30 мин. до часа и небольшого, смотря по величинѣ предметовъ. Затѣмъ происходитъ выгрузка печи. Во время нагрѣва образующаяся окалина соединяется съ кремнеземомъ пода и въ видѣ шлаковъ стекаетъ къ выводному отверстію, вслѣдствіе этого подъ нѣсколько портится и послѣ выгрузки печи его немного уравниваютъ пескомъ и печь снова нагружаютъ. Выгрузка печи и исправленій пода занимаютъ отъ 15 до 20 мин.

Въ 12 часовую смѣну успѣваютъ сдѣлать отъ 6 до 14 насадокъ. Величина насадокъ измѣняется отъ 200 кил. до 1000 кил. и только въ исключительныхъ случаяхъ превосходитъ эту величину. Чѣмъ меньше насадка, тѣмъ больше ихъ можно сдѣлать.

Угаръ въ сварочныхъ печахъ простирается отъ 10% до 14%. Въ камѣнныхъ печахъ угаръ значительно меньше.

Угаръ нѣсколько уменьшается, если слѣдить за тѣмъ, чтобы нагрѣваніе происходило равномѣрно, поэтому слѣдуетъ, если возможно, чаще переворачивать нагрѣваемую вещь и не давать одной частью нагрѣваться больше другихъ.

Данныя для проэктированія простыхъ пламенныхъ печей

Площадь рѣшетки на основаніи примѣровъ, построенныхъ печей приведенныхъ у Жордана[1], можно разсчитывать такъ, чтобы на каждые 100 кил. насадки приходилось около 0,25 квадратн. площади рѣшетки. Для камѣнныхъ печей эта цифра можетъ быть уменьшена почти вдвое сообразно съ тѣмъ, какая температура желательна.

[1] S. Jordan. - Album du cours de métallurgie стр 136

Для остальных размеров печей, отапливающихся каменным углем, Ипполит приводит следующія соотношенія[1]

Названіе частей печи	Малыя печи	Средія печи	Большія печи	Самыя большія	Примѣчанія
1, Площадь рѣшетки	0,3 до	0,4	0,9	1,5	Площадь двухъ сѣчен.
кв. метр.	0,4	0,7	1,5	2,5	$= \frac{2}{5} - \frac{1}{3}$ всей площади рѣшетки
2. Длина пода, считая отъ порога до пролета	отъ 1000 до	1500	1800	2100	
миллиметровъ	1500	1800	2100	2500	
3. Отношеніе длины рѣшетки къ ея ширинѣ $\frac{b}{a}$ . . .	—	1¼ — 1½			Въ рѣдкихъ случаяхъ это отношеніе бываетъ 1,1 и 1,6. Длинною относительно рѣшетка располагается 1 къ длинѣ печи.
4, Отношеніе площади пода къ площади рѣшетки		отъ 1,5 до 2			Въ каминныхъ печахъ это отношеніе можетъ быть и 3,5
5, Ширина порога a,	200	300	300	450	
6, Наибольшая высота свода печи K	40	700	750 до 2400	120 до 2500	Вообще измѣняется образуясь съ величиной нагрѣваемыхъ предметовъ
7, Разстояніе отъ рѣшетки до порога c	75	300 — 450	300 — 450	max 750	Это разстояніе зависитъ отъ свойствъ горючаго матеріала; чѣмъ оно отъ большей влажности и разстояніе можетъ быть больше. Въ каминныхъ печахъ это разстояніе можетъ быть еще больше
8, Высота порога надъ подомъ F	150	250	230	300	Въ каминныхъ печахъ это разстояніе значительно больше

[1] Общія основы машиностроенія, Часть II стр. 198

9, Высота свода над решеткою l ...	600	750 – 900	900 – 1000	1000 – 2000	
10, Отношение $\frac{c \times d}{a b}$	изменяется от	$\frac{1}{4}$	до $\frac{1}{2}$	въ большинствѣ = $\frac{1}{6}$	
11, Площадь сѣченія дымового отверстія кв. мет	0,1 – 0,2	0,3 – 0,4	0,5 – 1,2	1,2 – 6,5	Отверстіе дверецъ имѣетъ почти квадратную форму.

Печи, построенныя по правиламъ этой таблицы, спеціально надлежитъ для топки каменнымъ углемъ; однако они будутъ довольно хорошо дѣйствовать и при топкѣ дровами.

При употребленіи другого топлива всѣ размѣры могутъ быть опредѣлены по этой таблицѣ, разсчитавъ печь какъ бы для топки углемъ и затѣмъ измѣнивъ топку, сообразно съ сортомъ топлива.

Высота дымовой трубы должна быть отъ 20 – 40 мет. Площадь сѣченія дымовой трубы опредѣляется по формулѣ $f = 1{,}8\sqrt{\frac{i}{h}}$, гдѣ h высота трубы въ метрахъ и f площадь рѣшетки.

Обыкновенно, для нѣсколькихъ паяльныхъ печей дѣлается одна общая труба, при этомъ полагается устройство дымовыя и тяга дѣйствуетъ болѣе равномѣрно

При устройствѣ боровъ и отдѣльныхъ ходовъ слѣдуетъ руководствоваться общими правилами, т. е. заботиться о томъ, чтобы каналы не пересѣкались подъ прямыми углами, а подводить ихъ по возможности подъ острымъ угломъ, иначе помѣшаютъ встрѣчныя движенія газовъ уменьшая дѣйствіе тяги. Также слѣдуетъ избѣгать рѣзкихъ переходовъ сѣченій и вообще заботиться о томъ, чтобы движеніе газовъ не измѣнялось при ихъ движеніи

Количество топлива должно быть приблизительно опредѣлено

изъ равенства $x = \frac{ct}{\eta \cdot q}$, где c теплоемкость металла t градусы цельсія — температура, до которой желательно его нагрѣть, η коэффиціентъ полезн. дѣйствія нагрѣва, q - теплотворная способность топлива и x количество топлива, потребное для нагрѣва единицы вѣса металла. Напр. для сварочныхъ печей при нагрѣвѣ желѣза каменнымъ углемъ $c = 0,12$, $t = 1600°C$, η сред. $= 0,08$, $q = 6600$, откуда $x = \frac{1600 \cdot 0,12}{6600 \cdot 0,08} = 0,37$, т.е. на 100 кил. насадки сжигается около 37 кил. угля. Слѣдовательно при вышеуказанныхъ данныхъ и принимая, что каждая насадка нагрѣвается около 50 м. окладывается, что на каждомъ кв. метр. площади рѣшетки сжигается въ часъ около 165 кил. угля.

Если при малыхъ печи строится паровой котелъ, то площадь его нагрѣва дѣлается въ 10 разъ больше противъ площади рѣшетки и при этомъ съ каждаго кв. метр. площади нагрѣва можно получить около 25 кил. въ часъ. Если такого количества пара окажется слишкомъ много для удовлетворенія потребностей, то нужно принять меньше для окладки котла. Этого можно достигнуть питаніемъ и продувкой.

Сварочныя и калильныя печи съ генеративной топкой

Генеративной топкой называется такая, въ которой сжигается не топливо, а предварительно полученное изъ него газы. Устройство для полученія газа назыв. генераторомъ. Существуетъ очень много различныхъ системъ генераторовъ изъ нихъ наиболѣе распространенный генераторъ Сименса представленъ на чертеж. 5 онъ состоитъ изъ четырехъ частей Р. Конструкція и форма ихъ ясно видна изъ чертежа. Наклонная спускъ или опускная плита сдѣлана изъ чугуна облицована огнеупорными кирпичами. На нижнемъ концѣ помѣщается колосниковая рѣшетка R. Нагрузка топлива производится черезъ

отверстіе при помощи особаго загрузочнаго аппарата, представленнаго на таблицѣ 4 фиг. 5. Главныя условія при конструированіи подобныхъ аппаратовъ это предупрежденіе входа воздуха въ генераторъ при загрузкѣ. Дѣйствіе его очень просто: крышка A снимается, камера B наполняется топливомъ и крышка опять закрывается. Затѣмъ нижнее дно при помощи рычага C опускается и топливо падаетъ въ генераторъ.

Остальныя небольшія отверстія служатъ для сдуванія топлива по опускной плитѣ, если въ этомъ явится надобность.

Дѣйствіе генератора заключается въ слѣдующемъ: воздухъ, входя снизу черезъ колосники, производитъ сгораніе нижнихъ слоевъ топлива. Образующаяся углекислота и водяные пары, проходя черезъ толстый слой горячаго топлива, снова разлагаются на окись углерода и водородъ, которыя и представляютъ изъ себя главную составную часть горючаго газа. Слѣдующая таблица содержитъ анализъ газовъ для различныхъ сортовъ топлива.

Родъ топлива	100 объемовъ газа содержатъ:							Экспериментаторъ
	CO_2	CO	Углеводороды	H	O	N	H_2O	
Различные кам. угли (съ употр. водян. пара) отъ	3,0	17,0	3,0	5,0	0,1	55,0	—	Stöckmann Meyer
до	10,0	22,0	6,0	17,0	3,0	65,0	—	
Пламен. кам. уголь (C – 84,18 ; H – 5,23, O и N – 10,59%)	5,42	22,24	2,02	4,56	—	62,39	3,17	
Торфъ (H_2O – 19,20; летуч. вещества 59,16; угля 30,94 ; золы 9,9%) . . .	8,66	20,92	2,91	13,11	0,41	53,99	—	
Торфъ (H_2O – 11,62 лет. вещ. 53,7 угля 38,25 золы 8,05%)	4,75	27,07	1,98	7,81	0,80	57,59	—	Grahame
$\frac{2}{3}$ углей и $\frac{1}{3}$ торфа (H_2O 21,6; летуч. в-ва 42,01; угля 39,55 золы 3,23%)	8,05	24,11	3,15	9,52	0,81	54,36		

Газ поднимается по трубе I и оттуда отводится для сжигания в печь.

Труба II служит одна для четырех газогенераторов. Каждый из них при работе может быть остановлен для чистки или ремонта, за время загрузки и

Так как углерод, сгорая в окись углерода, выделяет часть теплоты (2473 един.) в самом генераторе, то нужно стараться, чтобы эта теплота не пропала бы даром, а была, по возможности, в большем количестве перенесена в печь подогретыми газами. Для это-го при устройстве генератора, необходимо заботиться, чтобы, чтобы развитие теплоты в самом генераторе происходило возможно меньше, т. е. чтобы вся углекислота разлагалась на окись углерода это достигается надлежащей толщиной слоя топлива и формой генератора, которая должна быть такова, чтобы продукты горения имеющиеся слоем проходили бы через массу топлива, а не около-стенок бы по стенкам генератора, при таких условий только и получается полное разложение CO_2 на CO и O. В виду этого генераторам дают форму пирамиды, суживающейся к верху и иногда стенки делают бороздчатыми. При такой форме газы не идут по стенкам. Кроме того нужно заботиться о том, чтобы топливо все обгазовавшееся в генераторе не терялось бы до входа газов в печь. Для этого самый генератор помещается в земле, чем уменьшается его охлаждение и кроме того генераторы стараются ставить возможно ближе к печи. Углубление генератора в землю имеет еще и то удобство, что при этом облегчается загрузка топлива и усиливается сила тяги.

Иногда в генераторы пускают водяной пар, который разлагаясь на водород и кислород в генераторе помогают его теплоту

и снова ее возвращаем въ печи при образованіи водн. Такимъ образомъ очень экономично переносимъ теплоту изъ генератора въ печь. Газъ можно вводить въ генераторъ, вдувая его прямо подъ колосники или дымомъ подъ колосниками резервуаръ съ водой, капаемый, испаряя воду, въ то же время охлаждаетъ колосники, отчего они служатъ дольше. Согласно указанію Бунте[1] наиболѣе выгодное количество пара для введенія въ генераторъ будетъ 0,7 – 0,8 кил. на каждый кил. сожженнаго кокса

Изъ генератора газъ поступаетъ для сжиганія въ печь, имѣющую для этой цѣли особую конструкцію

Табл. 6 и 7 представляютъ печи Сименса.

Предметы для нагрѣванія помѣщаются въ камерѣ F. Дно этой камеры сдѣлано изъ чугунныхъ плитъ, положенныхъ на фасонныя балки или рельсы. На плиты наложенъ слой алюминознаго кирпича и затѣмъ слой крупнаго чистаго песку, утрамбованнаго въ сырой консистенціи. Поверхность пола имѣетъ уклонъ къ серединѣ и къ задней стѣнкѣ для спуска шлаковъ, которые можно выпускать черезъ отверстіе R. Газы изъ генератора приводятся къ каналу S, проходятъ черезъ клапанъ T по каналамъ u въ камеру V и черезъ вертикальные каналы w входятъ въ печь. Воздухъ идетъ черезъ клапанъ Z, камеру X и каналъ y. При входѣ въ печь газъ смѣшивается съ воздухомъ и сгораетъ. Выводныя отверстія для газа, какъ для этого болѣе легкаго, дѣлаются уже, а для воздуха шире. Продукты горѣнія, пройдя надъ нагрѣваемыми предметами, идутъ черезъ камеры и каналы симметрично расположенные на другой сторонѣ печи и поступаютъ въ дымовой боровъ

Въ камерахъ и въ обѣихъ половинахъ печи складываются кирпичи изъ хромистой (см. таб. Z). Продукты горѣнія, проходя черезъ

[1] Федоровъ. Газовое отопленіе. стр. 33.

эти кладки жаровой или регенераторы, отдают ими свою теплоту. Когда регенераторы сильно нагреются, то при помощи рычага и поворачивают клапаны q, отчего изменяется направление движения газов. Газ и воздух, проходя через накаленные регенераторы, сильно подогреваются и, благодаря этому, температура в печи повышается значительно выше; кроме того и утилизация теплоты производится более совершенно. В то же время продукты горения подогревают другую половину регенераторов. Таким образом, все время производится подогревание газов и воздуха и они входят в печь с температурой немного разницей от температуры продуктов горения, выходящих в регенераторы. Изменение направлений движений газов производится через каждые 30–40 мин., сообразно с размерами печи и требуемой температурой.

Попытки применить газовое топливо делались еще в начале века, но впервые практическое решение этого вопроса было сделано Вильямом Сименсом в начале 50-х годов. Применение газового топлива составляет одно из важных изобретений и насколько удобство и экономичность этого способа отопления оценены практикою, видно судить по тому, что в настоящее время на всех значительных заводах печь с прямой тягой вытесняется, как исключение.

Газовая тяга представляет то преимущество, что нагреваемые предметы не приходят в непосредственное соприкосновение с топливом, которое часто очень вредно и вредно действует на качество металла. Температура газовой тяги поддается вполне регулированию. Можно, по желанию, получить окисляющее или восстановляющее пламя, усиливая или уменьшая приток атмосферного воздуха, а вследствие этого уменьшается значительно угар, происходящий от окисления металлов. Так напр., при нагревании железных болванок для приготовления проволоки дюйм. в 30 мм, угар в обыкновенных не-

часъ бываетъ не менѣе 7%, тогда какъ въ газовыхъ печахъ угаръ не превосходитъ 2,5% слѣдовательно получается экономія около 5%. Вопросъ эта экономія въ случаѣ стали становится сомнѣнъ, такъ какъ сталь нагрѣвается до болѣе низкой температуры.

Примѣненіе газовой топки допускаетъ употребленіе топлива очень плохого качества, какъ напр. бураго угля, слабаго товара опилокъ и др. Кромѣ того газовая топка даетъ большую экономію въ топливѣ отходящіе газы изъ регенераторовъ имѣютъ температуру выше 1500°C а также и въ ремонтѣ печи, такъ какъ благодаря очень равномѣрной температурѣ и тому обстоятельству, что топливо не приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ кладкой печи, она дѣйствуетъ на нее очень разрушительно. Жорданъ приводитъ примѣры печей, которыя работали въ теченіе года не останавливаясь.

Коэф. полез. дѣйствія нагрѣва для печей Сименса согласно Дюре[1] измѣняется отъ 0,10 – до 0,17. Полученіе въ нѣкоторыхъ случаяхъ столь низкаго коэф. полез. дѣйствія трудно объяснить тѣмъ, что печь дѣйствовала не непрерывно и потому много теплоты тратилось на нагрѣваніе самой кладки, которая въ печи Сименса представляетъ очень большой вѣсъ. Поэтому въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ нагрѣваніе производится въ небольшомъ количествѣ и въ большими перерывами выгода печи Сименса значительно уменьшается и ея коэф. полезн. дѣйствія незначительно отличается отъ простой печи.

Данныя для проектированія генераторныхъ печей

Площадь рѣшетки генератора разсчитываетъ такъ чтобы на каждый кв. метр. сгоралось бы около 100 кил. топлива. По вообще ее не дѣлаютъ больше 2-хъ кв. метр. если эта площадь оказывается

[1] Dürre. Die anlage und der betrieb der Eisenhütten стр 713.

недостаточной для производства нужного количества газа, то нужно сделать несколько генераторов, в противном случае уходъ за большим генераторомъ становится очень трудень. Для несгекающагося топлива въ крупныхъ кускахъ дълается горизонтальная решетка. Для топлива средней крупности и спекающагося дълается наклонная решетка, для мелкаго топлива дълается ступенчатая

Помещаю слои топлива для различныхъ случаевъ сгоранія, заимствуя данныя согласно Штегеману[2]:

Для каменнаго угля	отъ 700	до 800 м.м.
бураго	625	700
мягкаго сырого	580	600
" сухого	650	750
антрацит. комковъ торфа	800	1000
слабаго торфа	1200	1400
дубоваго корья	920	1100
отходовъ мягк. со щепой	1200	1400
дровъ высушен. на воздухѣ и нарѣзанныхъ на куски 200 мм длины ...	1100	1300

Размѣры отводящей газы трубы можно разсчитывать, допуская въ ней скорость движенія до 3-хъ метр. При этомъ можно считать, что каждый килогр. топлива, приблизительно, дастъ около 15 куб. метр горячихъ газовъ. Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ этотъ объемъ можно опредѣлить болѣе точно, если извѣстенъ сортъ топлива.

Скорость въ вертикальныхъ каналахъ, ведущихъ газы прямо изъ генератора, нужно допускать нѣсколько меньшую до 2-хъ метр., чтобы вся механическая примѣсь къ газу тутъ же осѣла

Внутренній каналъ и регенераторъ для воздуха увеличенъ на 30%

---

2) Федоровъ. Газовое отопленіе стр 29

самыми газовыми.

Чтобы предполагаемую величину регенераторов разсчитывать такъ, чтобы на каждый кило. сжигаемаго въ сек. угля приходилось около 60 кил. регенератора, а такъ разставлять кирпичи, чтобы на каф. кило. сжигаемаго въ сек. угля приходилось около 1,25 кв. мет поверхности нагрѣва регенератора

Если не требуется высокой температуры, то регенераторъ должается только для одного воздуха

Остальные размѣры печи можно придавать сообразуясь съ приведенными примѣрами. На таб. 6 представлена очень большая сварочная печь на таб. 7 предст. малая камильная. Эти печи представляютъ 2 крайніе примѣра между которыми можно дѣлать различныя комбинаціи. Чѣмъ выше температуру нагрѣва желаютъ получить, тѣмъ ниже долженъ дѣлаться сводъ у печи. Поэтому въ печи на таб. 7, какъ не требующей высокой температуры, высота свода гораздо больше, чѣмъ въ печи на таб. 6, хотя всѣ остальные размѣры ея меньше.

Высота трубы для газовыхъ печей должна быть больше, чѣмъ для простыхъ, такъ какъ толстый слой топлива и длинный проводъ газа увеличиваютъ сопротивленіе при движеніи

Площадь сѣченія можно брать по вышеизложенному, разсчитывая какъ для простыхъ печей

Потребное количество топлива можетъ быть опредѣлено, какъ и въ случаѣ простыхъ печей, если извѣстенъ коэффиціентъ полезнаго дѣйствія. Для печей Сименса, дѣйствующихъ въ теченіи долгаго времени безъ остановокъ, его можно принять въ 0,15

Какія части печи выкладываются изъ огнеупорнаго кирпича показано на черт. 65

---

*) Jordan. Album du Cours de Métallurgie. стр. 150

Вообще, построеніе генеративныхъ печей предоставляетъ довольно широкую задачу и размѣры настоящаго труда не позволяютъ дать болѣе подробныхъ указаній, поэтому, интересующіяся этимъ предметомъ, могутъ обратиться къ книгѣ Федорова - „Газовое отопленіе".

Газовыя печи съ рекуператорами Въ печахъ съ регенераторами приходится все время мѣнять направленіе движенія газовъ Есть системы печей, въ которыхъ подогрѣваніе газовъ производится непрерывно. Эти печи устраиваются такъ, что воздухъ и газы движутся навстрѣчу продуктамъ горѣнія и получаютъ отъ нихъ теплоту, проходя по смежнымъ каналамъ, раздѣленнымъ другъ отъ друга тонкими перегородками, черезъ которыя и передается теплота. Каналы устраиваются или металлическіе, или огнеупорнаго кирпича. Подобный аппаратъ для подогрѣванія носитъ названіе „рекуператора"

Печи съ рекуператорами существуютъ различныхъ системъ: Бонсара, Бальара и др. Онѣ работаютъ очень экономично не хуже печей Сименса, но для своего выполненія требуютъ довольно тщательной работы и потому встрѣчаются рѣже, чѣмъ печи съ регенераторами.

Печи для сжиганія свѣтильнаго газа

Устройство этихъ печей подобно устройству газовыхъ горновъ, представленныхъ на таб. 3 фиг 8—10 съ тѣмъ только различіемъ, что печи должны имѣть плотныя закрытія и годиться для нагрѣванія сразу всего предмета, а не по частямъ. При ихъ устройствѣ должно соблюдаться тоже правило, что и при устройствѣ газовыхъ горновъ, т.е. горѣлки должны быть устроены такъ, чтобы пламя не ударяло въ металлъ, а скользило бы по немъ. Отдѣльныя трубки лучше снабжать кранами, чтобы можно было регулировать силу пламени. Внутренность печи обкладываютъ огнеупорнымъ кирпичемъ.

Примѣръ газовой печи приведенъ на таб. 9 фиг 1. Въ подобныхъ пе-

чаще производится направление факельной трубы перед соединением ее вспомогательной поверхности по американскому завода Continental Iron Works въ Нью-Йорка. Форма печи всегда можетъ быть легко изменена для всякаго отдѣльнаго случая.

Подобныя печи удобны тѣмъ, что даютъ вполнѣ равномѣрный нагревъ, позволяютъ по произволу регулировать температуру и по желанію нагрѣваемой вещи горѣніе можетъ быть сразу прекращено, чѣмъ достигается экономія въ потребленіи топлива

Полугенеративныя газовыя печи. Подъ такимъ названіемъ извѣстны печи, въ которыхъ генераторъ соединенъ вмѣстѣ съ печью.

На таб. 4 фиг 6 представлена печь съ топкой Бантуса. Топливо загружается въ шахту A и сгораетъ въ нижнихъ своихъ слояхъ. Образующаяся CO_2 проходя черезъ слой топлива разлагается на O и CO послѣдняя, встрѣчая у порога B воздухъ, сгораетъ опять въ CO_2 и развиваетъ высокую температуру въ печи. Воздухъ входитъ изъ пространства C подъ подомъ, идетъ въ пустотахъ, сдѣланныхъ въ стѣнкахъ топки, нагрѣвается при этомъ и затѣмъ выходитъ черезъ щели въ порогѣ и подъ покатомъ, какъ показано на чертежѣ стрѣлками

Устройство подобной топки съ пустотными стѣнками довольно дорого; если сдѣлать тонкія стѣнки, то онѣ быстро разрушаются, если сдѣлать ихъ толстыми, то плохо передаетъ теплота. Поэтому подобныя топки встрѣчаются не особенно часто.

Насколько болѣе простое устройство топки Бишеру представлена на таб. 8. Сжиганіе топлива и полученіе газа происходитъ въ камерѣ C. По каналу F идетъ газъ, по составу подобный газу, идущему изъ генератора Сименса - Воздухъ, потребный для горѣнія, входитъ въ противоположномъ концѣ печи въ отверстіе R, проходя подъ подомъ сна-

не нагрѣваемыхъ предметовъ соприкосновеніемъ съ газами, выходящими изъ отверстія

Тяга употребляется иногда очень часто въ такихъ случаяхъ, когда не-

требуется сильная печь съ обыкновенной тягой, тогда надѣтое устрой-

ство облегчаетъ передъ тягу. Если же печь строится такъ что тяга устра-

ивается рядомъ съ печью, какъ показано на таб. 4, фиг. 7.

Устройство печи понятно изъ чертежа. Воздухъ входитъ подъ тягу по направленію стрѣлокъ, здѣсь подогрѣвается и затѣмъ проводится въ канавку А, откуда выходитъ черезъ мелкія отверстія и смѣшивается здѣсь съ газами.

Коэф. полезнаго дѣйствія нагрѣва подобными тягами согласно Вюрцу измѣняется отъ 0,10 до 0,13.

Данныя для проэктированія подобныхъ тягъ не выработаны и для руководства служатъ слѣдующія приведенныя примѣры. Остальныя части печи проэктируются по общимъ правиламъ, приведеннымъ для простыхъ печей

Нагрѣваніе въ посудныхъ печахъ

Посудными печами называются такія, въ которыхъ нагрѣваемые предметы не находятся въ непосредственномъ соприкосновеніи ни съ топливомъ, ни съ продуктами горѣнія. Подобная изоляція необходима въ тѣхъ случаяхъ, когда при выработкѣ требуется особая чистота продукта. Напримѣръ, при производствѣ предметовъ изъ дорогихъ металловъ, которые впослѣдствіи должны имѣть полированныя поверхности, всякій сорт попавшій при нагрѣваніи значительно портитъ такія поверхности. Такъ же посудныя печи слѣдуетъ употреблять въ тѣхъ случаяхъ, когда нагрѣ-ваемые предметы очень тонки, или имѣютъ вообще небольшіе размѣры. Если мелкіе вещи нагрѣвать въ обыкновенныхъ печахъ, то окислительное дѣйствіе пламени будетъ значительно измѣнять ихъ размѣры въ малую -

ныхъ все печахъ на нихъ можетъ дѣйствовать исключительно только горячій воздухъ, который былъ допущенъ въ печь при нагрузкѣ ея сквозь отверстія получится въ самыхъ незначительныхъ размѣрахъ.

Для изолировки отъ продуктовъ горѣнія накаливаемые предметы помѣщаются или въ металлическіе ящики и въ такомъ видѣ ставятся въ печь, или же въ самой печи дѣлается изолирующая камера, которая можетъ приготовляться тоже или изъ металла, или изъ какого нибудь другого огнеупорнаго матеріала: кирпича, шамота и пр.

Примѣры подобныхъ печей приведены на таб. 9; фиг. 2 представляетъ печь для накаливанія предметовъ, фабрикуемыхъ изъ новаго серебра. Въ печь вмазана купельная реторта А. Кругомъ реторты окружена стѣнкой изъ огнеупорнаго кирпича В, которая предохраняетъ реторту отъ слишкомъ внезапнаго дѣйствія пламени. Топливо сгораетъ на рѣшеткѣ С продукты горѣнія поднимаются по каналамъ D и, выходя черезъ отверстіе Е, омываютъ кругомъ реторту. Для загрузки реторты имѣется крышка К, которая входитъ въ прорѣзъ 3, стоящій по сторонамъ отверстія. Плотность стыка достигается зажиманіемъ крышки болтами G. Съ другой стороны реторты имѣется петля крышка, привинчивающаяся болтами на петлѣ. По серединѣ крышки находится отверстіе, задымленное слюдою, для наблюденія, затѣмъ, что происходитъ внутри.

Фиг. 3 представляетъ подковную печь съ декоративной топкой Стиннеса. R/C — воздушные регенераторы, З — газовая. Изолирующая камера сдѣлана изъ огнеупорнаго кирпича. Верхняя часть вымощена квадратами, для мягкости изъ пустотѣлаго кирпича. Обогрѣвая камеру продуктами горѣнія, проводятся двѣ трубы, окружающія вокругъ нее горячими газами. Для болѣе равномѣрнаго нагрѣва каналы расположенные у краевъ камеры имѣютъ большіе размѣры чѣмъ идущіе посрединѣ, какъ это видно на планѣ

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, когда требуется болѣе высокая температура и когда не особенно опасаются окисленія продуктовъ, то газъ газа вводится по трубкѣ И и сжигается внутри самой камеры.

Фиг. 4 представляетъ посудную печь для отпуска пищевыхъ удѣлитъ-ныхъ чаевъ. Изолирующей камерой служитъ чугунный ящикъ въ которой складываются чаши, закрываются крышкой и ящикъ задвигается въ печь. Для болѣе легкаго передвиженія ящикъ стоитъ на чугунныхъ шарахъ катающихся на чугунныхъ рельсахъ. Продукты горѣнія омываютъ ящикъ со всѣхъ сторонъ. Для болѣе равномѣрнаго нагрѣва, каковымъ находящіеся около топки, разставляемы другъ отъ друга на большее разстояніе, чѣмъ въ противоположномъ концѣ. какъ это видно изъ чертежа

Нагрѣваніе въ подобныхъ печахъ производится довольно медленно. напримѣръ. при отпускѣ фунтовыхъ чашъ успѣваютъ сдѣлать только отъ 9 до 13 нагрузокъ въ мѣсяцъ сообразно съ полицикой чашъ.

Для нагрѣванія посудныхъ печей можетъ употребляться также и свѣтильный газъ. Устройство ихъ совершенно подобно тому какъ уже было описано въ горнахъ и камельныхъ печахъ

Печи отапливаемыя свѣтильнымъ газомъ особенно удобны для нагрѣванія малыхъ предметовъ

Вслѣдствіе того, что теплота въ посудныхъ печахъ передается черезъ стѣнки камеры коэф. полезнаго дѣйствія нагрѣва этихъ печей выходитъ очень небольшимъ. Ледебуръ[1] опредѣляетъ его въ 0,03

Для проектированія посудныхъ печей особыхъ правилъ не существуетъ и при устройствѣ ихъ можно руководствоваться тѣми указаніями, которыя были приведены для плавильныхъ печей.

---

[1] A. Ledebur. Metallverarbeitung стр 164.

Б) Нагрѣваніе при помощи скрытой теплоты расплавленныхъ металловъ

При отливкѣ расплавленнаго чугуна или стали въ металлическую форму послѣдняя всего конечно загвердѣваетъ внѣшней обмазка и внутри ея такого слитка находится еще расплавленный металлъ. Если слитокъ въ такомъ состояніи помѣстить въ условія, при которыхъ онъ могъ бы отдавать свой теплотѣ, то при отвердѣваніи находящагося внутри расплавленнаго металла выдѣлится скрытая теплота, которая и нагрѣетъ всю слитковую массу металла до очень высокой температуры.

Основанный на этомъ принципѣ способъ нагрѣва былъ предложенъ въ 1882 г. Дэйерсомъ (Gjers). По его способу, какъ только слитокъ бываетъ затвердѣетъ на столько, что можетъ быть вынутъ изъ формы его переносятъ въ особыя ямы (soaking pits) фиг. 6. Ямы эти приготовляются изъ краснаго кирпича и внутри ихъ выкладываются изъ огнеупорнаго кирпича слитки близко подходящіе по размѣрамъ и формѣ къ нагрѣваемымъ слиткамъ. Сверху отдѣльныя камеры закрываются крышками.

Предварительно подобныя ямы сильно разогрѣваются, помѣщая въ нихъ раскаленные слитки. Когда яма разогрѣта, тогда въ нее начинаютъ ставить слитки, затвердѣвшіе только снаружи. При окончательномъ затвердѣваніи болванокъ, выдѣляющаяся скрытая теплота, нагрѣваетъ болванку, причемъ ее всегда оказывается избыточное количество, такъ что ея скрытой теплоты достаточно, чтобы поддерживать высокую температуру и самой ямы.

Этотъ*) производимъ калориметрическія измѣренія, опредѣляя количество единицъ тепла въ болванкѣ, раскаленной до жара, необходимаго для данной ей обработки, и затѣмъ опредѣляя количество металла въ полости ея

*) Soaking pits for Steel Ingots. Journal of Iron and Steel Institute 1882 г.

затвердѣвшемъ слиткѣ, который переносится въ яму. Оказалось, что на каждыя 104 единицы теплоты раскаленной болванки приходилися 154 един. тепл. въ слиткѣ съ расплавленной внутренностью, слѣдовательно, этой теплоты вполнѣ достаточно, чтобы нагрѣть болванку до надлежащей температуры и кромѣ того поддерживать и высокую температуру самой ямы

Экономичность подобнаго способа нагрѣва, дѣлающаго ненужными цѣлый рядъ печей, конечно оказалась столь значительной, что многіе фельдгодныя заводы Англіи стѣснялись ввести его у себя

Приспособленіе для нагрузки и разгрузки нагрѣваемыхъ предметовъ въ горнахъ и плавильныхъ печахъ

Предметы мелкіе, но имѣющіе достаточно большіе размѣры, закладываются для нагрѣванія въ горнъ прямо руками. Для держанія предметовъ съ небольшими размѣрами, которые нагрѣваются по всей своей массѣ, употребляются такъ наз. клещи по формѣ похожіе на фиг. 3.

Если нагрѣваемые предметы тяжелы то ихъ закладываютъ въ горнъ при помощи крана какъ показано на таб. 10 фиг. 6 и 7. Самый предметъ подвѣшивается на цѣпи къ блоку, который катается по крану. Блокъ, черезъ который перекинута цѣпь, можетъ двигаться такъ, чтобы его плоскость вращенія могла измѣнять свое положеніе относительно верхняго блока. Для направленія предмета къ нему съ одного конца прикрѣпляются или клещи фиг. 6 или все просто полоса, которая наз. держакой фиг 7. Держака закрѣпляется при помощи кольца A и кольцевъ B. Такія же кольца надѣваются и на клещи, если нагрѣваемый предметъ мелкій тяжелъ. Для поворачиванія употребляются крючки. фиг 7а

Мелкія вещи вкладываются и вынимаются изъ печей клещами

Загрузка пламенныхъ печей тяжелыми предметами производится при

помощи зубчатых полос b на виде лопаты фиг 1 Предметы, назначаемый к накрову, кладется на такую лопату, задвигается в печь и затем особым движением лопата из под него вытаскивается

Вынимание предметов из небольших печей производится при помощи крючков фиг 2 или больших клещей фиг 3.

Нагруженный предмет обыкновенно вытаскивается на двухколесную тележку фиг 4 и на ней отвозится к месту дальнейшей обработки. Тележки с рамками удобны для продолговатых и плоских болванок, для вещей же неправильной формы они делаются обыкновенно с плоской гладкой платформой.

Иногда длинные болванки вынуждены из печи клещами подхватываются особым изогнутым рычагом фиг. 5. подвешенным за цапфу к какой-нибудь рамке и таким образом переносятся дальше.

На хорошо устроенных машиностроительных заводах для нагрузки и разгрузки печей имеются особые краны. Подобный гидравлический кран на американском заводе Edgar Thomson'a представлен на фиг. 8. Водом поперечина салазок тележка A, приводящаяся в движение гидравлическим цилиндром B. К тележке подвешен задвигающий аппарат B. Движение по полочке Γ двигателя относительно тележки при помощи гидравлического цилиндра Δ и зафиксирует нагруженный предмет E. Движение вперед и вниз же вместе осуществляется при помощи гидравлического цилиндра H. Вся поперечина крана поддержана подвесками 3 и упирается в свободный открытый рамками 21. На ось всей насажено зубчатое колесо K (фиг 9 и 10) (Из этого колеса насажена в закрытый цилиндр M, на одном с ним валу сидит цилиндр M', который зацепляется с рейкой N. Рейка составляет продолжение штока гидравлического цилиндра H. При движении поршня гидравлического цилиндра поворачивается цилиндр M и заставляет вращаться

и весь кранъ.

Всѣ описанныя движенія крана совершаются при управленіи рукоятками, которыя всѣ сосредоточены на площадкѣ О и находятся въ распоряженіи одного рабочаго. Передача силы цилиндрамъ производится при посредствѣ трубокъ Р, которыя имѣютъ шарнирныя соединенія, а потому допускаютъ свободное перемѣщеніе захвата въ вдоль поперечномъ.

Захватъ, представленный на фиг. 8 употребляется для загрузки пакетовъ или слитковъ въ видѣ плитъ, предназначенныхъ для проковки или отковки эссенца, для болванокъ же продолговатой формы вмѣсто захвата употребляется захватъ, представленный на фиг. 12. Онъ устроенъ подобно изъ чертежа

Подобный же захватъ, только подвѣшенный вертикально, употребляется для разгрузки печей, имѣющихъ отверстія въ верхней части, напр. изъ подогрѣвательныхъ печей Дэфсіерса.

Фиг. 13 изображаетъ кранъ съ приспособленіемъ для выниманія изъ формъ только что отлитыхъ горячихъ болванокъ. Форма съ отлитой болванкой захватывается крючками А переносится краномъ въ то мѣсто, гдѣ болванку желаютъ выкрутить и здѣсь ее выдавливаютъ изъ формы штокомъ В гидравлическаго цилиндра. Подобнымъ краномъ можно производить загрузку нагрѣвательныхъ печей Дэфсіера.

На таб. 11 фиг. 1—6 изображаютъ капитальный кранъ на американскомъ сталелитейномъ заводѣ Pacific Rolling Mill Company. Вывореніе по рельсамъ и поворачиваніе около средней оси производится двойной паровой машиной Д, имѣющей ходъ и діаметръ цилиндровъ по 230 мм. Движеніе крана по рельсамъ производится при помощи двухъ фрикціонныхъ муфтъ Е. Основной машины состоитъ изъ прямоугольной рамы-скелетной изъ двутаврового желѣза. Въ центрѣ

этой рамы расположено большое дубчатое колесо 3050 мм диам. шаг 75 мм. и длина зуба 150 мм. Параллельно с валом паровой машины находится другой, более короткий вал, который при помощи конических колес и шестерни передает закрепленное большому дубчатому колесу. Движение этому валу, а вместе с ним и вращение всей машины сообщается при помощи фрикционной муфты ЖК.

Задние соединяет из двух плоских балок 3 параллельных друг другу и поддерживающихся тяжкой Я1. Задние концы этих балок находятся в подшипниках, которые в свою очередь поддерживаются на шипах К так что балки 3 могут вращаться около своей оси и поворачиваться около точки К. Передние концы балок 3 имеют зацепы на задних их концах находятся кривошипы, которые при помощи цапфов соединены со штоком гидравлического цилиндра В, как ясно видно на фиг. 5. При подымании штока к верху балки 3 поворачиваются и зацепляют болванку. Опускание и подымание передних концов производится гидравлическим цилиндром А. Для того, чтобы уменьшить длину этого цилиндра движение передается при помощи блоков и цепей, как это более ясно показано на фиг 4. Воды для гидравлических цилиндров накачивается двойными насосами расположенными симметрично с паровой машиной

Цилиндр А имеет диаметр 230 мм, цилиндр В – 135 мм, цилиндр С – 350 мм. Остальные главные размеры показаны на чертеже

Подобные машины представляют из себя только особый тип крана, поэтому и расчет как при проектировании ведется как обыкновенно для грузоподъемных машин.

D. Нагрѣваніе при помощи электричества

Нагрѣваніе металловъ при помощи электричества производится помощью металла въ замкнутую цѣпь, черезъ которую пропускается электрическій токъ. При этомъ цѣпь разсчитывается такъ, чтобы ея сопротивленіе было незначительно въ сравненіи съ сопротивленіемъ нагрѣваемаго металла. Тогда токъ, преодолѣвая большое сопротивленіе металла производитъ работу, которая преобразуясь въ теплоту и нагрѣваетъ металлъ.

Электричество для нагрѣванія металловъ въ заводской практикѣ впервые, насколько извѣстно, было применено въ началѣ семидесятыхъ годовъ на англійскомъ заводѣ бр. Сименсъ, при изготовленіи ими англійскаго телеграфнаго кабеля. Отдѣльныя мѣдныя проволоки сваривались нагрѣвая до надлежащаго жара электрическимъ токомъ. Способъ этотъ въ то время не былъ обнародованъ и дальнѣйшаго распространенія не получилъ.

Въ 1886 г. американскій проф. Эліу Томсонъ, приготовляя аппараты для демонстрацій передъ Франклиновскимъ институтомъ, нечаянно коротко замкнулъ токъ, вслѣдствіи чего вся мѣдная обмотка одной машины моментально расплавилась. Этотъ случай снова подалъ мысль о примѣненіи электрическаго нагрѣва для заводской практики. Томсономъ вскорѣ былъ предложенъ особый аппаратъ для свариванія металловъ при помощи электричества, а вслѣдъ за нимъ появились и другіе.

Какъ извѣстно количество теплоты выдѣляющееся при прохожденіи электрическаго тока пропорціонально квадрату силы тока, поэтому для нагрѣванія металловъ сила тока должна быть по возможности велика. Электровозбудительная же сила вслѣдствіе незначительнаго сопротивленія металла и цѣпи должна быть не велика. Въ

практикам сила тока доходит до 10000 ампер электровозбудительная же сила не превышает 5 вольт.

Подобный ток можно получить прямо из машины, но при этом являются следующие неудобства: конфигурация подходящая для этих подобной машины находится не всякая, кроме того является необходимость помещать сгораемый предмет около самой машины, иначе при передаче столь сильного тока на большое разстояния будут происходить громадные потери. Производить все контрольные опыты машины не всегда удобно. Вследствие этого из машины получают обыкновенно ток высокого напряжения и потом преобразовывают его при помощи аккомуляторов или трансформаторов.

По способу Томсона преобразованный в трансформаторе ток идет по толстым проводам A, таб. 11, фиг. 8, которые оканчиваются зажимами и в них закладываются предметы для нагревания. Стальные Томсона контрагированы таковым образом для сваривания металлов, сообразно с этим зажимы при помощи рычага R и шестерни C, зацепляющейся с рейкой E могут сдвигаться вдоль собою и таким образом надвигать друг на друга закрепленные в них куски металла. Прежде всего металлы нагреваются именно в месте соприкосновения двух кусков, так как здесь площадь соприкосновения, через которую проходит ток, является наименьшей, следовательно, сопротивление наибольшее, а потому и происходит наибольшее развитие теплоты.

Так как по мере нагревания металла сопротивление увеличивается, то необходимо все время регулировать силу тока. У Томсона это регулирование производится при помощи реостата, который входит в первичную цепь. Если регулирование не производить или через большой интервал, представляющий слишком сопротивление проходит через весь ток

ный ток, вследствіе чего напряженіе будетъ происходить крайне неравномѣрно: преобразованіе будетъ касаться лишь одной части заряженія вслѣдствіе большой теплопроводности будутъ уравниваться отводимую теплоту, при чемъ избыточная часть развитой теплоты можетъ оказаться, что преобразованіе, такимъ образомъ, успѣетъ достаточно нагрѣться лишь одна часть заряженія совсѣмъ перегорѣть.

Способъ Томсона былъ значительно усовершенствованъ Бертономъ: Его усовершенствованіе главнымъ образомъ состоитъ въ измѣненіи способа регулированія, а также и въ устройствѣ заряженія для сердцевины нагрѣваемыхъ предметовъ.

Устройство приборовъ Бертона состоитъ въ слѣдующемъ: отъ Динамо-машины А развивается переменный токъ съ напряженіемъ отъ 1500 до 2000 вольтъ и силою около 25 ампер. и передается его трансформатору D, изъ котораго токъ выходитъ преобразованный силою 10000 ампер и напряженностью 5 вольтъ. Преобразованный токъ идетъ въ спираль Ф. Для возбужденія машины А служитъ небольшая динамо-машина В съ постояннымъ токомъ. Вспомогательная одинаковая сила тока въ главномъ проводѣ И достигается измѣненіемъ электровозбудительной силы машины А. Въ то время когда металлъ еще холоденъ, слѣдовательно сопротивленіе его не велико, достаточно небольшой напряженности, чтобы получить надлежащую силу тока По мѣрѣ того, какъ металлъ нагрѣвается и сопротивленіе его увеличивается, нужно увеличивать и электровозбудительную силу машины.

Какъ извѣстно электровозбудительная сила машины возрастаетъ съ увеличеніемъ числа оборотовъ или же съ увеличеніемъ силы магнитовъ въ отдѣльности Поэтому число оборотовъ машины остается постояннымъ, а измѣняется сила магнитовъ. Въ возбудительной цѣпи нѣко-

диска реостата C. Его сопротивление увеличивается, или уменьшается автоматически въ зависимости отъ силы тока идущаго по цѣпи E. Помимо того какъ сопротивленіе нагрѣваемаго металла увеличивается, увеличивается также и сила отвѣтвленнаго тока по цѣпи E - Подъ вліяніемъ этого, сопротивленіе реостата уменьшается, а вмѣстѣ съ этимъ увеличивается сила тока отъ машины B и электровозбудительная сила машины A - Такимъ образомъ регулированіе происходитъ совсѣмъ автоматично.

Подобное устройство имѣетъ громадное преимущество передъ системой Томсона. Когда реостатъ помѣщается на главной цѣпи то регулированіе производить крайне трудно: реостатъ самъ нагрѣвается и его сопротивленіе все время измѣняется, вслѣдствіе этого по способу Томсона нагрѣть равномѣрно металлъ почти невозможно и его способъ исключительно примѣняется для закаливанія. Кромѣ того и въ экономическомъ отношеніи способъ Бертона имѣетъ преимущество передъ способомъ Томсона.

На послѣдней выставкѣ въ Чикаго были экспонированы аппараты Бертона и ихъ дѣйствіе не оставляло желать много лучшаго. Образецъ нагрѣвался быстро, равномѣрно и температура нагрѣва измѣнялась по произволу отъ самаго слабаго нагрѣва до столь сильнаго, что фельзитовый образецъ начиналъ плавиться. Въ зажимы крайне просты одинъ изъ нихъ представленъ на фиг 6. Образецъ вкладывается черезъ отверстіе i и упирается въ планку K, прикрѣпленную къ другому полюсу затѣмъ образецъ придавливается грузикомъ M

Другой изъ зажимовъ представленъ на фиг 7. Образецъ зажимается въ M M и нагрѣвается. При поворачиваніи молоточка, вслѣдствіи совершенно равномѣрнаго нагрѣва, брусокъ обращается въ правильную спираль Подобныхъ зажимовъ существуетъ очень много для различныхъ работъ

Нагревание металлов при помощи электричества имеет индукционное действие:

Нагревание происходит более равномерно, металл вследствие циркулирования нагревается несколько больше внутри, чем снаружи, поэтому окисление металла происходит не так сильно, как при обыкновенном способе нагрева, где распределение температур получается как-раз обратное

Внутренняя часть муфеля быть нагрета почти до плавления и удерживать теплоту дольше чем при обыкновенном нагреве.

Нагревание металла производится очень близко от нагревания

Нагревание металла муфель производиться даже в то время, когда металл кипится

Нагреваемый предмет всегда на виду и потому сразу предмет почти невозможно

Нагревание металла производится именно в том месте, где нужно

При этом способ является возможным исключить из одного нагрева то, на что вообще потреблялось по крайней мере два нагрева. Вследствие этого экономии, а следовательно и угара получается значительно меньше

Нагревание производимая неравненно быстрее раз в 10. Отъ этого опять уменьшается количество окалины и получается экономия работы

Температура нагрева муфель изменяется по произволу и все время поддерживаться постоянно

При закаливании предметы могут быть автоматично

нагревается до заранее установленной температуры.

В мастерской отсутствует обычный удушливый дым и все помещение более опрятный вид.

Таким образом со технической точки зрения вся преимущества находятся на стороне электрического нагрева металлов. Остается только решить на сколько экономно применение подобного способа.

Исследования в этом направлении были произведены американским инженером Барвей и полученные им результаты доложены перед Франклинским Институтом в Филадельфии

Опыты свои Барвей производил на заводе Electrical Forging Company в Бостоне - Работа паровой машины в 60 сил измерялась динамометром Эмерсона, в то-же время определялось количество нагретого металла по весу. Из опытов оказалось, что

1) Работа потребная для нагревания металла не зависит от длины полосы (результат неожиданный

2) Работа потребная для нагревания уменьшается очень быстро вместе с тем, как скорость нагрева увеличивается — Объясняется это, вероятно, тем, что при быстром нагревании меньше теряется на излучение. Скорость нагрева влияет также очень сильно на стоимость работы, потому что при этом сохраняются деньги на изношение машины и на рабочие руки

3) Предметы защищенные от действия воздуха потребляют для своего нагрева меньше работы, чем предметы открытые

4) На нагревание одного куб. дюйма до сварочного жара требовалось не менее 4-ех лошадиных сил в минуту (4 x 33000 фунто-футов)

Переводя это на метрические меры найдем, что для нагрева-ния 0,125 кил. фунта потребуется израсходовать 18000 килограм-лометров работы или 42,3 единицы теплоты, эквивалентной этой работе. Полагая согласно Грунеру, что напряжение до бла-гословенного дара фунта содержит 200 единиц теплоты найдем коэффициент полезного действия электрического нагрева, отно-ся его к затраченной механической работе равным

$$0,1 \times 5.200 : 42,3 = 0,59$$

Относя все его к количеству затраченной теплоты и полагая что на каждого паровую лошадь тратится в час 1 кил. ция найдем коэфф. полезного действия = 0,125 . 200. 60 : 4.7700 = 0,04. Следовательно, нагревание при помощи электричества дает коэффициент полезного действия нагрева несколько больший чем нагревание в обыкновенных горнах но устройство эле-электрического нагрева стоит очень дорого и потому этот способ нагрева может применяться только при известных условиях.

Существует еще один способ электрического нагрева металлов предложенный Лекарфом из Брюсселя. Его способ состоит в следующем: берут сосуд с водой, слегка под-кисленной и в воду погружают один из электродов: К дру-гому электроду прикрепляют металл, который должно нагреть. При погружении металла в воду под влиянием электрического тока последняя разлагается, при чем ток направляют так, чтобы водорода выделялся на металле Тогда образующийся слой водорода представляет большое со-противление прохождению тока сильно нагревается и нагрева-ет находящийся с ним металл

Этотъ способъ удобенъ тѣмъ, что-для него требуется обыкновенный токъ. На выставкѣ въ Чикаго подобное нарѣзываніе металла достигалось токомъ въ 50 ампер. и 45 вольтъ.

2) Прокатка

Прокатка имѣетъ цѣлью превратить металлическія болванки или слитки въ тонкіе листы или длинныя полосы съ одинаковымъ поперечнымъ сѣченіемъ

Прежде подобная работа производилась ковкой при помощи молота но работа такимъ образомъ шла крайне медленно и получить продуктъ хорошаго качества было очень трудно

Въ 1784 г. англичаниномъ Кортомъ совмѣстно со способомъ пудлингованія былъ изобрѣтенъ прокатный станокъ. Его станокъ состоялъ изъ двухъ валковъ и предназначался для прокатки полученной изъ пудлинговой печи крицъ

Въ настоящее время существуетъ очень много различныхъ конструкцій прокатныхъ станковъ причемъ всѣ ихъ можно раздѣлить:

1) По размѣру на мелкосортные (проволочные) среднесортные (сортовое железо) крупносортные (большіе крупные сорта) спеціальные (рельсы, балки, бандажи)

2) По качеству производимой ими работы на болваночные, служащіе для грубой обработки и на отдѣлочные для чистой окончательной отдѣлки.

3) По числу валковъ на станки съ двумя, съ тремя и съ четырьмя валками

4) По конструкціи валковъ на станки и гладкими валками и на станки съ рифленными валками

Болваночный станокъ отличается отъ отдѣлочнаго бо́льшей грубой работой и меньшей точностью исполненія. На такомъ станкѣ производится предварительное придаваніе формы болванкѣ въ грубомъ видѣ. Отдѣлочный же станокъ долженъ быть сдѣланъ болѣе точно, и эта точность въ особенности требуется для тѣхъ станковъ, въ которыхъ обрабатываемый предметъ получаетъ окончательные размѣры.

Станокъ съ двумя валками имѣетъ конструкцію представленную на таб. 13 Валки помѣщаются въ подшипникахъ, которые прикрѣплены въ двухъ стойкахъ. Нижніе подшипники могутъ неподвижно, а верхніе могутъ подниматься и опускаться сообразно съ надобностью. Верхніе подшипники отъ движенія вверхъ удерживаются винтами А. Если валки приходятся сближены на различныхъ разстояніи другъ отъ друга, какъ напримѣръ при прокаткѣ листового желѣза то для того, чтобы верхніе подшипники слѣдовали за винтомъ и поднимали бы за собой валокъ, въ нихъ упираются съ низу желѣзные стержни Б, которые подъ дѣйствіемъ противовѣсовъ В постоянно придерживаютъ верхній валокъ къ нажимнымъ винтамъ

Для того чтобы верхній валокъ поднимался равномѣрно съ обѣихъ сторонъ, нажимные винты поворачиваются при помощи вала Д и насаженныхъ на него шестерень Е. Закрытіе вала на нажимныхъ винтахъ ясно видно изъ фиг. 2. Закрытіе подшипниковъ и вкладышей показано на фиг 4

Вкладышъ имѣетъ ударовъ которые немного болѣе ста-

рого при прокаткѣ, ибо его часть должна быть сдѣлана особенно прочно; для большей безопасности подъ нажимной винтъ вкладывается предохранительная коробка Ж, которая до

имеется насколько слабое остальных частей и въ случаѣ силь-
ного давленія на болтъ ломается и тѣмъ предупреж-
даетъ поломку остальныхъ частей

Фасонной гайкѣ имѣетъ прямоугольную или трапецендаль-
ную наружу и проходитъ середъ гайку 3. Иногда гайка имѣетъ
снаружи форму конуса и вставляется въ коническое гнѣздо стани-
ны, но такой конструкціи ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ
допускать такъ какъ подобная гайка даетъ совершенно непра-
вильный расходъ на станину и тѣмъ развиваетъ въ ней опасныя
напряженія, а кромѣ того сама гайка сфасонная, сфасонныхъ
проходящій въ ней винтъ, отчего поворачивать его становится
крайне трудно.

Станины между собою скрѣпляются фасонными тягами
которыя закливаются въ прилитыхъ къ станинамъ ушахъ
Передъ станины снизу закрѣпляются на толстыхъ чугунныхъ плитахъ
какъ это показано на таб. 12 и 13. Сами плиты болтами прикрѣп-
ляются къ фундаменту, а станины закливаются на плитахъ де-
ревянными клиньями. Подобная конструкція не допускаетъ проч-
ной и тонкой установки станинъ и потому въ настоящее время
въ лучшихъ американскихъ заводахъ примѣняютъ закрѣпленія
станинъ показанныя на таб. 13 и 16 фиг 1 На фундаментѣ
заблаговременно укладываются чугунныя полосы А. Верескія при гро-
мѣ этихъ полосъ опрокопы и на нихъ ставятся станины,
плитами ноги станинъ имѣютъ форму соотвѣтствующую фор-
мѣ полосъ. Внутри полосъ имѣютъ пустоту въ которой по-
мѣщаются головки болтовъ для прикрѣпленія станинъ. Бла-
годаря такой конструкціи направляющія полосъ станинъ
легко передвигаются вдоль фундамента, снимаются и вновь ста-

вится, причем вырезать нет относительного положения вы-ни гарантировано.

Самый фундамент должен непременно делаться из кирпича или из камня и ни в каком случае не следует допускать употребление деревянного фундамента или деревянных прокладок, которая не терпится никакой полезна всегда да делают прокатные устройства неточными и поэтому неспособными выпускать хорошие сорта фасона

В прокатных станках малые валки употребляются почти исключительно для прокатки стали. Если конфедо профиля места расстояние между валками нужно несколько уменьшить последовательно валки делаются передвижными и поэтому в таких станках необходимо присутствие противовесов B (таб 15 фиг 3). В последних отдельных станках, где шеи почти не изнашивает своих размеров, а ему изнашивается только поверхности, расстояние между валками не изменяется и поэтому в таких станках механизма с противовесами не делается

Чтобы прокатываемому металлу сообщить фигурное сечение валки делаются не гладкими а с особыми проточками или так наз. ручьями. Калибрами ручьи постепенно изменяют свой размер и форму перехода от сечения болванки, с которой начинается прокатка до профиля, который металлу должен иметь в окончательном виде. Металл проходя через ручей принимает его форму и таким образом прокатывается до необходимых размеров.

Если половина ручья расположена в одном валке, а другая в другом, то такие ручьи наз. открытыми. Если все почти

все остальные ручки находятся въ одномъ валкѣ, а другой снабженъ только замыкающей сторонкой (фиг. 3) то такіе ручки наз. За-крытыми

Въ станкахъ съ бороздчатыми валками нижній подающій-ихъ поступаетъ въ станинѣ неподвижно у верхняго же нед-ижняя половина подвъемливается на болтахъ, какъ это видно на таб. 12, а верхняя половина нажимается установительнымъ винтомъ. При такомъ устройствѣ является возможность установки верхняго вала относительно нижняго

Если ручки расположены симметрично въ обоихъ валкахъ и радіусы валковъ одинаковы, такъ что при одномъ и томъ же числѣ оборотовъ скорость на окружности получается одинаковая, то полоса изъ ручья выходитъ прямая

Если же одинъ изъ валковъ больше, то вслѣдствіе большей скорости на его окружности прилипающій къ нему слой металла вытягивается сильнѣе и вслѣдствіе этого полоса выходя изъ ручья загибается въ сторону меньшаго валка. Если ручей къ этому еще закрытый, то прокатываемая полоса защем-ляется въ немъ и не выходитъ изъ ручья, а навертывается на валокъ, что конечно влечетъ за собою неминуемую поломку станка. Для предупрежденія подобныхъ случайностей около валковъ устанавливаютъ особые ножи или проводки (таб. 14, фиг. 17), которые не позволяютъ прокатываемой полосѣ навер-тываться на валки, а проводятъ ее вонъ изъ изъ станка. Но-жи укрѣпляются на особой поперечинѣ A, которая въ свою оче-редь закрѣпляется въ особыхъ прорѣзахъ B (таб. 15 фиг 1–4) станинахъ. Ножи должны быть всегда прочны и хорошо выполнены изъ стали.

Для предупреждения сильного нагрева валков, они все время прокатки поливаются водой. Для этого надъ валками помѣщается газовая трубочка съ отверстіями, черезъ которыя и льется вода

Двигателя прокатному стану могутъ сообщаться отъ паровой машины, гидравлическаго двигателя или привода, причемъ движеніе отъ послѣдняго передается непосредственно одному валку, а другой валокъ получаетъ движеніе при помощи шестерень (таб. 13). Валы, на которыхъ насажены шестерни заключаются въ особыя станины (таб. 12 и 13)

Оси валковъ вообще должны бы совпадать съ осями шестерень, но такъ какъ оси шестерень неподвижны, а оси валковъ перемѣщаются, то для того, чтобы при такихъ условіяхъ была возможна передача движенія, валки соединяются съ шестернями при посредствѣ особыхъ соединительныхъ стержней и муфтъ (фиг. 11-13, таб. 14). Какъ видно на фиг. 13 между валками и шестернями вставленъ стержень A, который соединяется съ ними при помощи муфтъ B. Соединительные стержни и муфты имѣютъ въ съченіи форму представленную на фиг 11 и 13. Между стержнемъ и муфтой имѣется зазоръ, благодаря которому является возможнымъ ось стержня отклонить подъ нѣкоторымъ угломъ къ оси муфты (фиг. 14); можно также ось муфты имѣть немного повернувшуюся относительно оси валка. Вслѣдствіе такого устройства валки могутъ немного перемѣщаться. При большихъ зазорахъ соединительные стержни производятъ ударъ внутри муфтъ Для избѣжанія этого муфтамъ придаютъ конструкцію показанную на фиг. 15, т. е. внутренняя часть муфты округляется, благодаря чему стержень можетъ перемѣщаться внутри муфты и принять любой уголъ при значительно меньшемъ зазорѣ.

Чем много, чтобы валики не могли перемещаться вдоль оправки между ними прокладываются деревянные прокладки, которые удерживаются на оправке с помощью фланцевых обручей. (фиг. 16)

Иногда соединительным оправкам придают в виде фрикционную (фиг. 17 и 17а) Самый соединительный оправок оправка на изогнутую ёлку Ф, по концам которой находятся шипы со шлифованными на них фасками, опирающимися на пазы Д. Шлифовки пазов прикрыты с одного конца их передвигающимся подшипником валка 2, а с другого подвижными на шипах 3. При таком устройстве передача работает очень плавно, без всяких ударов

Существует еще одна конструкция соединительных оправок предложенная Малышевым (фиг. 18), которая может работать достаточно спокойно, но вследствие того что для своего исполнения требует много работы, употребляется довольно редко.

Соединительные оправки ставятся в тех случаях, когда валки часто снимаются и предохранительными кольцами. Так обыкновенно делают гораздо слабые валки, вращающиеся от частей станка, так что если в передаточном механизме произойдет случайно, опасное напряжение, то сломаются фасонки и цапфа соединительной оправки и предохранят от поломки более ценные валки и шестерни.

Металл прежде, чем он пропустят последовательно различные фасонки раз пройти между валками, поэтому работа на станке с двумя валками идет сравнительно медленно. Время, потребное на пропускание предмета между валками (фиг. 4, таб. 14), за это время оно катается на второй валок и передается им обратно, снова пускается между валками и т. д. пока не получится нужная

самые разные.

Если прокатываемый между предмет, это работой по выходу металла из валков подобен между валками и, поднимая на верх валок, передает обратно. При прокатке же тяжелой вещи для ее перемещения в вертикальном направлении устраивается особый подъемный механизм.

Особый способ прокатки представляется очень не рациональным, так как здесь не только нарушится полезная работа на обратное передвижение прокатываемого предмета, но вместе с этим и сама прокатка через сам механизм, так как на обратное перемещение металла требуется гораздо больше времени чем на самую прокатку. А скорость прокатки крайне желательно увеличить потому, что при медленной работе металл охлаждается и по мере охлаждения возрастает трудность его обработки.

Из вышесказанного ясно, что работа будет тем более рациональной если прокатку производить в обе стороны. Этого конечно можно достичь изменяя направление движения валков.

Самый простой и наиболее рациональный способ для перемены вращения валков – применение паровой <u>машины с обратным ходом</u>. Такая машина должна быть конечно без маховика. Если же машина будет снабжена маховиком без обратного хода, или движение к валкам передается от ведомого элемента или от привода, то в таком случае изменение движения валков можно достичь при помощи <u>особого передаточного механизма</u> (фиг. 8, таб. 14). На главном валу сидит маховик А и зубчатое колесо Б, которое зацепляется с колесами В и Г. От

колеса D через вал и другое колесо передается движение колесу E. Колеса B и E сидят на валу свободно и имеют впущенные представляющие из себя зубчатые муфты. На валу передающем непосредственно движение валикам сидит на шпонке муфта JK. Нетрудно видеть, что шестерни B и E вращаются в различные стороны, следовательно, сцепляя муфту то с той, то с другой шестерней, валикам будет сообщаться вращение то в ту, то в другую сторону.

Подобное устройство неудобно тем, что при всякой перемене направления в зубчатой передаче сильные удары и сотрясения распространяются. Несколько лучше будет действие, если зубчатые муфты заменить фрикционными, но во всяком случае подобную передачу нужно применять только в крайнем случае, если все возможно, то следует снабжать машину с обратным ходом или все движения иметь задачу другим способом применяя станок с тремя валиками

В станках с тремя валками прокатываемый металл пропускается между нижним и средним валком (фиг. 5, таб. 14) и возвращается обратно между средним и верхним валком, следовательно прокатываемый предмет приходится перемещать немного в вертикальном направлении. Это перемещение в случае легкой полосы производится рабочим с помощью клещей, для тяжелых же предметов должны устраиваться особые подъемные механизмы.

Различные конструкции станков с тремя валками приведены на таб. 16

Конструкция такой муфты описана в Горном Журнале 1875 Октябрь. Также — О некоторых горнозаводских машинах.

Наиболее новый тип станины для такого станка представлен на фиг 1 Как видно она станина представляет более красивые очертания по сравнению с другими старыми типами и ея способъ закрытия на прорезанныя тумбочки болтами а — отличается болѣе прочную и болѣе точную установку по сравненію съ прежней конструкціей, при закрѣпленіи производящемся на тумбочкѣ клиньями (см. таб. 13)

Станки съ тремя балками главнымъ образомъ употребляются для прокатки сортоваго желѣза, поэтому ихъ балки должны быть двухстѣнными. Подобныя балки приходится часто менять соотвѣтственно сорту прокатываемаго желѣза, поэтому для большаго удобства верхняя часть станины дѣлается съемной (фиг 1 и тогда всѣ три балки могутъ быть сразу вынуты вверхъ. Отъемная станина скрѣпляется со станиной болтами, которые въ станинѣ закрѣпляются чеками. Кромѣ того для большей прочности станка, хорошо аккуратно пригоняется въ прорѣзахъ и закрѣпляется двумя клиньями Б. Въ случаѣ очень тяжелыхъ станковъ станина прикрѣпляется еще двумя болтами В къ фундаменту

При конструированіи подшипниковъ въ станкахъ съ тремя балками должно соблюдаться слѣдующее 1) Параллельность установки валковъ относительно другъ друга такъ какъ иногда оказывается, что вслѣдствіе не точной установки рукавовъ валковъ не получаютъ въ своей надлежащей формѣ и иногда приходится немного передвигать балки вертикально и вдоль оси. Кромѣ того подшипники должны имѣть такую конструкцію, чтобы давленіе наибольшаго винта сообщалось только нижней работающей балкѣ, т.е. слѣдовательно, въ то время, когда станина проходитъ между нижнимъ и среднимъ валкомъ то факторъ, противодѣйствующій ни-

ходу никак не восприниматься направляющим винтом не на грубая при этом шейки верхняя балка в противном случае вредные сопротивления станка будут почти в два раза больше.

Два эти условия выполняются при конструкции подшипников предложенной инженером Валеном (фиг. 1) Как видно из чертежа подшипники представляют из себя чугунные коробки размеры которых грубо определяет разстояние между осями винтов Более точная установка в вертикальном направлении подач производится при помощи клиньев F а в горизонтальном направлении установка подшипников производится при помощи прилитых к ним ушей AC и винтов 3. При изложенной вкладышей потребная плотность соедин. достигается, подтягивая клинь D и болты E. Само собой понятно, что при такой конструкции хотя бы сильно нагруженной винт не давил, а подавлен будет воспринимать только подшипников, а находящейся в них винты вкладов загрязнены не будут.

Переставить подшипники в горизонтальном направлении перпендикулярно оси вращения винтов при точной обработке станины и самих подшипников надобностью не представляется

Еще более удобная конструкция предложена Эрдманом (фиг. 2 и 3, таб. 16) Как видно из чертежа нижний подшипник стоит в станине неподвижно. Верхний подвешен на болтах A и удерживается от движения вверх нажимными болтами B. Средний же подшипник удерживается в своем положении на тяжелых рычагами D, которые опираются средней частью на станину, а другими концами на установительные винты F. При помощи этих установительных винтов является возможность перемещать средний подшипник в вертикальном направлении

на очень большую величину, как это видно из чертежа, где обе половины представляют два крайних положения подшипника.

Подобная конструкция удобна еще тем, что перемещение подшипников возможно производить во время работы станка. Здесь вся усилия нажатия кольцом балками передаются непосредственно прямо на станину.

Передвижение корпуса балков производится и в предыдущей конструкции при помощи винтов, проходящих через уши Д, принадлежащие к подшипникам (см. чертежи, проекцию) Отверстия в ушах для установки винтов при различных положениях подшипников

Он неудобен тем, что верхний подшипник закрывается при помощи таких же рычагов, но подобное устройство через чур усложняет конструкцию станка и потому применяется редко

На фиг. 3 представлена другая конструкция закрытия подшипников предложенная Эрдманом. Она напоминает конструкцию Дамена с тою только разницею, что здесь кольцо давится винтовыми домкратами. Подобная конструкция может быть применена для существующих станков, где устройство рычагов, представленных на фиг. 3 весьма неудобно для станину.

Фиг. 4 представляет конструкцию станины, в которой тоже является возможность до некоторой степени устранить вибрации балки при помощи клинов А, подтягиваемых болтами Б Станины подобной конструкции охотно вставляют на английских заводах: Для установки балков по чертежу на скобы С, представленные на фиг 6. Одно конец этой скобы укрепляется в станину, а другой в подшипник. При подтягивании

кайки якоря будетъ двигать подшипникъ по направленію стрѣлки.

Для вилянія рукоятью верхняго валика, отъ механизма привода удерживающая валъ показано на листѣ 14 фиг 20)

Такъ какъ въ станкахъ съ тремя калиброванными валками подшипники не перемѣщаются во время работы, то нѣтъ необходимости дѣлать механизмъ для совмѣстнаго поворачиванія обоихъ винтовъ въ этомъ случаѣ на каждомъ винтѣ надѣвается отдѣльное колесо съ кулачками (листъ 16, фиг 5) или же все на винтѣ насаживается только одно колесо, между зубцами котораго помѣщается двойной рычагъ (лист. 16, фиг 1) При поворачиваніи рычага поворачивается и винтъ.

Вопросомъ на нѣкоторыхъ американскихъ заводахъ вопрошается конструкція болваночныхъ станковъ съ тремя валками, въ которыхъ верхній и нижній валки остаются неподвижными, а средній перемѣщивается. Одинъ изъ такихъ станковъ представленъ на лист 17 фиг. 1–3

Подшипники средняго валка приведятся въ движеніе при помощи четырехъ вертикальныхъ винтовъ. Для одновременнаго поворачиванія всѣхъ четырехъ винтовъ на нихъ надѣваются шестерни A, которыя находятся въ зацѣпленіи съ рейкой B. Сама рейка имѣетъ форму четырехугольной рамы внутри которой помѣщается цилиндрическій цилиндръ B. Цилиндръ прикрѣпленъ къ станинамъ, а концы его соединены съ рейкой. При движеніи штока движется рейка и поворачивая сразу всѣ четыре винта опускаетъ или поднимаетъ средній валокъ. Очевидно, что наружу винтовъ при такой конструкціи должна идти въ различныя стороны

Прокатка на подобномъ станкѣ производится слѣдующимъ образомъ болванку съ квадратнымъ сѣченіемъ помѣщаютъ про-

катывать в первой паре ручьев, постепенно уменьшая скорость рубки и продолжают это до тех пор, пока толщина болванки не сделается равной ширине второй пары ручьев. Тогда болванку поворачивают на 90° и начинают прокатывать ее во второй паре опять тоже до тех пор пока толщина болванки не сделается равной ширине следующей пары ручьев и т.д.

При подобной конструкции является возможность не иметь станка производить такое уменьшение поперечного сечения болванки для которого при обыкновенной конструкции потребовалось бы по крайней мере два станка

Нужно заметить, что в виду сильного необходимо дорогое цементированные валки и сойки и только при движении среднего валка вверх и вниз установить точно размеры ручьев невозможно. Поэтому подобной конструкции станки употребляются только для грубой обработки т.е. такие болваночные станки. Применить же их для прокатки листов нельзя, так как толщина листов будет получаться очень неправильная

В виду предполагая устроить станок с тремя валками для прокатки листов и думая в тоже время производить прокатку листа в обе стороны, стали строить станки с четырьмя валками. Подобные станки появились во Франции и один из них представлен на лист 14 фиг. 9. Как видно из чертежа два пары валков d и B расположены рядом по направлению чего прокатываемый лист проходит между валками d, вследствие чего на валки B, которая при посредстве электродвигателя приводится в обратное вращение. На другой стороне

станка находится такая же платформа и гидравлический цилиндр для передвижения листа к валкам А

Впоследствии американцем Лаутсом (Lauth) был предложен для прокатки листов станок с тремя валками очень простой конструкции и вместе с тем довольно хорошие результаты. Принцип его устройства представлен на таб 14 фиг 10 и 10а. Верхний и валки валки закрепляются в станинах также как и в обыкновенных станках с двумя валками, но между ними находится еще третий валок А меньшего диаметра. При пропуске листа в одну сторону (фиг 10) средний валок прижимается к верхнему, а лист проходит между средним и нижним. При обратном движении листа средний валок прижимается к нижнему, а лист проходит между средним и верхним (фиг. 10а). Для того чтобы при переменном положении средний валок не производил удара его подшипники устраиваются на сжатии (таб 17 фиг 6), которым под давлением груза Q прижимают его всегда к верхнему валку. При поднимании платформы E, поддающей лист к верхней паре валков поднимается также призма K и груз Q, вследствие чего средний валок под влиянием собственного веса опускается вниз и спокойно ложится на нижний валок.

Средний валок, как отпрокатывается по всей своей длине как другие валки, следовательно не подвергается никому износу вследствие диаметра небольшого диаметра, тем самым уменьшая перемещение листа по вертикальному направлению.

Станки прокатывающие листы в обе стороны сохраняют еще тот, что кроме большой производительности дают и материал лучшего качества, чем при прокатке по одному направлению.

Станки съ четырьмя валками были предложены для прокатки сортового железа. Принципъ устройства подобнаго станка предложенъ Брауномъ представленъ на пл. 14 фиг 6-7. Два пары валковъ расположены одна за другой противъ ручья въ одной парѣ находится свободный промежутокъ или ручей большаго радіуса въ другой парѣ валковъ, такъ что полоса прокатываясь между одной парой валковъ проходитъ между другою совершенно свободно, какъ видно на фиг 7 Подобная конструкція неудобна тѣмъ, что длина валковъ увеличивается больше, чѣмъ вдвое.

При работѣ валки весьма часто вынимаются станковъ есть промежутки, въ которые прокатка прерывается для сообщенія ей такому обращенію движенія, но имѣются предложены станки, въ которыхъ прокатка совершается вполнѣ непрерывно. Такъ напр. въ станкѣ Бобатери прокатываемый металлъ помѣщается между трехъ валковъ (пл 14 фиг 21) При вращеніи этихъ валковъ и при сближеніи ихъ осей металлъ будетъ уплотняться и прокатываться въ кругую полосу. Неудобство подобнаго станка въ томъ, что на немъ можно прокатывать только полосы съ круглымъ сѣченіемъ и при томъ длина валковъ должна быть несколько больше длины прокатываемой полосы.

Въ Россіи Зарубинымъ была взята привилегія въ 1874 г. на подобный же станокъ съ тою только разницею, что оси валковъ расположились въ немъ не совсѣмъ параллельно и прокатываемой полосѣ сообщалось нажатіе и поступательное движеніе вдоль оси вслѣдствіе чего длина валковъ не зависѣла отъ длины прокатываемой полосы. Подобные станки на практикѣ распространенія не получили.

Валки прокатныхъ станковъ слѣдуетъ выбирать изъ слѣдующихъ трехъ способовъ: а) Вкладная ось по направленію оси. Для это-

го предварительно должны быть вынуты соединительные оттяжки причем как соединительные оттяжки такъ и прорезъ въ станинѣ должны имѣть соотвѣтственные размѣры 2) Валдвинная ось вдоль оси наклонно, чтобы одинъ изъ винтовъ вышелъ изъ станины и вытаскивая затѣмъ балку въ бокъ. Соединительная оттяжей при этомъ вынимать не нужно, но прорезъ въ станинѣ должен быть достаточно великъ, чтобы можно было балку повернуть и наконецъ 3) - вытаскивая балки вверхъ Для этого верхняя часть станины должна быть отъемная

Механизмы для перемѣщенія металла при прокаткѣ. При прокаткѣ мелкихъ сортовъ перемѣщеніе металла изъ одного ручья въ другой производится рабочимъ при посредствѣ клещей. Для болѣе крупныхъ сортовъ устраиваются около станка вилообразные желѣзные пути (таб. 17, фиг. 7) по которымъ двигаются блоки съ подвѣшенными къ нимъ рисагами подобными изображенному на таб 10 для перенесенія металла отъ печи къ балкамъ. Воздушные рельсы проводятся отъ печи къ станку и около станка прокладываются пути съ обѣихъ сторонъ параллельно и перпендикулярно оси станка (таб. 17, фиг 7). При такомъ расположеніи путей очень удобно подавать рисагами металлъ и подводить его къ соотвѣтственнымъ ручьямъ.

Если прокатываются листы или болѣе тяжелые сорта, то для поддержки на около станка устраиваются особые стулья (таб. 17, фиг. 5) Столъ съ одной стороны опирается на стойку, а съ другой на поперечину В, которая задѣлывается въ станину, въ особые прорѣзы В (таб. 15, фиг. 1) или же для этой цѣли на станинѣ дѣлаются призмы М. (Съ другой стороны станка ставится платформа (таб. 17) которая обыкновенно состоитъ изъ ряда роликовъ для болѣе легкаго передвиженія по ней металла. Платформа поворачивается около

нитовъ C съ другого конца она подвѣшена къ канату D, который обернутъ одинъ разъ вокругъ шейки вала. Если канатъ натянутъ то вслѣдствіе тренія на валу онъ начнетъ двигаться и переведетъ платформу въ положеніе показан. пунктиромъ, когда рабочій снимаетъ листъ съ вала обратно на столъ A. Подобная конструкція неудобна тѣмъ, что вслѣдствіе постояннаго тренія между валомъ и канатомъ, послѣдній быстро изнашивается.

При трехъ валкахъ платформа движется въ обычномъ направленіи сначала (стр. 17 фиг 4). Направляются они при своемъ движеніи вверхъ и внизъ колонками A. Движеніе цѣпи соединенной при посредствѣ рычаговъ отъ гидравлическаго или паровоого цилиндра B. Иногда этотъ цилиндръ ставится надъ станинами (система Борзига), или подъ станиной (фиг. 8)

Въ описанныхъ устройствахъ механически производится только подъемъ металла, передвиженіе же его въ горизонтальномъ направленіи совершается руками рабочихъ. Американцемъ Фрицемъ предложенъ былъ подъемный механизмъ, въ которомъ весь перифлексъ прокатываемаго металла производится механически подъ управленіемъ двухъ рабочихъ. Подъемный столъ Фрица изображенъ на таб. 17, фиг. 1-3 Онъ состоитъ изъ двухъ рамъ C, расположенныхъ по обѣимъ сторонамъ станка и сдѣланныхъ изъ швеллеровъ или двутавроваго желѣза. Внутри этихъ рамъ помѣщаются ряды роликовъ D. На осяхъ роликовъ насажены конические шестерни зацѣпляющіяся съ коническими шестернями, сидящими на валу E. При вращеніи вала E въ ту или другую сторону, вращаются

---

1) Дальнѣйшій чертежъ подобнаго устройства помѣщенъ въ Skizzen-Buch. Wiebe, Heft XIX

и валики D и сообщают движение к валкам и от валков мерящему инструменту. Оба рамы поддерживаются на системе рычагов, имеющих неподвижную точку вращения K. Движение одним рычагом сообщается гидравлическим цилиндром 3. Из чертежа понятно, что при движении поршня цилиндра вы ту или другую сторону, платформы будут подниматься или опускаться. Под платформой на фальцовой ходит тележка T, приводящаяся в движение гидравлическим цилиндром K. На тележке прикреплены при фальцовочных валах N, которые проходят в промежутки между валиками D. При движении тележки вдоль оси валков, валы N будут передвигать в свои две направления, нарезанный на платформе металлом. Если прокатываемый кусок надо перевернуть, то платформу немного приподнимают и валы подводят под прокатываемый кусок настолько сбоку, тогда при опускании платформы кусок упадет в бельванку и перевернется как это видно на фиг 1а

Вращение валикам D сообщается от вала M при посредстве шестерни H. Шестерня H закреплена в шарнирном соединении и потому зацепление не нарушается и при движении платформы вверх и вниз. Валу M вращение сообщается электромотором, небольшой паровой машиной с обратными ходом

Обыкновенно давление в гидравлическом аккумуляторе поддерживается в 30 атм. Цилиндры для поворачивания винтов имеют диаметром = 150 m/m. Для подъема стола = 360 m/m Для передвижения тележки в 200 m/m

Управление гидравлическими цилиндрами 3 и K сопровождается подниманием, переворачиванием и передвижением бельванки вдоль валков производится одним рабочим, с помощью машиной (передвижение

болванки к валкам и отт. между управляет другой рабочий

Подобный все механизм только без цилиндра 21 применяется для прокатки листов.

Подъемный механизм Фрица применен почти на всех американских прокатных заводах и в последнее время введен на некоторых лучших заводах Европы

Поскольку гидравлический механизм Фрица для перемещения болванок на столах, которые не имеют вертикального передвижения, как напр. при прокатке листов на станках с обратным ходом, представлен на таб. 13 фиг. 1 и 2. Перемещение болванки производится пальцами A находящимися между валками платформы (фиг 2). Вертикальное движение пальцам сообщается гидравлическим цилиндром G, а горизонтальное - цилиндром H комбинируя эти движения можно пальцами подымать болванку перевертывать и подвигать поперек платформы. Передвижение болванки вдоль платформы производится вследствие вращения валиков, которые приводятся в движение валом K. Главные размеры подобного механизма построенного на заводе Robinson-Rea mfg Co. Pittsburgh. За показаны на гр. чертеж.

Универсальные прокатные станки.

При прокатке листов кромки как выходят обыкновенно неровными, так что правильная форма листов получается обрезкой как на ножницах. Для избежания этой лишней работы, а также и для прокатки так наз. универсального железа были предложены универсальные прокатные станки.

Первый универсальный станок был предложен инженером Джонсом и патентован на его изобретение выдан в 1853. Вместо детей универсальные станки имеют большие горизон-

станкахъ въ Бельгіи, откуда они также извѣстны подъ названіемъ Бельгійскихъ

Конструкція подобнаго станка, построеннаго на австрійскомъ заводѣ Machaell представлена на таб. 19. Какъ видно онъ состоитъ изъ двухъ горизонтальныхъ балокъ А и двухъ вертикальныхъ балокъ В. Горизонтальныя балки поддерживаются въ станинѣ, какъ въ обыкновенномъ станкѣ, вертикальныя же балки закрѣплены въ подшипникахъ, которые передвигаются по оси С. Передвиженіе оныхъ подшипниковъ производится при помощи винтовъ, приводящихся одновременно въ движеніе коническою Д зубчатою коническими шестернями и червячной передачей. Къ подшипникамъ прикрѣплены втулки Е (фиг 4) на которыя насажены коническія шестерни и цилиндрическія, соединенныя съ ними въ одно цѣлое. Коническая часть дѣлительнаго съ шестернями, служащими для вертикальныхъ балокъ, а цилиндрическая часть дѣлится на длинныя цилиндрическія зубцы, такъ что при удаленіи вертикальныхъ балокъ другъ отъ друга и при всѣхъ сближеніяхъ дѣленіе не нарушается.

Радиусъ проката, получаемаго здѣсь на такомъ станкѣ конечно опредѣляется разстояніемъ между горизонтальными и вертикальными балками. Направляющія К служатъ для сообщенія прокатываемой полосѣ надлежащаго положенія. Направляющія К не позволяютъ полосѣ подниматься къ верху.

По этой конструкціи станка является неудобной въ томъ отношеніи, что вертикальныя балки дѣлаются слишкомъ много станка и потому горизонтальныя балки не могутъ быть цилиндрованы по всей своей длинѣ. Кромѣ того очень трудно установить надлежащую охрану между обѣими парами бал-

ховъ. По выходу изъ горизонтальныхъ валковъ металлъ проходя между вертикальными валками при слишкомъ большой скорости последнiй сильно вытягивается по краямъ и листъ получается покривленнымъ. Можно также если вертикальные валки листовать далеко отъ горизонтальныхъ, но при большомъ надавливанiи вертикальныхъ валковъ металлъ по краямъ получается утонщенным.

Чтобы по возможности воспользоваться всей длиной горизонтальныхъ валковъ была предложена конструкцiя станка, представленная на таб. 18 фиг. 3. Какъ видно здесь благодаря особой форме станины вертикальные валки могутъ быть раздвинуты такъ, что между ними пройдетъ листъ по ширине равной длине горизонтальныхъ валковъ

Для того чтобы отдачiе металла по горизонтальному и вертикальному направленiю производилось въ одной плоскости, Рочкинсономъ былъ предложенъ универсальный станокъ особой конструкцiи, представленный на таб. 18, фиг 4. Въ валкахъ нижнихъ прорезы AA, въ которыя входятъ кольца B, надетыя на другiе валки. Между этими кольцами и валками образуется ручей опредѣленной формы прокатываемаго металла. При передвиженiи верхняго валка по направленiю стрелки разстоянiе между кольцами можетъ быть уменьшено до произвольной величины. Передвиженiе верхняго валка производится при помощи винта C.

Станокъ Рочкинсона прекрасный по идее, оказался не совсемъ удобнымъ въ практике и потому большого распространенiя не получилъ. Его недостатки заключаются въ томъ, что кольца B довольно быстро изнашиваются и приходится ихъ часто менять. Кромѣ того эти кольца вообще трудно приготовить, такъ

как вследствіе неравномернаго нагрѣва они защемляются и очень
сильно увеличиваютъ усилія

Вследствіе давности прокатки универсальнаго двутавра онъ
мало удовлетворяетъ современнымъ требованіямъ къ конструкціи балокъ предста-
вленъ на таб. 18 фиг 6. При перемѣщеніи верхняго валка по стрѣл-
кѣ размѣръ фусовъ уменьшается, а вмѣстѣ съ нимъ конечно из-
мѣняется и сорт прокатываемаго двутавра

Наиболѣе новыя конструкціи универсальнаго станка Фри-
мана построеннаго на заводѣ Fitten & Hodg. Pittsburgh предста-
вленъ на таб. 20 фиг. 1-4 - Горизонтальные валки закрѣплены въ
станинѣ какъ обыкновенно, а вертикальные всѣ опираются на рам-
ки K передвигающіяся по направляющимъ l. Въ рамкахъ закрѣплены
подшипники, въ которыхъ помѣщаются коническія шестерни со
дящія на хвостовикахъ на валу i, по которой возможно переме-
щаться вдоль его. Двумя горизонтальными валками сообщает-
ся какъ въ обыкновенныхъ станкахъ движеніе всѣ вертикальные
валки передаются особымъ образомъ. Рядомъ со станиной нахо-
дятся двѣ стойки, въ которыхъ расположены опоры восьми осей
(фиг 4) На нихъ насажены шкивы, которые охватываются однимъ
общимъ ремнемъ. Шкивъ a служитъ для натяженія ремня, кото-
рое производится, передвигая подшипникъ этого шкива при
посредствѣ рычаговъ b, c и тяги c съ винтовой нарѣзкой внизу e
Движеніе большому шкиву передается шестерней валкомъ, а
отъ него при помощи ремня и зубчатыхъ колесъ движеніе сооб-
щается валкамъ i, а слѣдовательно и вертикальнымъ валкамъ

Вследствіе этого, что въ передачѣ участвуетъ ремень, ско-
ростью вертикальныхъ валковъ можетъ измѣняться приспособ-
ляясь къ работѣ. И не смотря на то что обѣ пары вертикаль-

ных валков приводится от одного и того же вала, что отноше-
ние скорости может изменяться, при чем будет происхо-
дить только некоторое скольжение ремня по шкивам. При на-
вом устройстве надлежащая скорости вертикальных валков
устанавливается сами собой, благодаря чему устраняется одно
из самых вредных неудобств существующих в станках
где вся передача производится зубчатыми колесами.

Весьма удобная конструкция универсального стана была
предложена шведским инженером Вестерлюнд. Расположе-
ние валков в его станке показано на таб. 18 фиг 5. Подшипни-
ки валка А неподвижны. подшипники валка Е могут передви-
гаться въ вертикальномъ направлении. Подшипники валка В пе-
ремещаются въ горизонтальномъ направлении и наконецъ под-
шипники валка С перемещаются и въ вертикальномъ и въ гори-
зонтальномъ направлении. Понятно, что при такомъ устройствъ ва-
ковъ образующийся между ними ручей может изменять свои разме-
ры, а следовательно и служить для прокатки различныхъ раз-
меровъ универсальнаго профиля. Достоинства подобной конструк-
ции заключаются въ томъ, что сжатие металла по горизонталь-
ному и вертикальному направлению совершается въ одной плоско-
сти следовательно прокатываемая полоса не коробится, а кро-
мѣ того скорость на окружности валковъ может быть одинако-
вая, вследствие чего вокругъ металла получается
равномерная по всему периметру сечения.

Американским инженером Фрудом, издавшимъ строже-
ние прокатныхъ станковъ, была предложена конструкция уни-
версальнаго прокатнаго стана для прокатки двутавровыхъ ба-
локъ. Прокатка такихъ профилей въ ручьях использовалась въ обы-

кновенныхъ рамкахъ представляетъ большія затрудненія. Въ подобныхъ случаяхъ мѣшаютъ получать сѣченія только по одному направленію именно перпендикулярно оси валковъ по другому же направленію отпечатки рубца почти не оказываютъ давленія. Кромѣ того вслѣдствіе большой глубины ручьевъ скорости въ различныхъ точкахъ его периметра сильно разнятся вслѣдствіе чего мѣшаютъ вогнутыхъ плоскостей выполнять ручей и прокатываемый профиль получается неправильнымъ, а кромѣ того на боковыхъ отпечаткахъ, мѣшаютъ вслѣдствіе сильнаго утоненія фѣнки. Эти недостатки значительно уменьшены въ станкѣ Фига изъ устройства котораго представлена на тб. 18, фиг 7. Два горизонтальныхъ вала А служатъ для полученія внутренней части балки вертикальные же балки В служатъ для верхней и нижней полки балки. На станкѣ подобнаго устройства можно прокатывать балки значительно большихъ размѣровъ чѣмъ на простомъ станкѣ.

Подобнаго же устройства универсальный станокъ для прокатки фасоннаго желѣза, употребляющагося для строительныхъ цѣлей построенъ Сименсомъ въ Петербургѣ и представленъ на тб. 20 фиг. 5 Два горизонтальные вала помѣщаются въ обыкновенныхъ подшипникахъ. Изъ нихъ нижній неподвиженъ, верхній же можетъ перемѣщаться въ вертикальномъ направленіи. Между этими двумя подшипниками находятся особыя коробки съ цапфами, на которыхъ сидятъ вертикальные валки, имѣющіе скошенную форму ручьевъ. На горизонтальныхъ валкахъ вмѣсто цапфъ имѣются выточки куда, которые заходятъ во внутрь вертикальныхъ валковъ. Вертикальные валки такимъ образомъ приводятся въ движеніе отъ зубцовъ В. Подшипники верхняго горизонтальнаго валка выпрово-

да как обыкновенно на операции С, проходящей через станину Коробки все, в которых закрепления вертикальные валки опирающиеся на операции Е, прикрепленные на половинки рычага и потому сообщающие Коробкам перемещения в два раза меньшия, чем перемещения подшипника верхнего валка. Вследствий такого устройства при перемещении горизонтальных валков, вертикальные валки занимают всегда средние положение между верхними и нижними валками.

При таких станках является возможность прокатывать профили приготовление, которая на обыкновенном станке было бы положительно невозможно

Образцы некоторых профилей исполняющихся на станке Смелана показаны на таб. 20 фиг. 6

Так как для получения желаемого профиля металлы приходится пропускать через несколько подобных станков то их обыкновенно ставят рядом и металлы последовательно проходят через каждый из них. Подающая платформа с вращающимися валками катается от одного станка к другому на рельсах проложенных вдоль станков.

Кроме описанных станков существуют еще специальные станки для прокатки бандажей, предметов с неодинаковым сечением по всей длине и т. п. о которых будет сказано ниже, теперь же окончивая описание конструкций упомяну о том обстоятельстве, что перед пускание станка в ход необходимо его предварительно подогреть иначе при прокатке горячего металла валки легко трескаются. Подогревание иногда производится разведя под станком огонь, но удобней способ дает нагревание не равномерное и потому рекомендовать буд

не имеется. Гораздо лучше если возможно вдоль валков проводить газовыя трубочки съ отверстіями и нагрѣвать валки горячимъ газомъ. На нѣкоторыхъ англійскихъ заводахъ валки, которые передъ сборкой около 80 дней, послѣ введенія этого способа стали служить до 340 дней.[1]

Видоизмѣненіе металла при прокаткѣ между валками

Если металлическій стержень приведенный въ пластическое состояніе сдавать между двумя параллельными плоскостями, то стержень будетъ деформироваться равномѣрно по всѣмъ направленіямъ параллельнымъ давящимъ плоскостямъ и слѣдовательно проекція деформированнаго тѣла на одну изъ плоскостей представится въ видѣ круга.

Если тотъ же стержень сдавлять между двумя плоскостями непараллельными, то онъ будетъ наиболѣе деформироваться или вытягиваться по направленію перпендикулярному къ линіи пересѣченія плоскостей и потому проекція деформированнаго тѣла на какую нибудь изъ давящихся плоскостей уже не будетъ кругъ, а представится въ видѣ овала.

Удлиненіе по одному направленію получится тѣмъ больше, чѣмъ больше уголъ между давящими плоскостями.

Пропасть между валками, имѣющая цѣлью напомнить имъ сжатіе, аналогичное тому, какъ бы его сдавливали двѣ наклонныя другъ къ другу плоскости и слѣдовательно валки сдавливая металлъ въ тоже время вытягиваютъ его по направленію перпендикулярному къ осямъ

---

[1]) Engineering Oct 1888 стр. 356.

Изъ опытовъ Кирхальди надъ плотностью фосфида и стали до и после прокатки[2], вытекаетъ, что плотность металла, а слѣдовательно и его объемъ не измѣняются. При прокаткѣ металлъ превращается въ пластическое состояніе и имѣетъ видоизмѣняется только свою форму.

Если мы назовемъ площадь сѣченія металла до входа его въ валки черезъ ω и тогда площадь по выходѣ изъ валковъ черезъ ω_1, то разность $\omega - \omega_1$ будетъ величина сжатія, которое получаетъ металлъ при проходѣ черезъ валки. Отношеніе

$$\frac{\omega - \omega_1}{\omega} = \xi$$

выразитъ сжатіе на единицу поперечнаго сѣченія металла и въ то же время вслѣдствіе неизмѣняемости объемовъ, будетъ характеризовать вытяжку металла, а потому и называется относительнымъ сжатіемъ или относительной вытяжкой

Для большей простоты впредь это отношеніе будемъ просто называть вытяжкой и обозначать буквой ξ

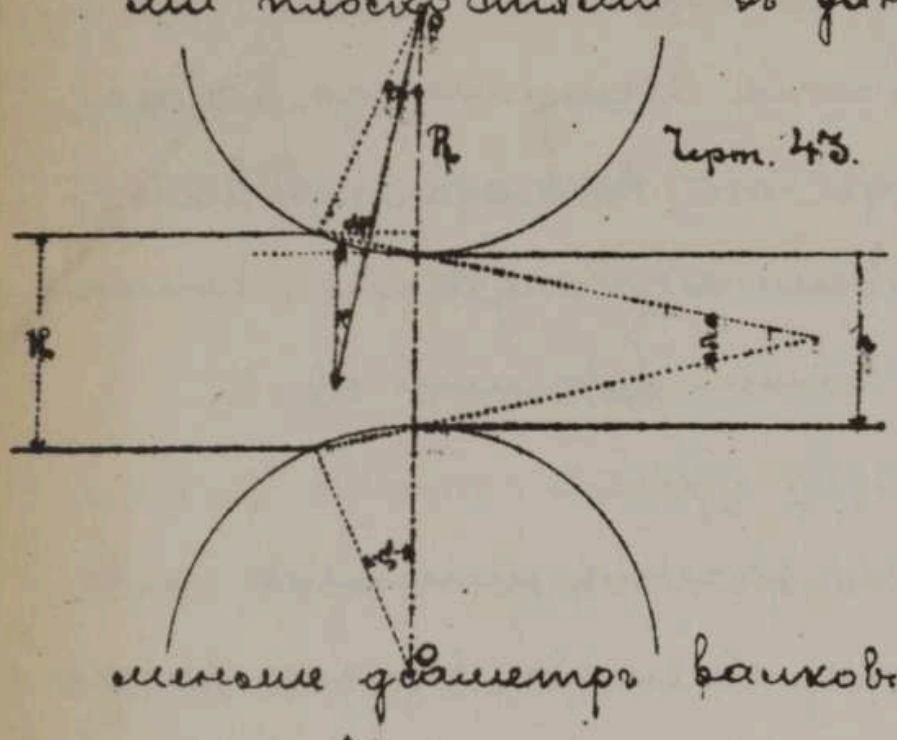
Прокатываемый металлъ имѣетъ конечно пространственную форму сѣченія, но мы для большаго удобства представимъ его разбитымъ рядомъ вертикальныхъ плоскостей на весьма тонкіе слои, которые можно принять за параллелепипеды и будемъ разсматривать прокатку одного изъ такихъ параллелепипедовъ затѣмъ изъ полученныхъ выводовъ нетрудно будетъ сдѣлать заключеніе по отношенію ко всей массѣ металла

При проходѣ подобнаго параллелепипеда между валками онъ деформируется по направленію линій соединяющей центры

---

2) David Kirkaldy. Experiments on Iron and Steel. emp. 90

сечений валков вертикальной плоскостью и раздается по двум другим направлениям, т.е. вдоль прокатки и вдоль осей валков. Последняя деформация параллелепипеда подобно тому как и выра, будет тем меньше, чем больше угол между образующими плоскостями в данном случае угол α (см. черт. 43).



Черт. 43.

Называя толщину параллелепипеда до прохода через валки - через H и после прохода через h нетрудно видеть из чертежа, что $\frac{H-h}{2} = R(1-\cos\alpha)$ или $\cos\alpha = 1 - \frac{H-h}{2R}$. Из этого выражения видно, что при той же величине обжатия металла $H-h$, чем меньше диаметр валков, тем больше будет угол α. Следовательно тонкие валки с малым диаметром будут тем образом вытягивать металл вдоль прокатки с увеличением обж диаметра валков будет будет проявляться все больше и больше растягивание металла вдоль оси валков.

В тех случаях, когда прокатка производится в ручьях достаточно уменьшить давление металла на боковые стенки ручья чтобы не было излишнего трения и потому бороздчатые валки должны в возможно малом диаметре.

Работа прокатки

Работа прокатки складывается из трех частей: 1) работа идущая на деформацию металла - полезная работа, 2) работа идущая на преодоление трения станка и 3) работа идущая на преодоление трения металла в ручьях.

Для определения величины полезной работы при прокатке рассмотрим один из бесконечно тонких параллелепипедов на которые разбит прокатываемый металл. Будем рассматривать

поперечных сечений до и после прокатки будут соответственно H, Δ и h, δ. Вследствие того что в практике обыкновенно раздвижных валков таковых, что расположение металла вдоль оси валков очень неравномерно можно принять, что $\Delta = \delta$

При проходе металла между валками он сжимается по тому же как при прокатке металл приведен в пластическое состояние, то величина напряжений материала не зависит от деформации и остается постоянной равной давлению истечения (см. стр. 12). Это напряжение будет зависеть от рода материала и от температуры при которой ведется обработка. Назовем его q

Если мы на дугу α, по которой валки соприкасаются со прокатываемым металлом, возьмем бесконечно элемент $d\varphi$, отстоящий от вертикали на угол φ, то давление валка на этот элемент будет $- R\,d\varphi \cdot \Delta \cdot q$

Проекция этого давления на направление прокатки будет

$$R\,d\varphi \cdot \Delta \cdot q \sin\varphi$$

Суммируя это выражение в пределах от 0 до α и замечая, что другой валок дает подобную же сжимающую, найдем, что полное затягивающее давление б. м параллельных при прокатке будет:

$$dP = 2R\Delta q \int_0^{\alpha} \sin\varphi \cdot d\varphi = 2R\Delta q (1 - \cos\alpha)$$

Из чертежа видно, что

$$\frac{H-h}{2} = R(1 - \cos\alpha)$$

а значит затягивающий найдем:

$$dP = q \cdot \Delta \cdot (H - h)$$

Замечая, что $\Delta(H-h) = d\omega - d\omega_1$ где $d\omega$ и $d\omega_1$ - элементарные площади сечения накладывающегося и прилагающегося, что

$\frac{d\omega - d\omega_1}{d\omega} = \xi$, найдем

$$dP = \xi\, q \cdot d\omega \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Если форма имеет такую конструкцию, что для всех параллелепипедов высота остается постоянной, то сопротивление при прокатке, преодолеваемое валом в единицу будет

$$P = \xi \cdot q \cdot \omega \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

Обозначая скорость прокатки через v, найдем что работа прокатки:

$$\mathcal{L}_1 = Pv = \xi \cdot q \cdot \omega v$$

Следовательно работа прокатки пропорциональна весу, площади сечения прокатываемого предмета, скорости и давлению истечения

Давление истечения представляет из себя величину очень непостоянную, зависящую от природы металла, а также и от температуры, при которой он обрабатывается. Из опытов Кальмана, произведенных для определения величины давления истечения, оказалось, что при прокатке фосфида я изменяется от 2 до 30,5 кил. на кв. милл.

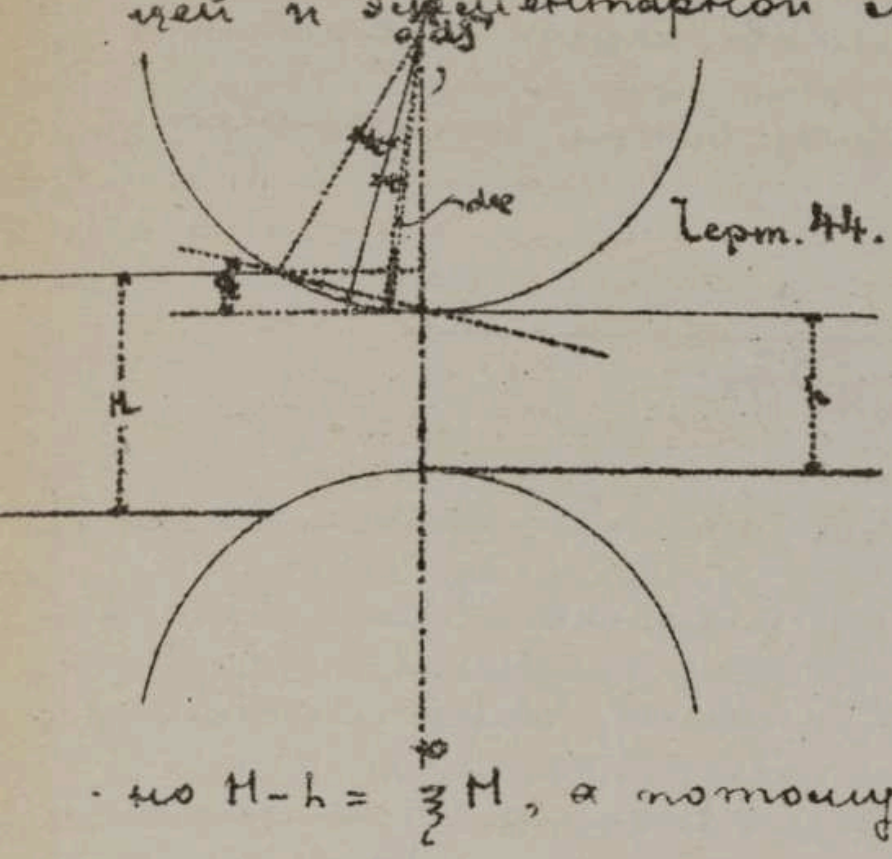
Вследствие этого приведенной формулой нельзя воспользоваться для непосредственного определения величины работы, но она может оказаться полезной в виду некоторых теоретических заключений вытекающих из нее

Работа трения шипов

Получается следующим образом. Так как напряжения металла по всей дуге распределено равномерно, то равнодействующая этих напряжений, производящая давление на валки, пройдет через середину дуги и через ось валка. Величина равнодействующей определяется, проектируя на ее направление элементарные дав-

ленія $R.d\varphi.\Delta.q$. Обозначая черезъ φ уголъ между равнодѣйствующей и элементарной силой, величина проекціи послѣдней будетъ

$$R.d\varphi.\Delta.q.\cos\varphi \quad \text{(черт. 44)}$$



Черт. 44.

Суммируя это выраженіе въ предѣлахъ отъ 0 до $\frac{\alpha}{2}$ найдемъ давленіе на щитъ равнымъ

$$dT = 2R.\Delta.q\int_0^{\frac{\alpha}{2}}\cos\varphi.d\varphi = 2R.\Delta.q\,\sin\frac{\alpha}{2}$$

Изъ чертежа видно, что $2R\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{H-h}{2\sin\frac{\alpha}{2}}$

или $4R^2\sin^2\frac{\alpha}{2} = (H-h)R$ или $2R\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{(H-h)R}$

но $H-h = \frac{1}{\xi}H$, а потому $dT = 2\Delta q\sqrt{R\frac{1}{\xi}.H}$

и работа треніе обоихъ щитовъ

$$\mathcal{L}_2 = 2\Sigma f.\Delta.q.\sqrt{R\tfrac{1}{\xi}H}.v'$$

Для чугунныхъ валковъ R и ξ постоянны и потому работа трен. щитовъ выразится

$$\mathcal{L}_2 = 2f.e.q.\sqrt{R\tfrac{1}{\xi}H}.v'$$

Здѣсь e ширина прокатываемой полосы

Работа треніе металла въ рукьяхъ. $\mathcal{L}_3$ вычисленіемъ опредѣлена быть не можетъ и потому объ ней можно судить только на основаніи сравненія прокатки металла между чугунными валками и въ рукьяхъ.

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія прокатнаго станка.

Полная работа, передаваемая прокатному станку, слагается изъ трехъ $\mathcal{L} = \mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2 + \mathcal{L}_3$. Изъ нихъ только $\mathcal{L}_1$ составляетъ полезную работу и потому коэф. полезнаго дѣйств. будетъ выражаться отношеніемъ:

$$\eta = \frac{\mathcal{L}_1}{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2 + \mathcal{L}_3}$$

Для чугунныхъ валковъ $\mathcal{L}_3 = 0$ и потому.

$$\eta = \frac{L_1}{L_1 + L_2} = \frac{1}{1 + \frac{L_2}{L_1}}$$

Обозначая через n число оборотов валков, через r - радиус шипов и подставляя во последнюю формулу ранее полученные выражения работ, найдем:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2fe_4\sqrt{R_3 H}\ \frac{2\pi r n}{60}}{e_4 \sqrt{R_3 H}\ \frac{2\pi R \cdot n}{60}}} = \frac{1}{1 + \frac{2fr}{\sqrt{R_3 H}}}.$$

Это формула характеризует то условие, при котором повышается коэффициент полезного действия станка. Как видно коэффициент полезного действия тем больше, чем меньше коэффициент трения, диаметр шипов и чем больше диаметр валков, выгодно и полезно применять большие валки. Поэтому в станках с малыми валками диаметр шип можно увеличивать. В случае же бороздчатых валков заключение это будет не совсем верно, так как с увеличением диаметра валков увеличивается расстояние между осями валков и вместе с этим увеличивается работа трения металла в ручьях L_3 и коэффициент полезного действия может уменьшиться.

Приведенные нами формулы, как уже сказано, не могут служить для непосредственного определения работы, так как ее величина кроме непосредственного давления металла зависит также и от трения между металлом и валками даже в том случае, если валки гладкие. Всякое средство уменьшить давление его до и тем валков различна, следовательно необходимо должно существовать соотношение между ними.

Полную величину работы прокатки можно выразить следующим образом

$$L_1 = \varphi_3 H \cdot v$$

здесь ψ заключается въ себѣ и вліяніе тренія. Замѣчу, что Hv представляетъ объемъ металла, проходящій въ секунду черезъ валки, въ практикѣ обыкновенно имѣютъ дѣло съ вѣсомъ и потому въ формулу удобнѣе будетъ ввести вѣсъ. Называя вѣсъ металла соотвѣтствующій объему Hv - черезъ Q, получимъ

$$L_1 = \alpha \cdot \zeta \cdot Q$$

Если $\zeta = \frac{1}{2}$ и $Q = 1$, то $\alpha = 2L$, слѣдовательно коэффиціентъ α представляетъ двойную работу, которую нужно затратить, чтобы увеличить длину единицы вѣса металла.

Величина α можетъ опредѣляться непосредственнымъ опытомъ. Въ сожалѣнію подобныхъ опытовъ было произведено самое мало, чтобы приведенная формула могла имѣть широкое примѣненіе.

Опыты для опредѣленія α были произведены на заводѣ Actien-Gesellschaft Phönix[1] надъ прокаткою стальныхъ рельсовъ: дальше подобные же опыты производились проф. Тиме[2] надъ прокаткой стальныхъ рельсовъ на Путиловскомъ заводѣ и наконецъ послѣдній производились при прокаткѣ фасонныхъ мѣдныхъ на заводѣ Shulz Knaudt und C° въ Эссенѣ

Во всѣхъ этихъ случаяхъ пользовались индикаторомъ. Сначала опредѣлили работу, расходуемую на приведеніе въ движеніе самой машины, далѣе на приведеніе въ движеніе прокатнаго станка и наконецъ полную работу при прокаткѣ. Вслѣдъ вычитая изъ послѣдней величину первыхъ

---

1) Stahl und Eisen 1882 г. №2.

2) Горный журналъ 1883 Январь

двух работ и дает ей поправку, т. е. прибавив 5% на тот добавочный сопротивления, которые проявляются въ станкѣ при полной нагрузкѣ, получаем работу, расходуемую собственно на прокатку. Зная Σ и Q легко было определить и α

Въ опытовъ на заводѣ Phönix оказалось для стальныхъ рельсъ

$\alpha = 6750$ килогр.-метр.

По опытамъ Тиме на Путиловскомъ заводѣ для стальныхъ рельсъ $\alpha = 4300$ килогр.-метр

Изъ опытовъ на заводѣ въ Эссенѣ для фасонныхъ желѣзъ

$\alpha = 4300$ килогр.-метр.

Какъ видно α измѣняется въ большихъ предѣлахъ и эти измѣненія величины трудно объяснить различнымъ треніемъ металла о валъ рабочій

Способы сообщенія движенія прокатнымъ станкамъ

Для приведенія въ движеніе прокатныхъ станковъ могутъ употребляться паровыя или гидравлическія двигатели.

Въ прежнее время нѣсколько линій ставили въ одномъ цѣхѣ и имѣли для управленія передачу ко всѣмъ станкамъ, теперь такой способъ распредѣленія силы признанъ неудобнымъ, а потому на большомъ прокатномъ заводѣ ставятъ нѣсколько двигателей, изъ которыхъ каждый приводитъ только одинъ комплектъ (2-3) станковъ, соединяющихся вмѣстѣ и слѣдующихъ для подачи и прокатки одного сорта металла

Въ большинствѣ случаевъ ставятъ большой станокъ вблизи котельной и снабжаютъ его своимъ собственнымъ двигателемъ

Преимущественно подобное устройство допускается въ томъ случаѣ, когда всѣ отдѣльные станки не связаны другъ съ другомъ и

и потому работа на них производится более удобно и соответствующей для каждого отдельного случая скоростью, даже заточивая когда это нужно, и кроме того не тратится ценное подготовительное работа на приведение в движение тяжелой цеховой машины, в то время когда некоторые станки не работают.

Разделение цеха стало еще более необходимо с тех пор, как были введены в употребление станки с абразивным кругом.

Паровая машина для приведения станков в поступательное направление движения обыкновенно в одним цилиндром и с маховым колесом. Машины компаунд встречаются редко. Вообще в прокатных заводах нагревание котлов производится отходящими газами отражательных печей и потому об экономии пара заботиться нечего. Поэтому выгодно ставить по возможности простую паровую машину. Во всех же случаях где отходящие газы утилизировать нельзя, как напр. при регенеративных печах Сименса, где совершенно для котлов нужно иметь сильной тяги, там уже конечно следует заботиться об экономии пара и нужно ставить более совершенную паровую машину.

Для станков с переменным ходом употребляется сначала паровая машина Кривошипы которой посажены под прямым углом. Маховика такие машины не имеют. Пар распределяется плоскими золотниками, приводимыми в движение от кулисы Стефенсона пара всегда достаточно производительность половины хода. Если этого требования не соблюдено то может случиться, что машина остановится в таком положении что один кривошипа будет стоять в мертвой точке, а другой доведет поршень до половины хода, следовательно, сам в

ных поршней через отверстия пара, что машина пришла в движение из такого положения не должна и машинист должен передвигать кулису или перестановкой домкратов, что конечно делать во время работы неудобно

Во виду того, что в таких машинах пар расширяется недостаточно, при прекращ на станках с переменными скоростями кассор пара делается больше, чтобы при прекращ на станках с постоянными скоростями вращения. Но это обстоятельство, как ясно было выше, в большинстве случаев не имеет значения.

Переключение кулисы в большой машине производится особым паровым цилиндром и для предупреждения удара при быстром передвижении кулисы к ней прикрывается т. наз. Катаракт, который регулирует ход движения

Катаракт представляет из себя цилиндр обе конца которого соединяются между собою каналом. В цилиндр помещен двусторонний и внутри его ходит поршень. При передвижении поршня жидкость переходит с одного конца цилиндра в другой. Закрывая более или менее кран в соединительном канале, цилиндр оказывает сопротивление движению жидкости и тем самым устанавливают желаемую скорость движения поршня

Вся машина конечно должна действовать производительной работы, а обыкновенно машины строятся значительно сильнее, чем этого требует нормальная работа. Подобная излишняя прочность должна быть в виду случайных перегрузок в некоторых частях постоянно приходится считаться в заводской практике

При вышеприведенных условиях работы машины значительно меньшие углы перекрещивания эксцентриков

Во машинах с маховиком в то время, когда прокатываемый предмет по выходе из валков, перестилается для следующей его прокатки избыток работы паровой машины идет на увеличение живой силы маховика. При прокатке же маховик отдает часть живой силы и этим пополняет недостаток работы паровой машины

Если мы обозначим через:

N ... силу выполняемой паровой машиной в секунду

N_1 .... силу пар. маш. в секунду потребную для уравнения порожнего станка

N_2 .... силу пар. маш. в секунду потребную для прокатки

t_1 .... время порожнего хода станка

t_2 .... время прокатки

M ..... массу махов. колеса приведен. к середине его обода

R .... радиус махового колеса

v_1 ..... скорость на окружности маховика при начале прокатки

v_2 .... скорость на окруж. по выходе металла из валков

m ... массу прокатанного металла

Тогда должно существовать следующее равенство

Для порожнего хода $75 N t_1 = 75 N_1 t_1 + \frac{M}{2}(v_1^2 - v_2^2)$

Во время прокатки $75 N_2 t_2 = 75 N t_2 + \frac{M}{2}(v_1^2 - v_2^2)$

Но $v_1^2 - v_2^2 = (v_1 + v_2)(v_1 - v_2)$

Назвав через v среднюю скорость и через i поравнительную работу хода можно написать, что

$$\frac{v_1 + v_2}{2} = v \qquad \frac{v_1 - v_2}{v} = i$$

Подставляя найдем, что

$$75(Nt_1 - N_1 t_1) = M i v^2 \qquad 75(N_2 t_2 - N t_2) = M i v^2$$

Собственно при выходе металла в валки происходит удар

откуда скорость v_1 уменьшается до некоторой величины v_1', поэтому последнее равенство должно бы еще содержать член, соответствующий этой потере, выражающейся следующим образом:

$$\frac{Mm}{M+m} \cdot \frac{v_1^2}{2} \quad \text{и} \quad v_1' = \frac{Mv_1}{M+m}$$

Но в виду того, что M всегда в громадное число раз превосходит m, можно принять, что

$$\frac{m}{M+m} = 0 \quad \text{и} \quad v_1' = v_1$$

Ни поэтому пренебрегь этими добавочными членами.

Сравнивая два равенства находим, что

$$Nt_1 - N_1 t_1 = N_2 t_2 - N t_2$$

или

$$N(t_1+t_2) = N_2 t_2 + N_1 t_1 \quad (1)$$

Прежде формулу (1) можно написать проще

откуда

$$N = \frac{N_2 t_2 + N_1 t_1}{t_1 + t_2}$$

обозначая $\frac{t_1}{t_2} = \beta$ найдем

$$N = \frac{N_2 + N\beta}{1+\beta} = N_2 \left(\frac{1 + \frac{N}{N_2}\beta}{1+\beta} \right)$$

Отношение $\frac{N_1}{N_2}$ согласно опытам Тиме[1] меняется от $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{7}$ в среднем можно принять $\frac{1}{6}$

Величину β для станков с двумя валами можно принять $\beta = 3$, тогда

$$N = N_2 \left(\frac{1 + \frac{1}{6} \cdot 3}{1+3} \right) = \frac{3}{8} N_2$$

Следовательно в этом случае при наличности маховика надлежащего веса сила машины может быть только $\frac{3}{8}$ от силы потребной при прокатке металла

При прокатке на станке с 3-мя валами можно положить $\beta = 1$. тогда $N = N_2 \cdot \frac{1 + \frac{1}{6} \cdot 1}{1+1} = \frac{7}{12} N_2$

---

[1] Горный Журнал 1883 г. Январь

Наконецъ въ станкахъ съ непрерывной прокаткой, какъ напр въ проволочныхъ, а также и въ нѣкоторыхъ станкахъ съ тремя валками $\beta = 0$ и потому

$$N = N_2$$

т.е. въ данномъ случаѣ маховое колесо никакой пользы не приноситъ, а скорѣе вредитъ, увеличивая треніе вала и потому при такихъ условіяхъ работы маховикъ не должны употребляться

Радіусъ инерціи всѣхъ маховика можетъ быть опредѣленъ изъ равенства $75 N_2 t_2 = 75 N t_2 + M i v^2$

такъ какъ $M = \frac{G}{9,8}$ $v = \frac{\pi R n}{30}$ то

$$75 (N_2 - N) t_2 = \frac{G i}{9,8} \frac{\pi^2 R^2 n^2}{900}$$

откуда, сокращая π^2 и 9,8

$$G = \frac{75 \cdot 900 (N_2 - N) t_2}{i R^2 n^2}$$

Въ этой формулѣ опять не принято во вниманіе инерціи фрикціонныхъ частей станка, но выйти изъ по сравненію съ маховымъ колесомъ такъ ничтожно, что ими практическимъ путемъ или можно пренебречь, тѣмъ болѣе, что въ это выраженіе входитъ коэффиціентъ неравномѣрности i, который выбирается конструкторомъ по произволу и потому вноситъ уже нѣкоторую неопредѣленность

Обыкновенно i берется отъ $\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{30}$ по встрѣчающимся устройствамъ, въ которыхъ $i = \frac{1}{60}$. Такая большая равномѣрность хода для прокатныхъ машинъ можетъ быть признана излишней.

Изъ послѣдней формулы опять видно, что если

$$N = N_2 \quad то \quad G = 0$$

т. е. маховое колесо въ этомъ случаѣ излишне

Вместо t_2 в выражение веса маховика можно ввести длину прокатываемой полосы l. Если обозначить через V скорость прокатки, то $t_2 = \frac{l}{V}$ и

$$G = \frac{6750\,(N_2 - N)\,l}{i\,R^2\,n^2\,V}$$

Отсюда видно, что чем больше длина прокатываемой полосы, тем больше должен быть вес маховика.

Плавный маховик вообще представляет большие неудобства, сильно увеличивая вредные сопротивления трения, полезному ходу станков для прокатки рельсов, балок и т. п., где прокатываются полосы очень большой длины, вынуждая ставить более сильный двигатель (N) и тем уменьшать вес маховика.

Нужно заметить, что при постановке более сильного двигателя, масса не теряется, так как соответственно большим запасам увеличивается и производительность станка.

По мере того, как длина прокатываемой полосы увеличивается, должна также увеличиваться и скорость прокатки чтобы металл не слишком охлаждался.

Если машина не достаточно сильна то в присутствии маховика условия прокатки как раз обратные, т. е. длинные полосы прокатываются с меньшей средней скоростью

Вращающаяся маховая масса в прокатных машинах представляет громадный запас живой силы

Из равенства

$$M v^2 i = 75\,(N_2 - N)\,t_2$$

полагая в нем время прокатки $t_2 = 5$ сек. $i = \frac{1}{25}$ и $N_2 = \frac{12}{7} N$

видно, что запас работы, выраженной в килограмметрах:

$$\frac{Mv^2}{2.75} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5\left(\frac{12}{7}-1\right)N}{\frac{1}{25}} \Omega^2 \quad 45\,N$$

следовательно сила маховика въ 45 разъ превосходитъ силу паровой машины

Такой запасъ живой силы представляетъ большую опасность въ случаѣ несчастія, такъ какъ остановить подобное маховое колесо невозможно, поэтому необходимо между станкомъ и маховымъ колесомъ ставить предохранительныя муфты, расцѣпивъ которую станокъ можно отдѣлить отъ маховика. Для болѣе легкаго расцѣпленія подобныя муфты должны имѣть особую конструкцію. Одна изъ нихъ представлена на тб( ) фиг( ) Въ прорѣзъ а входитъ конецъ рычага В, который, вслѣдствіе винтообразнаго очертанія одной изъ сторонъ прорѣза раздвигаетъ обѣ половинки муфты во время вращенія вала и такимъ образомъ производитъ расцѣпленіе.

Точно также въ виду громадной инерціи маховаго колеса шестерни слѣдуетъ ставить между двигателемъ и маховикомъ, тогда случайные удары, проявляющіеся въ станкахъ при прокаткѣ не будутъ отзываться на шестернѣ.

Валки прокатныхъ станковъ

Валки прокатныхъ станковъ должны обладать слѣдующими качествами.

1) Надлежащимъ сопротивленіемъ скручиванію и смятію силами

2) Достаточной твердостью своей поверхности, чтобы она по возможности менѣе изнашивалась и видоизмѣнялась свой видъ

3) Гладкостью поверхности для того, чтобы ея неровности не отпечатывались на металлѣ.

4) Твердость трущейся поверхности шеек, для того, чтобы они не могли разъедаться хорошо попадающимся в подшипники.

5) Большой твердостью соединительных клиньев, для того чтобы они не могли вминаться и этим приводить в негодность хорошо в других отношениях вальк.

Вальки обыкновенно приготовляются отливкой из чугуна. Для чего чугун выбирается по возможности твердый. Но какой бы сорт чугуна ни брать, при отливке вальков обыкновенным образом в форму приготовленную из земли, никогда нельзя получить вальки обладающие в надлежащей степени перечисленными качествами. Только вальки закаленные, т. е. полученные отливкой в охлаждающую форму могут дать вполне хорошие результаты.

Приготовление закаленных чугунных вальков не представляет никаких трудностей и потому для прокатки сплавов должно всегда употреблять закаленные вальки. Закал вальков не только улучшает качество продукта но также увеличивает производительность станка. Объясняется это тем, что закаленные вальки сохраняют лучше свои размеры и потому станок может работать безостановочно в течении недели и более. Тогда как при вальках не закаленных приходится поправлять почти каждый день.

На уральском Добрянском заводе[1] после введения закаленных вальков производительность стана по количеству сплавов

---

1) Горный журнал 1883 г. Январь. Вальцы чугунные и калиброванные — Г. Юзова

Кузнеца на 94%. Точно также возрасла производительность десятка по отношению ко количеству горючего материала.

При изготовлении закаленных валков весьма важную роль играет сорт чугуна. Точных указаний относительно того какой чугун нужно употреблять дать вообще нельзя. Можно только сказать, что отливку закаленных валков нужно непременно производить из вагранки или плавильной печи, но ни в каком случае не пользоваться для этой цели чугуном выпускаемым прямо из доменной печи. Валки отлитые прямо из домны будут в два или три раза менее прочны, чем полученные отливкой из плавильной печи и таким образом ожидаемая экономия не оправдается. Да и самая дешевизна чугуна получаемая для этой цели из домны сомнительна, так как употребление плавильной печи стоит очень не дорого, а на заводе имеется всегда большое количество лому, который может быть еще более выгодно употреблен на отливку валков, чем чугун из домны.

Что касается до сорта чугуна, то его нужно определить непосредственным опытом, сравнивая долговечность службы валков приготовленных из различных сортов чугуна. Для этого нужно при каждой отливке брать образцы, которые должны сохраняться и потом служить для сравнения. Точно также должен вестись подробный журнал о работе валка. При помощи таких данных через некоторое время можно будет определить наиболее подходящую смесь чугуна.

На Добрянском заводе чугун идущий на валки имеет следующий химический состав:

графита	2,050	1,930

углерода	0,075 —	0,610
кремний	1,186	0,585
серы	0,022	0,084
фосфора	сотые	доли
марганца	доли	доли
железа	95,750	96,680.

Превышение удельного веса закаленной части против незакаленной доходит до 0,269

Для отливки закаленных валков инженером Ф. Стозевым была предложена особая форма, изображенная на таб. 22 фр. 1-1.

Прибор состоит из пьедестала А, на котором устанавливаются все остальные части, и который сам служит для отливки конца шейки по середине днища имеется коническое возвышение, которое при отливке дает центр для установки на токарном станке.

Следующая часть В, в которой производится отливка и закалка шейки содержится также и литник. Как видно из плана литник подведен касательным к окружности валка; возвышение его сделано внутри формы приходится во вращательное движение и смывает всю грязь с поверхности формы. Смытая грязь уносится металлом к верху в чашу называем. прибыль, которая потом отрезается прочь. Таким образом поверхность валка получается совершенно чистая и гладкая

Литник состоит из чугунной трубки, разделенной на две половины вертикальной плоскостью и скрепленных при помощи фланцев. Внутри литник обмазывается глиной и вся форма окрашивается краской. (литейная вернина)

Весь прибор ставится въ печь и хорошо складывается огонь для подогрѣванія. Степень нагрѣва фарфора соотвѣтствовать сорту чугуна. Прибмизительно форма нагрѣвается до такой степени, чтобы вода при соприкосновеніи съ ней испарялась въ сферондальныя состоянія

Подогрѣвать формы необходимо для того, чтобы нѣсколько со умерить быстроту остыванія. Въ противномъ случаѣ середзуръ быстро остывающій чугунъ можетъ дать трещины и закалъ получится слишкомъ глубокій, отъ чего сильно пострадаетъ прочность валковъ. Глубина закаленнаго слоя не должна быть больше 10 мм.

Правильно приготовленные, закаленные валки служатъ въ теченіи двухъ и болѣе лѣтъ. Конечно время отъ времени приходится снимать ихъ для выварки и уничтоженія разбуханія, происходящаго отъ перемѣннаго нагрѣванія и остыванія чугуна

Что касается до калибрированныхъ валковъ, то и здѣсь закаленные валки имѣютъ всѣ преимущества на своей сторонѣ и потому, въ большинствѣ случаевъ, могутъ быть рекомендованы для употребленія. Только развѣ тогда, когда извѣстный сортъ металла вырабатывается въ небольшомъ количествѣ, и профили рученъ легко переходятъ для другого сорта, можетъ оказаться болѣе выгоднымъ приготовить валки безъ закала, такъ какъ перемѣна закаленныхъ рученъ вообще невозможна—

Сравнительно меньше распространеніе закаленныхъ калибрированныхъ рученъ, чѣмъ можно объяснить неудобствомъ приготовленія ихъ. Отливать калибрированные валки тяжело въ сухіе песчаные, подобно тому, какъ это дѣлается съ гладкими валками, невозможно, потому что ихъ узкіе чугуна недостаточно

металлическая форма выдоветь неудобство трещины въ отливкѣ и банки получаются очень непрочные. Поэтому, обыкновенно отливаютъ гладкія закаленныя банки и на нихъ уже вытачиваютъ фасонные профили. Подобный способъ приготовленія имѣетъ большіе недостатки: во первыхъ, онъ является очень дорогимъ, такъ какъ при этомъ приходится вынимать очень много крѣпкаго твердаго металла и работа идетъ крайне медленно, а кромѣ того и самый закалъ получается неудовлетворительный, такъ какъ закаливается банокъ равномѣрно только съ поверхности, а при расточкѣ калибровъ эта равномѣрность будетъ нарушена.

Несравненно лучшимъ является способъ отливки, предложенный инженеромъ Сокольскимъ. По его способу закаленная форма приготовляется слѣдующимъ способомъ (фиг. 3 и 4): изъ чугуна дѣлается только внѣшняя часть формы, промежутокъ же между кожухомъ и сердечникомъ набивается металлическими отливками этими послѣднія обладая такой же подвижностью, какъ и песокъ, въ то же время быстро отнимаютъ отъ расплавленнаго металла теплоту и этимъ производятъ закалъ. Кожухъ имѣетъ конструкцію такую же, какъ и для отливки гладкихъ банокъ съ тою только разницею, что средняя часть для удобства вынимания отлитого банка дѣлается разъемной на нѣсколько частей по вертикальнымъ плоскостямъ. Вся внутренность формы, какъ обыкновенно, обкладывается формовочными черепками.

При такомъ способѣ отливки закалъ во всѣхъ частяхъ получается очень равномѣрный, отдѣленія пригарныя могутъ быть близко отлиты къ фасонамъ и потому отношеніе обточки такихъ банковъ не велико.

На некоторых заводах Австрии готовят валки из стали, но пока приготовление таких валков требует особого искусства и удается не всегда. Вообще стальные валки легко трескаются на поверхности. Этого недостатка не замечается, если валки проковывать, но в последнем случае цена на выделку слишком велика.

Обточка валков производится на токарных станках фрейдсе, окончательная же отделка рабочих валков, а где это возможно и калиброванных получается при помощи шлифовки наждачными кругами

Калибровка валков

При прокатке различных фасонных сортов металла валки снабжаются калибрами, профили которых представляют постепенный переход от поперечного сечения болванки до поперечного сечения прокатываемого сорта металла

При проектировании профилей руководствуются главным образом указаниями предшествовавшего опыта и поэтому подобная работа требует со стороны конструктора большого навыка в этом деле. Здесь можно дать только несколько общих указаний, которыми можно руководствоваться вообще при калибровки валков, что же касается до детальной разработки этого вопроса, то в каждом отдельном случае необходимо иметь пред руками шаблоны всякого действующего устройства и сообразно с ними проектировать новые.

При калибровке нужно стараться, чтобы вытяжка металла по всему сечению ручья происходила по возможности равномерно.

Ширина самой выпуклости калибруется сообразно со свойством

металла, его температурой и профилем калибра. Чем ближе к краю металла, тем большую вытяжку ему можно дать. Так как эти качества увеличиваются с температурой металла, то вытяжка должна быть больше для более нагретого металла. Вследствие, при прокатке целого вытяжка берется больше, чем при прокатке слитка. Если на одном и том же станке приходится прокатывать и целого и слиток, то вытяжки, по необходимости, должны средниною величину.

Точно также, по мере прокатки металл остывает, а потому и вытяжки в последовательных ручьях должны постепенно уменьшаться. Крупные сорта металла, как не так быстро остывающие, могут прокатываться с большей вытяжкой, чем мелкие. В отделочных последних ручьях, где металл принимает окончательную форму, вытяжка должна быть небольшой.

Величина вытяжки в болваночных станках изменяется от 0,35 до 0,25

Для промежуточных ручьев ζ = от 0,20 до 0,15

Для отделочных ручьев ζ = от 0,14 до 0,065

Для несимметричных ручьев ζ не должно быть больше 0,10

Так как не одинаково удалены от оси валка точки двух частей с различными скоростями, то калибры нужно рассчитать так, чтобы радиусы скоростей профиля были бы по возможности не велики, в противном случае сильные трения в ручьях могут повести к искривлению и даже к разрыву металла.

Не следует сразу делать резких переходов и образовывать тонкий кромки ребром с толстыми частями и делать последнюю большую вытяжку, так как при этом

тонкія части увлекаютъ за собой тонкія кромки, отчего ручей не выполняется металломъ и въ результатѣ получается не правильная форма стѣнки.

Если нѣкоторыя тонкія части профиля получаютъ большую сравнительно съ остальными стѣнками вытяжку, то въ результатѣ является искривленіе прокатываемой полосы. Это искривленіе становится особенно замѣтнымъ при прокаткѣ твердыхъ, слабо вязкихъ металловъ и въ нѣкоторыхъ случаяхъ полоса можетъ быть скручена прямо въ спираль

Точно также, вслѣдствіе того, что верхняя сторона прокатываемой полосы охлаждается болѣе, всегда замѣтно стремленіе полосы загнуться къ верху. Для уничтоженія этого верхній валокъ дѣлается настолько большимъ противъ нижняго, чтобы окружное движеніе верхней части будетъ немного больше, чѣмъ нижней части руки и металлъ съ охлажденной стороны будетъ вытягиваться настолько сильнѣе и полоса не будетъ кривиться.

При пропускѣ металла черезъ первые ручьи въ болваночномъ станкѣ главнымъ образомъ дѣлаютъ его хорошо проковать и тѣмъ улучшить качество металла. Въ этихъ случаяхъ ядро прокатываемаго сварочное дѣйствіе изъ сварочной печи при первыхъ пропускахъ производится плохо и отдѣлка плаковъ, помощью которыхъ болваночныя станки дѣлаются допускаетъ большую вытяжку металла и полученный профиль для плоскихъ калибровъ считается ромбоидальнымъ, у которой стороны образованы дугами круга (таб. 28, фиг. 7). Высота калибра равняется $\frac{9}{10}$ ширины, на которой очерчена основной кругъ. Стороны калибра очерчены дугами круга, радіусомъ равнымъ ширинѣ калибра. Закругленія около линіи соприкосновенія валковъ очерчены дугами круга съ ра-

радиусом равным 0,05 ширины профиля.

Фиг. 2 той же таб. представляет калибр болваночного стана со вогнутыми бочками некривыми. Сторонки его описаны дугами круга радиусом равным 0,9 ширины ручья. Наоборот фиг. 3 представляет построение калибра с теми некривыми сторонами, и наконец фиг. 4 представляет ручей у которого стороны составлены из прямых линий и только верхний угол скруглен. Закругление углов и скривление сторонок делает крышу сделать углы более тупыми, отчего они не так быстро оставают. Кроме того, подобные ручьи дают более металла и тем его уплотняют. Хотя здесь вытяжка распределена неравномерно по всей площади ручья, но происходит она все таки симметрично и поэтому неравномерность ея в первых ручьях вреда не приносит. Такая форма ручьев представляется выгодной еще в том отношении, что разность скоростей здесь получается сравнительно меньше, чем в квадратных ручьях с прямыми сторонками, кроме того и металлу в таких ручьях не способно зацепляться. Так как при больших вытяжках металлу раздаться также и вдоль оси валков, то для избежания слишком большого трения должна удлиняться ось линии соприкосновения валков.

Определение параметра комбинированных калибров производится следующим образом: площади калибров принимаются пропорциональными основным кругам, показанным на чертеже, затем вычерчивают ряд кругов, площади которых соответствуют вытяжкам и внутри них строят профили по правилам, указанным на чертеже. При проектировании ручьев надо помнить, что наибольший ручей должен быть несколько меньше отверстия болванки, а наименьший ручей в болваночном стане

ки должен иметь ширину несколько меньшую, чем ширина прокатываемой полосы, чтобы как при последующей прокатке металлу будет немного раздаваться.

На фиг. 5 таб 23 представлен способ построения ручьев предложенный Даниловым. Здесь основной круг вписан, а не описан относительно верхнего ручья, как в первых четырех случаях. При прокатке металл вытягивается в промежутки между валками и потому на прокатываемой полосе получаются плены. Для того, чтобы как уничтожить, полоса после каждого пропуска между валками повертывается на 90° и тогда образовавшийся плены снова закатываются.

Если большой опыток в трем валками, то на среднем валке располагаются последовательно половинки постепенно уменьшающихся ручьев, на верхнем же и нижнем валке расстояние между ручьями будет в два раза больше, чем расстояние на среднем валке. Таким образом на верхнем и нижнем валках между двумя полными ручьями будет находиться неполный калибр. Для того, чтобы избегать неполных калибров и тем уменьшить длину валков, Валькампфом была предложена конструкция калибров, представленная на фиг 6. В эту конструкцию части калибра, находящиеся в различных валках, медальонами. Построение таких ручьев ведется также, как и вышеописанных калибров по системе Данина, с тою только разницею, что вытяжка в нижней и верхней части калибра должна быть различной. Так что, если в части между в нижнем валке вытяжка будет $\frac{1}{2}$, то в части, находящейся в среднем калибре, вытяжка будет $2\frac{1}{2}$ и наконец, в верхнем валке $3\frac{1}{2}$. Прокатка ведется так, что полоса пропускается между ниж-

нижнюю и средними валками, затем, не поворачивая в тот же ручей, между средним и верхним валками. Затем, передав прокатываемый в следующий ручей, поворачивается на 90° и т. д. После каждого пропуска, вследствие неравномерной вытяжки, поперечное сечение изменяется, но если потом повертывание ее производилось все в одном и том же направлении, то она искривляется

Кроме ромбоидальных ручьев в балансирных станках употребляются ручьи прямоугольной формы или правильные составные из двух трапеций таб. 23 фиг. 9. Подобные ручьи особенно удобны для прокатки пакетов сварочного железа и потому иногда называются сварочными ручьями. Здесь вытяжка распределена по всему сечению равномерно, отчего и сваривание происходит лучше, чем в ромбоидальных ручьях. Поскольку трапецоидальную форму ручьям придают для того, чтобы металл не защемлялся в калибр. Для уничтожения плоскости после каждого пропуска полосу переворачивают на 90°. Если форма ручья далеко отступает от квадрата, то тогда подобное перевертывание неудобно, ибо как глубина калибра получается слишком велика и металл сильно трется о стенки. Во этом случае применяется конструкция калибра, изображенная на фиг. 10. В таком ручье полоса переворачивается на 180°

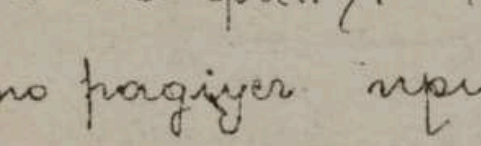
При прокатке пакетов как напр. круглой или квадратной проволоки, первоначальные ряды балансира стараются по возможности сжать уменьшить и наделать как больше в окончательный размер, чтоб металл не сильно остыл. В первых ручьях балансира металл получает вытяжку до 0,35. При прокатке проволоки металл, прохо-

ул чередъ 16 – 18 ручьевъ, должень уменьшить свои размѣры въ 30 – 30 разъ и вытяжка въ раздѣльныхъ ручьяхъ имѣетъ слѣдующіе размѣры:

ручьи	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
вытяжка...	26,	26,	27,	28.	29.	30.	31	29.	26.	25.	22	19	16	14	12

Для такой большой вытяжки употребляются въ переміжку квадратные ручьи и ромбоидальные. Необходимое условіе для такихъ ручьевъ, чтобы высота ромбоидальнаго ручья не была бы больше ширины слѣдующаго квадратнаго ручья – а. Для круглыхъ сортовъ употребляются попеременно круглые и овальные ручьи состоящіе изъ двухъ дугъ круга (тб 23, фиг 7). Такіе же овальные ручьи употребляются попеременно и съ квадратными. Слѣдовательно въ большинствѣ станокъ первый ручей будетъ квадратный, второй овальный, построенный относительно квадрата, какъ показано на фиг. 7. Если высоту овальнаго ручья назвать черезъ а, то радіусъ при показанномъ построеніи будетъ $r = 1,77a$, отношеніе ширины овальнаго ручья къ его высотѣ – 2,4. Степень вытяжки будетъ 0,43. Слѣдующій затѣмъ каліберъ имѣетъ площадь равную предыдущему, такъ что вытяжки здѣсь не происходитъ, а металлъ только деформируется, приминается. Затѣмъ снова пускаютъ металлъ въ овальный каліберъ съ большой вытяжкой, потомъ опять въ квадратный безъ вытяжки, послѣ чего начинается прокатка въ обыкновенныхъ ручьяхъ. Если желаютъ при переходѣ отъ квадратнаго ручья къ овальному вытяжку сдѣлать нѣсколько меньше, то овальный ручей строятъ какъ показано на фиг 8. Сторону квадрата дѣлятъ на три части а діагональ на 4 части, черезъ эти точки прово-

Черт. 45.



дать прямыя линіи, на которыхъ откладываютъ длины равныя сторонѣ квадрата и ихъ принимаютъ за радіусы для очерчиванія дугъ овала (способъ Гоненберга). Высота, построеннаго такимъ образомъ овала должна приблизительно равняться $\frac{2}{3}$ стороны квадрата.

Описанныя формы калибровъ болваночныхъ станковъ применяются при прокаткѣ простыхъ сортовъ, прокатывая же фигурныя профили стараются съ первыхъ же ручьевъ болванку приблизить къ прокатываемому сорту и потому далѣе и ручьи болваночныхъ станковъ принимаютъ соотвѣтственную форму. Такъ напр. при прокаткѣ рельса, который проходитъ черезъ 10–12 ручьевъ, только первый калибръ имѣетъ видъ прямоугольника, остальные же принимаютъ неправильное очертаніе

Отдѣлочные ручьи для прокатки полосоваго металла дѣлаются по своей формѣ конечно близко подходящими къ сорту прокатнаго металла Изъ размѣры стараются дѣлать такими чтобы останавливая прокатку въ различныхъ ручьяхъ, можно было бы прокатывать на одномъ и томъ же станкѣ возможно большіе сортовъ металла. Вытяжка въ отдѣлочныхъ ручьяхъ не должна быть больше 0,125. Отдѣлочные ручьи часто дѣлаются закрытыми, тогда измѣняя разстояніе между валками можно еще больше разнообразить сорта металла, прокатываемаго на одномъ и томъ же станкѣ.

Для того, чтобы по возможности уменьшить давленіе металла на стѣнки ручьевъ и сопряженное съ нимъ треніе, ширина ручьевъ дѣлается постепенно увеличивающейся Далэнъ рекомендуетъ дѣлать это увеличеніе отъ 0,8 до 2 мм. Для уничтоженія обвалующейся пленки, прокатываемая полоса переворачивается часто

каждаго пропуска на 180°

Если желают металлу сообщить особую гладкость, то последний раз его пропускают через гладк. полировочный ручей, который отличается от остальных особой гладкостью своей поверхности, получаемой при помощи шлифовки наждачным кругом. Иногда такой полировочный ручей составляется по середине валков и делается очень узким, чтобы через него можно было пропускать по возможности больше сортов металла. Для еще большей гладкости поверхности металл во время прокатки поливается водой. Иногда вместо отдельного ручья делаются ступенчатыя валки, которые главным образом употребляются для прокатки мелких сортов

Для прокатки металла с квадратным сечением отдельные ручьи имеют форму, показанную на таб. 23 фиг. 11 Правая и левая половины представляют два различных конструкции.

Отдельные сорты для круглых сортов делаются обыкновенно 4,5. Построение их профиля Гольдберг и дающий очень хорошие результаты представлено на фиг 12. Левая половина представляет ручей у которого 2/3 очертаний профиля есть правильная окружность, у другой половины правильную окружность составляет только $\frac{1}{2}$ периметра профиля

При проектировании таких круглых так и квадратных отдельных ручьев необходимо заботиться о том, чтобы высота ручья была бы меньше его ширины. Это нужно для того, чтобы дать возможность металлу раздаваться в стороны не производя сильного давления на стенки ручья. В противном случае является слишком большое трение и поверхность получается перев-

ная. Кроме того нельзя доводить правильное очертание до самой поверхности валков, а необходимо около стыка валков делать резкое заметное углубление ручья, как это показано на фиг. 11 и 12 Если это условие не будет соблюдено, то металл будет выдавливаться между валками и образовать тонкие ребра, которые быстро остывают и при поворачивании полосы на 90° не закатываются, а только прилипают ко всей массе металла и образовать на его поверхности тонкой пленки. Резкое же углубление ручья около стыка валков не позволит металлу выпучиться между валков, так как ему остается достаточно места для углубления в стороны внутри самого ручья и следовательно упомянутая выше тонкая пленка не получается

При прокатке круглых сортов для сообщения металлу совершенно правильной формы следует полосу пропускать через последний ручей несколько раз. Для круглых сортов 4–5 раз

Приготовление ручьев для прокатки простых сортов является задачей сравнительно легкой. Не так легко придать надлежащую форму калибрам, предназначенным для прокатки фасонных сортов.

При проектировании калибров для фасонных сортов: швеллеров, двутавровых, рельсов, угловых и т. п., следуют двумя различными способами: 1) разбивают сложный профиль на несколько простых прямоугольных и круглых и уже их изменяют придерживаясь общих правил относительно равномерности вытяжки, резких переходов и других упомянутых выше. 2) Описывают около сложного контура более простой состоящий из прямых линий и затем его постепенно все упрощают, переходя к форме болванки. Обыкновенно для выработки сложных сече-

ния приходится пропустить полосу через большое число ручьев, 11 и более, и потому в выработке сечения принимают участие и ручьи болваночного станка.

На таб. 24, фиг. 1 представлена последовательное видоизменение ручьев при прокатке двутавровой балки. На чертеже представлена только половина профиля, причем верхняя часть показывает как профили строились (система Даленя), а нижняя половина представляет уже вполне законченные очертания профилей с надлежащими закруглениями. Въ приведенномъ примѣрѣ для прокатки готовились особые пакеты близко подходящіе къ очертанію самаго крупнаго ручья.

Фиг. 2 и 3 таб 24 представляет другую конструкцію калибровъ для прокатки двутавровыхъ балокъ (приведена у Гольберга) Здѣсь профили постепенно видоизмѣняются и прокатка можетъ быть прямо начата изъ обжатой прямоугольной болванки

Слѣдующая таблица даетъ понятіе какъ измѣняются различные размѣры профиля для послѣдовательныхъ ручьевъ. Прокатывается балка, которой высота H=285 мм., ширина полки B толщина полки съ краю и у середины соотвѣтственно D и E толщина вертикальной стѣнки C

	H	B	D	E	C
1-й ручей	220,5	17,6	35,7	70,4	100,8
2 " "	223,2	15,7	28,7	55,2	72,6
3 " "	226,4	14,2	24,3	39,5	46,6
4 " "	229,2	12,6	19,5	33,5	32,5
5 " "	231,8	11,5	16,8	29,0	24,8
6 " "	232,5	10,6	16,2	21,7	21,7
7 " "	233,5	9,8	14,1	18,4	16,7
8 " "	235,7	9,3	11,9	16,2	12,4
9 " "	237,9	8,9	10,8	14,1	9,3

Как видно из приведенной таблицы высота балки, а следовательно и ширина ручья все время немного уширяется. Это уширение ручьев является необходимым для предупреждения опасного снижения ширины в стенке, которое при столь значительной глубине калибров, немногим менее бы их разрезу тонкую полку балки для различного ручьев уширения как видно из приведенной таблицы удовлетворяется в следующих пределах:

2	3	4	5	6	7	8	9	ручьи
2,7	3,2	2,8	2,6	0,7	1,0	2,2	2,2	мм

При проектировании ручьевидов двутаврового профиля очень важную роль играет равномерное распределение вытяжек по всей площади профиля. Вначале, пока еще профиль имеет большие размеры, так что металл может перемещаться из одного вертикальной силы в другой равномерность вытяжек не особенно важна, но когда ручей принимает форму близкую к стенке двутавровой балки, это подобное перемещение металла является невозможным и если при таких условиях вытяжка будет неравномерна, то в результате неизбежно получится или сильное искривление прокатываемой полосы или же незаполнение металлом всех ручьев

Фиг. 15 и 16, таб. 25 представляют расположение ручьев на валках

Особенно важным является вопрос о правильной калибровке валков для прокатки фасонных, в виду громадного распространения, которое получили этот материал, а также и вследствие особых требований, которые к нему предъявляются по отношению правильности формы

В то время время фасонные изготовляемые из сварочного железа

съ наварными стальными головками, теперь все рельсы исключительно изготовляются изъ литой стали или фосфора приготовляемыхъ въ большинствѣ случаевъ по способу Бессемера, поэтому здѣсь только и будетъ упомянуто о калибровкѣ для прокатки рельсъ изъ литого металла.

Въ большинствѣ случаевъ въ Европѣ и Англіи прокатка рельсъ производится на двухъ станкахъ, длина валковъ которыхъ колеблется около 1570 мм. Въ Америкѣ отступаютъ отъ этого правила и вотъ-отъ устройства, гдѣ прокатка рельсъ ведется послѣдовательно на четырехъ станкахъ.

Первый станокъ калибрируется такъ, чтобы одни и тѣже ручьи годились для прокатки различныхъ сортовъ рельсъ, слѣдовательно это различіе уже получается при прокаткѣ на слѣдующемъ станкѣ.

Какъ видоизмѣняются постепенно ручьи болваночнаго станка представлено на фиг. 10 таб. 24. Для черновой же калибровки представлено на фиг. 19 таб. 25 при переходѣ изъ первой во вторую и здѣ впереди въ пятый болванка поворачивается на 90°. Пятый ручей проектируется такъ, чтобы въ немъ металлъ получилъ достаточное сдатіе по вертикальному направленію и слѣдовательно получились бы такіе размѣры которые позволили бы ему при послѣдующихъ пропускахъ каждый разъ немного уширяться и въ концѣ концовъ достичь надлежащей толщины рельса.

Постепенные переходы калибровъ для отдѣлочнаго станка представлены на фиг. 9 и 11 таб. 24. Здѣсь прежде всего вычерчивается горячій профиль рельса, т.е. нормальный профиль принятый во вниманіе его уширеніе отъ холодова. Затѣмъ проводится рядъ параллельныхъ вертикальныхъ линій, отстоящихъ другъ отъ друга на вели-

чину уширения, которое будут получать последовательные калибры. Уширение это согласно Даману должно быть для спаин около 1,5 мм Для фаланга 2 мм. Затем весь контур обводится прямыми линиями. Часть ремня, соединяющая головку с ножкой ограничивается тремя линиями из которых средняя параллельна оси ремня, а остальные две составляют переходы к головки и ножки. Определенным частями полученными таким образом Даман приводит следующие выкладки, для болваночного станка:

	Ширина головки	толщина шейки	толщина головки	толщина ножки	ширина ножки
1 ручей	—	—	—	—	—
2 „	—	$\frac{5}{7}$	—	—	—
3 „	—	$\frac{5}{7}$	—	—	$\frac{11}{12}$
4 „	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{11}{12}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{11}{12}$
5 „	$\frac{5}{6}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{11}{12}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{11}{12}$

В болваночном станке в первых ручьях болванка сжимается немного. Это делается для того, чтобы валки легче захватывали толстую болванку

Обжимающий, т.е. крайний калибр с правой стороны Гольберг, советует делать открытым и очерченным в верхнем валке прямой линией (не ясно, каким представлено на чертеже) при такой конструкции по мнению Гольберга металлу легче раздаться в стороны и лучше обращать ножку вала.

В отделочном стане для различных частей сечения площадь как составляет следующую часть сравнительно с предыдущим ручьем:

	голов.	нижн. часть шейки	шейка	толщина ножки	ширин. ножки	переход к головке	переход к ножке
Обжимающий	—	—	—	—	—	—	—
1-ручей	$\frac{9}{10}$	—	—	$\frac{13}{14}$	$\frac{13}{14}$	—	—

2 ручей	11/12	17/18	3/4	13/14	13/14	6/7	3/4
3 „	11/12	17/18	3/4	13/14	13/14	3/4	3/4
4 „	11/12	17/18	3/4	13/14	13/14	3/4	3/4
5 „	11/12	17/18	3/4	13/14	13/14	3/4	3/4
6 „	15/16	29/30	6/7	13/14	15/16	6/7	6/7

Въ отдѣлочныхъ станкахъ обозначеній ручей дѣлается въ тѣхъ случаяхъ, когда такой ручей большаго станка не соотвѣтствуетъ размѣру прокатываемаго рельса.

Построенное на основаніи приведенныхъ соотношеній прямолинейные профили скругляются въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ это нужно, какъ показано на фиг 11 таб 24.

Калибровка валковъ для чернового обжатія можетъ производиться подобно тому, какъ это дѣлается для рельсъ типа Виньоля, такъ какъ послѣдніе напоминаютъ собою черновую банку. Они всѣ калибры вычерчиваются такимъ же образомъ, какъ для половины двутавровой балки фиг. 1 таб. 24. Разница заключается только въ расположеніи калибровъ на валкахъ. Въ первомъ случаѣ всѣ калибры располагаются въ одномъ направленіи, во второмъ же одинъ или два калибра повертываются на 90° для того чтобы сдѣлать мѣтами по другому направленію и закруглить края вертикальной стѣнки.

Если ширина полки очень велика, то пускаютъ по очереди ручьи то въ томъ, то въ другомъ направленіи. Подобное расположеніе ручьевъ на валкахъ представлено на фиг. 13 таб. 25. При этомъ нужно заботиться о томъ, чтобы профиль ручья въ часть расположенной перпендикулярно къ оси валка не былъ бы очерченъ параллельными линіями, а имѣлъ бы надлежащій уклонъ, иначе мѣтами будетъ задѣвать въ ручьи. Гольцбергъ считаетъ, что уклонъ не долженъ быть менѣе 0,0325. Это особенно важно для послѣднихъ ручьевъ, гдѣ уменьшеніе

производить неравномерную вытяжку и полоса изъ валковъ выходитъ кривой.

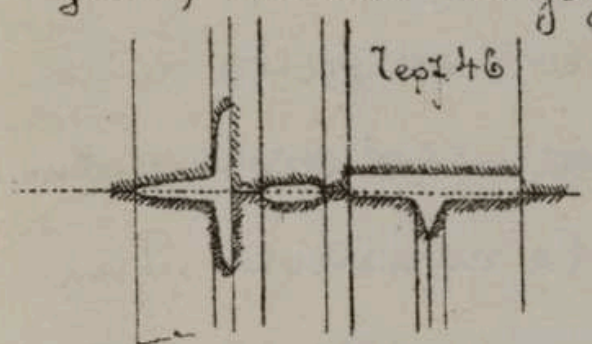
Послѣдній ручей располагается обыкновенно такъ, что съ направленіемъ осей валковъ совпадаетъ полка главной балки Т при семъ балка, выходя изъ станка мало кривится. Это объясняется тѣмъ, что хотя отъ зацѣпленія металла вертикальная сила и получаетъ стѣнка и получаетъ нѣсколько большую вытяжку, то съ другой стороны подъ давленіемъ валковъ главнымъ образомъ сформируется горизонтальная полка и въ общемъ во всѣхъ сѣченіи балки получается приблизительно одинаковая.

Если требуется приготовить главную балку съ очень широкими и тонкими съ этимъ очень тонкими стѣнками, то иногда прокатываемая двутавровая балка и разрѣзается на двѣ части. Существуютъ еще другій способъ калибровки валковъ, при которомъ ручьи постепенно приближаются къ окончательному профилю начиная отъ болванки съ квадратнымъ сѣченіемъ, какъ представлено на фиг. 4 таб 24. Здѣсь, какъ и впередѣ въ частныхъ профиляхъ расположеніемъ параллельно оси балки устанавливается нѣкоторое углубленіе, чтобы уменьшить утолщеніе металла о стѣнки. Расположеніе калибровъ на валкахъ болваночныхъ и заготовочныхъ представлено на фиг. 12, 13 и 14. При этомъ нужно замѣтить, что, для того, чтобы прокатываемая балка возможно менѣе кривилась, ручьи слѣдуетъ располагать такъ, чтобы центръ тяжести ихъ профиля лежалъ возможно ближе къ линіи соприкосновенія валковъ.

Существуетъ наконецъ еще одинъ способъ конструкціи ручьевъ представленный на фиг. 21 таб. 24 и весьма распространенный въ Бельгіи и во Франціи. По этому способу калибры конструируютъ такъ, что сначала сформируется часть профиля соотвѣтствую-

щая левой половине полки и наконец часть соответствующая средней ступени. Таким образом через каждые три пропуска вся площадь сечения получает равномерную калибровку

При изготовлении калибров удобные как дослать таким образом, чтобы между ручьями они соприкасались не по всей цилиндрической поверхности, а только по двум тонким кольцевым поверхностям. Подобная конструкция значительно облегчает пригонку калибров на станке, если эта приходится делать вследствие каких либудь недостатков в калибрах.

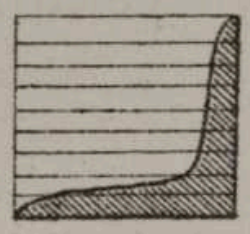


При прокатке углового профиля калибры располагаются тремя способами: по первому способу ручьи располагаются так, что по одна полка уголника стоит параллельно оси валков, по другая; по второму металл сначала утолщается до величины соответствующей развитрасти уголника все время остается в ближнем банке, внутреннем в верхнем, причем металл при каждом проходе вытягивается и в ширь все время немного сближается приближаясь к форме уг. черт. 5 табл. 24.

Последний способ расположения ручьев является наиболее удобным и наиболее употребительным.

При прокатке по этому способу различают два случая когда уголник прокатывается из болванки с квадратным сечением и с прямоугольным сечением. Для этого металла это различие не существенно, для сварочного же имеет большое значение и вот на каком основании: при прокатке квадратной болванки может в большинстве случаев оказаться, что слои сварочного металла расположатся параллельно одной полке уголника и перпендикулярно другой при этом, как показали испытания –

Черт. 47



уголники получаются очень непрочный по ребру и потому подобной прокатки допускать не следует.

При прокатке болванки с прямоугольными сечениями обыкновенно наблюдается сильно сужающаяся середина и потому если прокатываются сварочный пакеты, то для неравномерности сжатия получающегося недостаточно на его качество. Для устранения этого приготовляя пакеты, в тех сортах, которые будут подвергаться неравносторонней вытяжке, т. е. на верху пакета кладут уже ранее прокованную плиту, которая и предохраняет остальной металл от порчи. Или же стараются в первых ручьях вытяжку сделать очень незначительной, но подобное средство конечно замедляет работу.

Далее советуют сокращать высоту сечений для первых четырех ручьев на $\frac{1}{3}$, а для последнего на $\frac{1}{4}$. Углубление для каждого последующего ручья делать в 2 мм.

Подобный способ калибровки вполне удобен для равносторонних уголников но имеет некоторые недостатки при выработке неравносторонних уголников. В последнем случае всегда происходит большое сужение менее широкой стороны вследствие чего уголник выходя из станка кривится.

Эту разность в сужении можно до некоторой степени уравнять, располагая ручьи так, чтобы прежние стороны уголника на оси валков были бы одинаковы. Но здесь опять является неудобство так как при большой разности сторон ручей выходит слишком глубок и потому проявляется сильное трение, а кроме того и валки очень ослабляются. В виду этого к указанному расположению ручьев прибегают только при небольшой разнице в ширине сторон.

Если ручьи расположены так, что опорная уголника образуют одинаковые углы с осью валков, то нижний валок, который вырабатывает внутреннее очертание уголника может служить для прокатки уголков только его ручьи должны достаточно большой радиус. Верхние все валки, вырабатывающие внутреннюю поверхность уголника будут смяться

Такое расположение ручьев, когда линия соприкосновения валков не совпадает с линией раздела ручьев удобно еще в том отношении, что при этом не так легко образуются тонкие пленки, которые потом приходится обрезать

При прокатке уголников могут получиться следующие пороки: может произойти неналожение опорон уголника. Для устранения этого недостатка понижается несколько температура нагреваемого металла. Если это не поможет, то нужно исправить профиль ручьев: т. е. не сильно валков со станка подтачивать немного края у первого ручьев чтобы при начале прокатки оставить больше материала в этом месте где его потом недостает

Иногда наоборот металла оказывается слишком много и он вытекает между валками образуя пленки. Для устранения этого недостатка нужно прокатывать более горячей металл тогда он более вытягивается а не раздается в стороны

Наконец если самый угол выполняется не хорошо, то как и в первом случае нужно исправить первые ручьи, растачивая их в том месте где достаточно прибавить материала.

Кроме этих пороков при прокатке уголников вследствие указанных уже причин, получаются искривления, которые легко могут быть исправлены изгибая напротив уголники в обратном направлении против изгиба

При прокатке желобчатого профиля (⊔) валки калибруются как показано на фиг. 7 и 8, таб 24

Фиг. 8 представляет конструкцію рубцов аналогичную съ конструкцій калибровъ для прокатки уголкового профиля. фиг 6, т.е. металлъ въ одно и тоже время утоняется и понемного изгибается до желаемаго профиля При такой системѣ калибровокъ металлъ не такъ сильно удлиняется въ рубцахъ и потому способъ имѣетъ преимущество передъ способомъ указаннымъ на фиг. 8.

Остальныя фиг. отъ 22 до 26 таб. 24 представляютъ калибровку квадратнаго профиля и одного изъ типовъ рельсъ для конныхъ желѣзныхъ дорогъ.

Болѣе подробныя свѣдѣнія о калибровкѣ съ многочисленными примѣрами исполненныхъ устройствъ можно найти въ слѣдующихъ сочиненіяхъ:

E. Chotean: Laminage du fer et de l'acier, traite raisonné des cannelures de Cylindres de laminoir.— Die Kalibrirung der Eisenwalzen 1874. bei Nicolai in Berlin. Представляетъ собраніе статей R. Daelen., A. Hollenberg, и Dickman-a.—

P. von Tunner, Ueber die Walzenkalibrirung (Имѣется въ переводѣ на англійскій языкъ)—

Также статьи помѣщенныя въ разныхъ журналахъ.

Различныя прокатныя устройства.

Прокатка листовъ. Для прокатки листовъ употребляются гладкіе валки. Ширина станка соотвѣтствуетъ ширинѣ прокатываемыхъ листовъ. Операція прокатки ведется въ такой послѣдовательности: приготовленный и проковеванный пакетъ, или от-

литая болванка обыкновенно в виде слитка. Поступают на болваночный станок и здесь прокатываются до толщины более близкой к толщине листа. Затем если болванка очень мала длины ее подогревают и пускают на отдельочный станок. Болваночный станок отличается от белочного тем что его валицы не делаются столь точными и обыкновенно оттиваются без закалки

Очень важно в особенности, если прокатываются тонкие листы вся прокатка ведется на одном станке.

Сначала после каждого пропуска болванку повертывают в горизонтальной плоскости на 90°, для того, чтобы сопротивление листа и вдоль и поперек сделать более одинаковым, а потом прокатку ведут в одном направлении. Надлежащая ширина листа определяется шаблоном или калибром.-

Если прокатываются очень тонкие листы, то сначала прокатка ведется как описано выше, доколь, когда толщина листа достигнет 1,25 мм. несколько таких листов (2-3) складывают вместе, подогревают и прокатку ведут далее. После нескольких пропусков когда листы достаточно сплющатся их переворачивают относительно друг друга, подогревают и до канчивают прокатку

Тонкие листы по своей толщине измеряются бирмингамской скалой. Наиболее тонкие прокатываются до № 30 этой скалы, что равняется 0,1 мм.

После прокатки листы подвергают под ножницы для обрезки краев. Если листы прокатываются из сварочного железа то приходится обрезать около 25 мм. ибо как край при прокатке разрывается и выходит из станка в виде бахро-

мм. При прокатке литого металла бахрома получается гораздо меньше и обрезание происходит отъ 10 до 15 мм. Послѣ обрѣзки листы должны отфрезероваться. Въ Англіи и въ нѣкоторыхъ заводахъ Франціи отфрезерованіе производятся въ особыхъ открытыхъ печахъ (Fours dormants) представленныхъ на таб. 9 фиг. 6. Здѣсь прямо на колошникахъ разводится уголь на которомъ и укладываются листы для нагрѣванія. Работа идетъ скоро и довольно экономично, коэф. полезнаго дѣйствія нагрѣва измѣняется отъ 0,6 до 0,15, но результаты получаются неудовлетворительные и странно, что такой несовершенный способъ отфрезерованія удерживается такъ долго въ странахъ, гдѣ вообще усовершенствованное производство стоитъ на высокой степени развитія. Въ Америкѣ повсемѣстно, а также и у насъ въ Россіи для отфрезерованія употребляются поздніе печи таб. 9 фиг. 4.

Здѣсь кстати будетъ упомянуть, что для особыхъ тонкихъ листовъ глянцевитой поверхности примѣняется слѣдующій способъ: нѣсколько листовъ нагрѣваются до красна каленія и затѣмъ ихъ начинаютъ складывать другъ на друга при чемъ поверхность каждаго листа посыпаютъ черезъ ситечко толченымъ древеснымъ углемъ. Сверху и снизу такого пакета кладутся два листа болѣе толстаго фестона и вся пачка подводится подъ паровой молотъ и проковывается. Затѣмъ листы разбираются нагрѣваются и снова складываются при чемъ въ середину кладутся горячіе и холодные листы и когда все остынетъ то листы готовы.

Русскіе заводы славятся тѣмъ, что изготовляютъ глянцевитое фелюзо особо-высокаго качества, почему такой матеріалъ и за границей извѣстенъ подъ названіемъ „Русскаго фестона".

Для приготовленія корпусовъ сорныхъ металла необходимо,

чтобы валки имели правильную форму и по возможности дол-
го ее сохраняли, поэтому они должны непрерывно охлаждать-
ся водой и плотно обтекаться ею. Нужно заметить
что прикасаясь к горячим материалом валки сами нагрева-
ются и расширяясь искажают свою форму. Если прокатываемый
лист холодный по ширине своей близко подходит к длине ва-
лков, то последние расширяются равномерно по всей длине и это
не оказывает влияния на правильность очертания, если же про-
катываются узкие листы, то валки выпучиваются по середине
очень сильно и чтобы получить лист одинаковой толщины по
всей площади, валкам нужно в холодном состоянии прида-
вать не цилиндрическую, а слегка выпуклую поверхность. На сколь-
ко нужно сделать валки выпуклыми можно решить только на
основании опыта, вообще же стрелка образующей дуги изме-
няется от 0,4 до 0,2 мм.

Прокатка листа как уже сказано, о. основном начинается
и кончается на одном стане при чем вследствие небольших
радиусов листа приходится слишком часто останавливать
прокатку для перепуска движения и вследствие этого прокатка
много времени непроизводительно. Прокатывать же более тон-
кие листы нельзя также как они остынут раньше чем бу-
дут готовы. Вследствие этого постоянно они стремятся уст-
роить непрерывную прокатку, т. е. ставить ряд станов и про-
пускать лист через них последовательно. Но при этом встре-
чалось следующее затруднение: крайне трудно приготовить валки
которые после нагрева листом одновременно подобную поверхно-
сти потому пропуская лист последовательно через несколько
пар валков различная его части в различное время будут

подвергаться неодинаковой деформ. Если напр. последующая пара валков после нарезки оказывается более вогнутой чем предыдущая, то в ней металл будет более вытягиваться по направлению к середине и следовательно будет коробиться. В последнее время Впрочем Виттенштейну удалось на заводе Rudolfshütte около Теплица в Австрии устроить непрерывную прокатку металлов.

Устройство это описано в журнале Stahl und Eisen за 1892 г. и состоит в следующем: болванка 400 мм. ширины, 600 мм. длины и 300 мм. толщины прокатывается на универсальном станке съ тремя валками до 50 мм. толщ. и до 1000 мм ширины, концы обрезаются. Въ такомъ видѣ болванка помещается въ печь и подогрѣвается до возможно высокой температуры, такъ какъ съ этого момента начинается непрерывная прокатка безъ дальнѣйшаго подогрѣванія. Изъ печи болванка поступаетъ на другой комплектъ станковъ. Первый изъ нихъ имѣетъ валки, на которомъ болванка въ нѣсколько проходовъ прокатывается до толщины 5 мм. Затѣмъ поступаетъ на стоящіе другъ за другомъ 6 станковъ, двигающихся съ возрастающею скоростью и выходитъ изъ послѣдняго въ видѣ длинной ленты толщиной отъ 1,5 до 2 мм и длиной отъ 39 до 49 метр. (см. выноску на стр 59) Результаты прокатки полученные на этомъ заводѣ оказались очень удовлетворительными

Машина, приводящая въ движеніе универсальный станокъ имѣетъ діам. цил. 870 мм. ходъ 1250 мм. Машина приводящая другіе 6 станковъ имѣетъ діам. 1000 и ходъ 1400. Давленіе пара 135 фунт. Діаметръ валковъ втораго комплекта 630 м.м. Производительность устройства въ 24 часа 30 тонны листовъ.

Вообще прокатка листовъ вызываетъ самыя большія

уголки въ станкахъ и потому требуетъ особой прочности какъ для станка такъ и для валковъ.

Въ прежнее время передача устроивалась такъ, что приводился въ движеніе непосредственно одинъ валокъ, а другой увлекался во вращеніе треніемъ, но при этомъ получалась неравномѣрная вытяжка, больше со стороны валка передающаго движеніе, чѣмъ выходящій изъ станка искривленнымъ и потому такой способъ передачи движенія теперь почти оставленъ

Сначала для перемѣщенія прокатываемыхъ листовъ передъ станомъ ставились столы, потомъ эти столы стали снабжаться роликами по которымъ листы передвигались руками; наконецъ съ увеличеніемъ вѣса прокатываемыхъ листовъ понадобились механическія приспособленія для передвиженія, которыя и встрѣчаются теперь на всѣхъ хорошихъ заводахъ.

Обрѣзки, которыя остаются при фабрикаціи листовъ идутъ снова для приготовленія пакетовъ.

Прокатка рельсовъ

Въ прежнее время рельсы готовились изъ сварочнаго желѣза, причемъ для большей прочности головка рельса, по которой катится колесо дѣлалось изъ стали

Для прокатки такого рельса приготовлялся особый пакетъ состоящій частью изъ стали, частью изъ желѣза. Пакетъ хорошо прогрѣвался, проковывался и затѣмъ пускался въ прокатку.

Въ семидесятыхъ годахъ начали входить въ употребленіе стальные рельсы. Сначала они были очень дороги, но постепенно усовершенствованіе самого матеріала и способовъ выработки, стоимость стальныхъ рельсовъ была понижена почти вдвое и теперь литая сталь является единственнымъ матеріаломъ для приготовленія рельсовъ.

Сталь приготовляется или по способу Бессемера, Томаса и Мартена или по способу Сименса-Мартена. Последний способъ допускающій переплавку стараго матеріала, примѣняется въ тѣхъ случаяхъ, когда приходится перекатывать много старыхъ рельсъ. Для приготовленія же новыхъ рельсъ почти исключительно примѣняется сталь приготовленная въ конвертерахъ.

Расплавленная сталь отливается въ чугунныя кокили, имѣющія форму усѣченныхъ пирамидъ. Размѣръ болванки соотвѣтствуетъ размѣру и числу рельсъ, которые изъ нея будутъ приготовлены.

Обыкновенно изъ болванки прокатываютъ два рельса или три и иногда даже четыре. Размѣръ болванки для трехъ рельсъ длиной по 8 саж. въ вѣс. пог. метра въ 35 кил. около 300 мм. въ сторонѣ поперечнаго сѣченія и около 1500 мм въ длину. Всѣ около 1000 кил.

Отлитая болванка, нагрѣтая до свѣтло вишневаго цвѣта поступаетъ на обдѣлочный станокъ (табл 17 фиг. 1) на которомъ послѣ нѣсколькихъ проходовъ сдѣлавшаяся до 400 мм. въ сторонѣ поперечнаго сѣченія. Затѣмъ начинается прокатка на болваночномъ и отдѣлочномъ станкахъ. На этихъ двухъ станкахъ болванка проходитъ чередъ 11 – 13 ручьевъ

Для прокатки рельса примѣняются или реверсивные станки съ двумя валками (англійская система) или же станки съ тремя валками (система американская) Преимущество станковъ съ двумя валками то, что здѣсь не требуется особыхъ приспособленій для передвиженія прокатываемой полосы въ вертикальномъ направленіи и слѣдовательно конструкція станка получается проще, но за то величина невозможность отдавать для такихъ станковъ машины съ большимъ расширеніемъ пара, эти станки въ смыслѣ потребленія топлива работаютъ не экономично

Станки с тремя валками имеют то преимущество, что в них расположение калибров выходит гораздо удобнее. Калибрам можно придавать такую форму, что одна и та же проточка на среднем валке будет годиться для ручья в нижнем и верхнем валке, вследствие этого длина валков при устройстве по американской системе может быть в два раза почти меньше, чем при устройстве по английской системе. Кроме того благодаря тому, что ручьи располагаются в верхнем и нижнем валках не приходится только переворачивать на 180° после каждого прохода для уничтожения ребер, образующихся от вытеснения металла в промежуток между валками. Это обстоятельство является очень важным, так как в зависимости от него скорость прокатки значительно увеличивается. Наконец станки с тремя валками имеют еще то преимущество, что в них как верхний так и нижний валок можно переставлять относительно среднего для поправки калибров, не нарушая при этом относительного положения калибров, образуемых средним и другими валками. В станке же с двумя валками, желая исправить какой-нибудь калибр и передвигая немного один валок относительно другого тем самым изменяют размеры всех остальных калибров образуемых этой парой валков. Если еще прибавить, что станки с тремя валками расходуют меньше пару для своей работы то станет ясным, что американская система прокатки ремня имеет преимущество перед английской.

Как пример ремне-прокатного устройства по английской системе можно привести устройство Путиловского завода[1]. (Станок приводится в действие непосредственно без зубча-

[1]) Подробные чертежи валков и станков помещены в Горном журнале. Январь 1883

ной передачи двойной паровой машиной реверсивной системы. Диаметръ паровыхъ цилиндровъ 1150 мм. хода 1830 мм. Число оборотовъ 50. Сила машины опредѣляется въ 1800 л. с.

Паровая машина исполнена заводомъ Кокериль въ Бельгіи, станокъ сдѣланъ средствами Путиловскаго завода.

Болваночный станокъ имѣетъ 5 русель, отдѣлочный 6. Такимъ образомъ болванка пройдя чрезъ 11 русель превращается въ готовый рельсъ въ общемъ длиной 72 фута.

Наибольшая суточная производительность станка достигала 1311 тоннъ при общемъ вѣсѣ въ 300 тоннъ. Время прокатки готоваго рельса равняется 150 сек. — Время собственно на прокатку тратится 70 сек. и 80 сек. тратится на перемѣну хода машины и на передвиженіе рельса отъ ручья къ ручью. Скорость прокатки измѣняется отъ 1 метр. въ первомъ ручьѣ до 2,4 мет. въ послѣднемъ.

Какъ примѣръ американской прокатки рельсовъ слѣдуетъ привести устройство на заводѣ Edgar Thomson Steel Works въ Braddocks, около Pittsburg'a въ Пенсильваніи, который между новѣйшими рельсопрокатными заводами Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ занимаетъ выдающееся мѣсто.

Рельсопрокатное устройство этого завода, проектированное R. Jones'омъ (Питтсбургъ) и Hunt'омъ (Троя) представлено на таб. 21. Устройство состоитъ изъ трехъ станковъ A, B и C. Изъ нихъ первые два съ тремя [illegible] помѣщаются въ котельномъ отдѣленіи только 2 ручья съ 9 вальцами. Болваночный станокъ A снабженъ подъемнымъ столомъ (D и E) системы Франца. Одна изъ плитъ-рельсъ выдается на роликахъ платформы имѣетъ ограничительное закрытіе F и приводящимъ валкомъ G. Когда слитокъ опущенъ, то вспомогательные въ закрытіе ролики стола D вращаются и подаютъ болван-

ку на валиках. Когда стол поднят то вращается ролик стола 2 и двигает болванку в обратном направлении. Ролики J укрепленные в стаканах и приводящиеся в движение при помощи ремня характеризуют, что болванка дойдет до надлежащего места на столе и не зацепится при его опускании или подъеме

Перед валиками А находятся две пары направляющих K и L (фиг. 3) состоящих из фельца и прикрепленных к ним. Эти направляющие служат для перемещения болванки от одного ручья к другому. На фиг. 3 видно, что, когда стол поднят, то поверхность ролика J лежит выше направляющих K и L. Болванка пройдя ручей a и возвращаясь через ручей b вкатывается на планфорцу D. При опускании стола болванка встречает наклонную поверхность направляющих K и по ней скатывается в ручей c в этом время болванка повертывается на 90°. Как только стол достиг своего нижнего положения ролики приходят в движение и подводят болванку к ручью c

Станок B имеет неподвижные штанги стола M и N. Они помещены из пазух O, между которыми помещаются направляющие ролики. Ролики стола M получают движение от вала S при посредстве конического зацепления и фрикционной муфты сидящей на валу Q. Ролики стола N получают движение от вала P при посредстве конических колес и одного из роликов, который передает движение валу, идущему вдоль планфорции и сообщающего движение всем остальным роликам. Вал P получает движение через фрикционное зацепление. Подшипники вала P подвешены и вверх направляющую на конце вала фрикционную муфту с одной из подушек для муфт, сидящих по обе его стороны, около вала P, а вниз от них и роликам стола N сообщают движение по ширине, по

другую сторону. Точно также может останавливаться движение роликов у стола М

Рядом со столом Д находится вал R (фиг. 1 и 3) который при помощи особых лап поднимает полосы S. Более возвышенные концы этих полос лежат между роликами стола Д, а другие концы между роликами стола М. Под валом R находится другой вал, на котором насажены кулачковые рычаги с противовесами И. Когда платформа М поднята, то полосы S находятся между роликами, так что болванка вкатывается на платформу поверх полос S. При опускании же платформы она надавливает на кулачковый рычаг И, который в свою очередь поворачивает вал R и лапы последние поднимают полосы S (фиг. 3), тогда надавшая на них болванка под действием тяжести скатывается на платформу М и на ней останавливается у удерживается как раз против ручья 2. Пройдя через ручей 2, болванка подхватывается рабочим обыкновенными крючками и пускается в соответственный верхний ручей. По выходе из этого ручья направляющим К болванка подводится к следующему калибру и т. д. Направляющая К может быть сделана и между следующей парой ручьев.

Когда прижатая полоса прошла через вал ручьи стола В и вошла на стол N, то ролики последнего останавливаются. Около заднего конца стола N находится рельсовый путь, по которому движется тележка L приводимая в движение проволочным канатом. Движение канату сообщается блоком при помощи фрикционной передачи. Тележка передвигает полосу со стола N к валкам О.

Станок С имеет в одной стойке платформу Е, подобную платформе М только гораздо длиннее, с другой же стороны на-

ходится ряд роликовъ, которые составляютъ продолженіе роликовъ для передачи рельса къ пилам, разрѣзающимъ его на части. Кромѣ того съ этой же стороны находятся два валика съ утолщенными концами на которые надѣвается полоса со стола N и передается ими къ валкамъ. При передвиженіи полосы одинъ конецъ рабочій поддерживаетъ крючкомъ, а другой двигается по желѣзной направляющей Если понадобится нѣсколько такихъ направляющихъ полосъ, то передвиженіе можетъ быть произведено безъ участія рабочаго.

Поковка въ общемъ такая устройство прокатки рельсовъ на заводѣ Edgar'a Thomson'a. Благодаря тому, что почти всѣ операціи по передвиженію и переворачиванію рельса совершаются механическими приспособленіями, число рабочихъ участвующихъ при прокаткѣ сокращено всего до семи человѣкъ, при чемъ рельсъ длиною въ 30 футъ прокатывается въ 27 сек.

Наибольшая производительность завода фактически прокатки 2650 рельсовъ въ сутки всего вѣсомъ около 750 тонн

Нужно замѣтить, что на заводахъ вмѣсто фрикціонной передачи устраиваются отдѣльные двигатели, сообщающіе движеніе различнымъ частямъ механизма, такъ какъ передача со станка на станокъ можетъ производиться при помощи гидравлической силы и наконецъ у всѣхъ станковъ могутъ быть устроены подземные ходы, если это найдутъ нужнымъ.

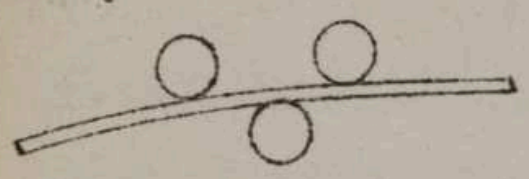
По выходѣ изъ прокатнаго станка рельсъ двигается по роликамъ къ пиламъ для обрѣзки. На пути онъ проходитъ между двумя небольшими валковъ, на одномъ изъ нихъ клеймо завода и номеръ отливки, которые и отпечатываются на рельсѣ.

Затѣмъ рельсъ подходитъ къ двумъ кругамъ, электровращающимся пилами (фиг. 1, таб 24), которыми онъ обрѣзается до надле-

листъ 42

усадкой длины. Так как после остывания рельса укоротится, то
сообразно с этим и установливается разстояние между тиска-
ми. Вследствие того что температура, а следовательно и усад-
ка рельса определенная бывает различна, то для того чтобы
не приходилось браковать слишком коротких рельса или обреза-
ют немного длинные, а по окончательном охлаждении рель-
са, вполне точные размеры ему придают обдирая на фрезерном
станке

Так как при остывании головка рельса сокращается всегда
больше, чем шейка, то по охлаждении рельс получается кривым.
Чтобы уменьшить эту кривизну его еще в горячем состоянии кла-
дут на кривую поверхность, заставляя изгибаться в обратную сторо-
ну, или же после разрезания пропускают между тремя валками



с вертикальными осями вращения, расположенными
друг относительно друга как показано на чертеже
Проходя между ними рельс шейкой изгибается в
противоположном направлении, и по охлаждении уже получается
не столь кривым. Окончательная выправка производится подводя
холодный рельс к особому прессу фиг 2, таб. 24.), у которого ве-
рхняя двигается опускаясь и поднимаясь ползун А. Рельс располагается
на двух тисках и ударяя между ползуном и рельсом книп
шейкой производит уменьшение давлений на рельс и таким образом
выпрямить его. Место в котором нужно нагибать на рельс и
самую величину нагибания рабочий определяет на глаз и со стороны
рабочего для правильной и быстрой работы требуется большое искус-
ство, почему эта работа очень ценится.

Когда рельс выправлен, то его подводят к сверлильным ста-
кам для сверления отверстий по концам. Последняя операция состо-

нить въ точной обрѣзкѣ концовъ на фрезовой машинѣ.

Для болѣе удобнаго передвиженія рельсъ въ прокатной мастерской на подставкахъ укладутся фрезерные балки, по которымъ рельсы двигаются или руками или механическими приспособленіями, напр. при помощи пропущеннаго вдоль стеллажа каната съ пальцами, приводящагося въ движеніе отъ блоковъ и фрикціонной муфты. Когда фрикціонная муфта вводится въ зацѣпленіе, то канатъ движется и тянетъ пальцами рельсъ вдоль стола

Для остыванія рельсы остаются на уложенныхъ балкахъ, если же имѣется мало, то ихъ укладываютъ въ клѣтки: на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга кладутся 2–3 рельса, на нихъ въ перпендикулярномъ направленіи укладывается слѣдующій рядъ, затѣмъ опять 2–3 рельса и т. д. Промежутки между рельсами оставляются для того, чтобы воздухъ могъ циркулировать и быстрѣе охлаждать.

Прокатка бандажей

Бандажами наз. стальныя кольца или шины, надѣваемыя на вагонныя и паровозныя колеса

Въ прежнее время бандажи готовились изъ сварочнаго желѣза и для этого фрезерная болванка прокатывалась черезъ рядъ калибровъ представленныхъ на тб. 25 фиг 17 и 18. Когда болванка получала надлежащее сѣченіе ее сгибали въ кольцо сваривали и затѣмъ окончательно прокатывали на станкѣ особой конструкціи о которомъ будетъ сказано дальше.

Въ настоящее время бандажи дѣлаются исключительно изъ литой стали, и потому для ихъ приготовленія прежде всего отливается стальная болванка. Отливка производится въ чугун-

ную форму, имеющую вид усеченной пирамиды или усеченного конуса. Форма внутри как всегда выполняется растворимыми легкоплавкими извести, для того, чтобы отлитая болванка легче отделялась из формы. Размеры болванки должны соответствовать размерам бандажей, вообще средний диаметр ее бывает около 400 мм. высота около 300 мм.

Отлитая болванка подогревается в печах и поступают для обработки под паровой молот. Сначала болванка обжимается с боковой поверхности, частыми сильными ударами молота по направлению к оси болванка сжимается почти до половины ее первоначальной толщины, т.е. до 150 мм. В полученной таким образом круглой плитке пробивают в центре отверстие. Для этого на болванку ставят стальной конус, т.наз. прошивень, имеющий около 125 мм. в среднем диам. и около 250 мм. высоты и ударами молота вколачивают больше чем на половину глубины болванки. Чтобы прошивень не завязал в болванке его вколачивают не сразу, а сначала углубивши немного вынимают и в углубление бросают мелко-истолченного угля, затем снова начинают вколачивать прошивень, тогда образующиеся газы способствуют выходу прошивня из металла. После этого болванку переворачивают и начинают пробивать отверстие с другой стороны, употребляя для этого или тот же прошивень, или, еще лучше, заменяя его цилиндрическим. Когда отверстие пробито, то несколькими ударами молота болванку выравнивают. Для того чтобы вся описанная операция была окончена скоро необходимо употреблять большой молот 12-80 тонн, на таком молоте вся эта работа совершается в 2-3 минуты.

Затѣмъ полученное такимъ образомъ кольцо нужно подвергнуть вторичной ковкѣ на разширеніе бандажа. Для этого болванку снова подогрѣваютъ и начинаютъ вытягивать ее на наковальнѣ представленной на таб. 22 фиг. 6. Все время ковки болванка поворачивается при помощи рычага. Для того, чтобы внѣшней поверхности кольца придать форму близкую къ профилю бандажа между болванкой и молотомъ вводятъ обжимку. Для послѣдующихъ работы молотъ требуется менѣе сильный и вся операція вытяжки производится въ 5-6 минутъ. Затѣмъ болванка поступаетъ на прокатный станокъ.

Прокатные станки для бандажей бываютъ съ вертикальными валками (таб. 22, фиг. 2 и 3) и съ горизонтальными (таб. 22, фиг. 8-9). Первый станокъ состоитъ изъ двухъ паръ валковъ, укрѣпленныхъ въ одной общей станинѣ, но работающихъ независимо другъ отъ друга. Одна пара назначается для грубой обработки, другая для отдѣлочной. Каждая пара состоитъ изъ валка съ неподвижными подшипниками и валка закрѣпленнаго въ подвижной рамѣ, движеніе которой сообщается гидравлическимъ цилиндромъ. Большой цилиндръ служитъ для нажатія валковъ во время прокатки малый же цилиндръ для раздвиганія ихъ при вынимании и вкладываніи бандажа. Для того, чтобы валки не могли перемѣщаться по оси относительно другъ друга на нихъ имѣются шайбы которыя удерживаютъ валки отъ такого перемѣщенія. Верхняя шайба подвижного валка служитъ въ тоже время и остановомъ при прокатки. Отдѣлочная пара отличается только тѣмъ, что для поддержки бандажа имѣются еще два ролика, которые закрѣплены въ секторахъ поворачивающихся червякомъ. Бандажъ прокатывается на обѣихъ парахъ съ одного нагрѣва.

На таб 22 фиг 10-11 представлены прокатный станокъ для бандажей системы Дамена, онъ отличается тою особенностью, что бандажъ все время прокатки не перемѣщается, а къ нему подводятся поочередно различные валки а, б, и с, закрѣпленные въ одномъ суппортѣ. Одинъ изъ нихъ служитъ для грубой обработки второй идетъ болѣе точную форму и наконецъ третій окончательно отдѣлываетъ бандажъ. Раскатіе отодвиганіе назадъ суппорта производится при помощи гидравлическихъ цилиндровъ А и Б. Два боковые ролика способствуютъ для сообщенія бандажу круглой формы.

Устройство станка съ горизонтальными валками вполнѣ понятно изъ чертежа (фиг. 8-9) Такіе станки очень удобны для ухода и ремонта, но долго на нихъ нельзя прокатывать бандажи столь правильной круглой формы какъ на станкахъ съ вертикальными валками и потому послѣдніе не смотря на ихъ сложность имѣютъ большое распространеніе.

Валки бандажныхъ станковъ обыкновенно дѣлаютъ около 30 оборотовъ Діаметръ гладкаго валка обрабатывающаго внутреннюю часть бандажа дѣлается около 600 мм. Діаметръ работающей части другого валка дѣлается около 750 мм. Такъ что при 30 оборотахъ скорость прокатки выходитъ около 1 мет. Діаметръ поршня гидравлическаго цилиндра изминяется въ предѣлахъ отъ 280 до 330 мм. Въ первомъ случаѣ требуется давленіе въ 100 атмосф. во 2-мъ въ 50 атм. Нагнетаніе воды производится двумя насосами одинъ большого размѣра для небольшихъ давленій, другой меньшаго, способный давать давленія до 100 атм. Для приведенія въ дѣйствіе этихъ насосовъ обыкновенно достаточно имѣть машину въ 5-6 сил. Лучше если при гидравлическомъ насосѣ имѣется аккумуляторъ.

Прокатка бандажей въ зависимости отъ ихъ радіусовъ

продолжается от 2,5 до 4 минут. При умелой работе производительность одного станка достигает до 360 бандажей в сутки.

Так как прокатка бандажей совершается непрерывно то паровая машина должна употребляться без маховика конец ее должен быть с легким маховиком для уравнения только ходя машины. Машины обыкновенно ставят сдвоенные способные развивать от 300 до 400 сил.

Во большинстве прокатку бандажей кончают на отдельном станке и диски довольно бывают. Если все бандажи выходят невыправимыми, что часто случается при прокатке на станках с горизонтальными валками, то часто приходится еще править. Для этой цели употребляются станки предст. на табл. 22. фиг 12 На чугунной доске находятся сектор A, составляющий полную окружность, в отверстие находящееся в центре помещается конец B, который прикрепляется к штоку парового или гидравлического цилиндра расположенного под плитой. Бандажи надеваются на сектора и давлением конуса B они раздаются в стороны и придают бандажу правильную форму.

Для удобства того прокатать ли бандажи до надлежащей величины служит употребляемый прибор представленный на фиг. 13 В линейку банка укрепляется линейка a, на которой ходит подушка b и к ней прикреплена ножка d, опирающийся на внутреннюю поверхность бандажа. Подушку b двигают до ручку и прокатка продолжается до тех пор пока подушка не упрется в ведущий c

Описанным выше способом производится прокатка бандажей на Европейских заводах, но в последнее время американцем Мартоном был введен новый прием для приготовления бандажей. Мартон совершенно справедливо замечает, что обыкновенно

нятый способъ отливки цельныхъ болванокъ и потому приведенныя нами къ формѣ кольца при помощи молотка не имѣетъ себѣ никакого оправданія, такъ какъ спасть подъ столь сильными ударами молота-получается ослабленной на периферіи кольца съ большими внутренними напряженіями и часто даетъ трещины. Рекомендуется именно на самомъ бандажѣ, который въ дальнѣйшемъ будетъ подвергаться изнашиванію, является при такой обработкѣ наиболѣе слабой. Поэтому Мортонъ, приготовляя бандажи совѣтуетъ не употреблять ковки, а прямо отливать болванки въ видѣ кольца при чемъ болванки отливаются такой высоты, чтобы изъ нея вышло нѣсколько бандажей и кромѣ того необходимо было отрѣзать прибыль, содержащую въ себѣ весь соръ, попавшій въ сталь при отливкѣ. Такія кольцевыя болванки разрѣзаются на отдѣльные бандажи и прокатываются на особомъ станкѣ, который по своей универсальности, удобству работы и производительности превосходитъ всѣ до сихъ поръ существовавшіе.

Станокъ Мортона, построенный на извѣстномъ американскомъ заводѣ The Chicago Tire and Spiring Co Melrose Ill около Чикаго представленъ на таб. 26. Разрѣзываніе и прокатка отлитой болванки производится между валами A съ неподвижными подшипниками и передвигающимся валомъ B. Такъ какъ при прокаткѣ столь широкой болванки одни нижніе подшипники не въ состояніи удерживать валъ B_2, то на него сверху надѣвается еще хомутъ, который очень легко опускается къ верху при вкладываніи и выниманіи бандажей. Передвиженіе вала B производится при помощи гидравлическаго цилиндра C. Остановимъ теперь слѣдующимъ образомъ. Какъ болванка разрѣзается на части валками и какъ отъ нея отрѣзается прибыль ясно видно на отдѣльномъ чертежѣ. Фа-

ей отворота плана при помощи гидравлического цилиндра Е передвигается большой поршень ЖС. Въ этомъ поршнѣ помѣщаются горизонтальной болтъ 3, служащій для поддержки и облицовки нижней створки боковины; наклонный болтъ К (на чер. показанъ только его подгонникъ), служащій для облицовки боковины сверху и могущій подниматься и опускаться при помощи парового гидравлическаго цилиндра М; наконецъ 2 вертикальныхъ болта Л. Другіе 2 вертикальные болта Н находятся около главныхъ болтовъ. При помощи двухъ 4-хъ болтовъ Л и Н, одновременно сдвигающихся при помощи рычаговъ бандажи могутъ уменьшаться въ діаметрѣ. Если при отливкѣ въ боковинѣ окажется какая нибудь отдушина, то бандажи „сначала прокалываютъ до большаго діаметра этой надо, а потомъ четырьмя роликами его снова сдавливаютъ, при этомъ всѣ неровности отливки закатываются.

Поперечный станокъ имѣетъ громадные размѣры: его длина 80 футъ высота 44 фута ширина 21 футъ. Діаметры гидравлическихъ цилиндровъ С и М – 20". Гидравлическое давленіе можетъ подниматься до 5000 фунтовъ на кв. дюймъ.

Станокъ приводится въ движеніе двумя машинами компаунд, у которыхъ діаметръ малаго цилиндра 710 мм, большого 1195 мм. и общій ходъ 1220 мм. При нагнетаніи давленіи въ 100 фунт. и дѣлая 80 оборотовъ машины развиваютъ до 2000 силъ. Движеніе передается главному ~~кругу~~ 430 мм въ діам. на коническое насаженное зубчатое колесо 1800 мм. въ діам. и 500 мм. шириной зацѣпляющееся съ коническимъ 1800 мм. діам., насаженнымъ на валу 3 – 305 мм. діам. и дѣлающимъ 90 оборотовъ. Такое колесо сцѣпляется валу и коническимъ 2400 мм въ діам. сидящимъ на валу 340 мм. въ діам., дѣлающимъ 60 обор., а этотъ валъ черезъ коническія колеса передаетъ движеніе вала-

нему кварминному болку 415 мм. въ діаметрѣ. Станокъ имѣетъ раз-
рѣзать и прокатывать бандажи или другія кольца съ произволь-
нымъ поперечнымъ сѣченіемъ отъ 660 до 3500 м.м. въ діам. и отъ 50 до
1220 мм. высоты и 15 до 400 мм. толщины.

Такимъ образомъ преимущества способа Мортона состо-
ятъ въ томъ, что болваночныя кольца готовятся очень быстро, а по-
тому дешево.

Отлитыя болванки безъ подогрѣванія, пользуясь внутреннимъ
ихъ жаромъ разрѣзаются на отдѣльныя кольца, слѣдовательно со
сбереженіемъ расходовъ на топливо

Сталь не подвергается черезъ чуръ сильному дѣйствію паровыхъ
молотовъ и потому получается лучшаго качества.

Изъ одной болванки вырѣзаются нѣсколько бандажей и по-
тому бандажи гораздо получаются совершенно одинаковаго качества
что также очень важно для нѣкоторыхъ службъ.

Чтобы судить о производительности такого станка доста-
точно сказать, что въ одинъ часъ изъ него разрѣзается 14 болванокъ
на 42 бандажа и въ грубомъ видѣ прокатывается

Прокатка и волоченіе проволоки

Проволокой называются тонкіе цилиндрическіе или кругъ-
лые, квадратные или какіе-нибудь другіе фигурные поперечнаго сѣченія, имѣющіе въ діаметрѣ или сторонѣ менѣе 6 мм.

Проволока готовится изъ желѣза, стали, мѣди, ея сплавовъ
и др. металловъ. Наибольшее распространеніе имѣетъ желѣзная и сталь-
ная проволока для телеграфа, оградъ, гвоздей скобокъ и т.п. Въ послѣдне
время большое распространеніе получила также и химически чистая мѣдная
проволока для электрическихъ проводовъ.

Послѣдующее будетъ описываться главнымъ образомъ къ приготовле-

нію желѣзной и стальной проволоки.

Приготовленіе проволоки было извѣстно съ давнихъ временъ. Еще въ библіи упоминается, что за 1700 лѣтъ до Р. Х. при изготовленіи одежды Аарона золото расплющивалось въ тонкіе листы, изъ разрѣзались на нити, которыя шли для украшенія одежды. Въ Македонскомъ Археологическомъ музеѣ хранятся образцы желѣзной проволоки, приготовленной за 800 лѣтъ до Р. Х. Египетянами, но и эта проволока приготовлялась не такъ какъ теперь, а расплющивая металлъ въ тонкіе листы и разрѣзая ихъ. Въ Исторіи нѣмецкихъ городовъ Аугсбурга и Нюрнберга указывается на то, что въ 1336 году существовали особые мастера занимавшіеся приготовленіемъ проволоки и суда по ихъ названію drahtzieher, нужно полагать, что въ то время уже былъ изобрѣтенъ способъ волоченія, практикуемый и теперь.

До изобрѣтенія Кортомъ прокатнаго стана, тонкія полоски металла приготовлялись ковкой, затѣмъ такія полоски протягивались черезъ отверстія въ тѣхъ называемыхъ волочильныхъ доскахъ причемъ каждый разъ послѣ протаскиванія металла черезъ такое отверстіе поперечное сѣченіе его уменьшалось и если металлъ обладалъ достаточной вязкостью, что его удобно было вытянуть въ очень тонкую нить. Послѣ изобрѣтенія Кортомъ металлическихъ прутьевъ для волоченія стали приготовлять прокаткой. Начиная съ этого момента до настоящаго времени всѣ усилія заводчиковъ были направлены къ тому, чтобы при помощи прокатки получить возможно тонкую и возможно длинную проволоку.

Въ первое время прокатка проволоки производилась на обыкновенныхъ станкахъ съ гладкими валками, прутокъ металлическій пропускался черезъ послѣдовательныя ручьи то въ одну, то въ другую сторону. Валокъ, съ которой начиналась прокатка имѣлъ квадратное попере-

ной ширины около 40 мм. въ створѣ. Ручьи черезъ которые проходятъ металлы имѣютъ форму пред. на таб. 28 фиг. 9. Какъ видно ручьи идутъ середину квадратные и овальные. Такая форма ручьевъ какъ было уже сказано позволяетъ хорошо проминать металлъ и потомъ удерживать его качественно, а кромѣ того позволяетъ большое вытягиваніе металла, что весьма важно при прокаткѣ мелкихъ сортовъ. Такой способъ прокатки допускаетъ приготовленіе проволоки не толще 6 мм и сравнительно небольшой длины, не больше 20 метр., такъ какъ скорость прокатки была не велика и металлъ уже и при такой длинѣ ручьевъ значительно остывалъ. Все прокатное устройство состояло изъ трехъ станковъ, черезъ которые послѣдовательно и пропускалась полоса. Такое устройство вырабатывало въ сутки не болѣе трехъ тонъ проволоки 6 мм. толщины

Появленіе пирометра, показанія котораго служили основаніемъ для начала постройки высокихъ мостовъ вызвали большой спросъ на длинную стальную проволоку и побудили заводчиковъ искать способъ для удовлетворенія этимъ требованіямъ. Дѣйствительно въ 1862 году англичаниномъ Бедсономъ, директоромъ завода Bradford Iron Works Manchester былъ патентованъ и пущенъ станокъ для непрерывной прокатки проволоки. Устройство этого станка представлено на таб. 28, фиг. 1 и 2. Онъ состоитъ изъ 16 паръ валковъ одинъ впереди другого, причемъ оси ихъ попеременно ставятся горизонтально и вертикально. Полоса прямо изъ печи поступаетъ на первую пару валковъ и затѣмъ послѣдовательно черезъ всѣ остальные выходитъ изъ послѣдней пары въ видѣ проволоки. Валки приводятся въ движеніе при помощи конической зубчатой колеи и такой же вертикальной, но ширины много, какъ проволока утончалась должны были увеличиваться, то зубчатыя колеса насаженныя на валы

ными радиусами величины. Станок этот был построен для приготовления специально фасонной проволоки. Но пока на рынке имелось только сварочное железо, действие станка Бедсона было неудовлетворительно. Вследствие неоднородности, которую всегда представляет сварочное железо, невозможно было установить надлежащую относительную скорость валков. Несмотря на все старания Бедсона его станок не мог прокатывать более 10 ярдов в сутки: проволока очень часто рвалась, но все же длина цельных кусков проволоки получалась до 200 ярд. Усовершенствования Бедсона уже стали признаны неудовлетворяющими тогда как в 1870 г. было в употреблении мягкое железо. Первые же попытки прокатки его в проволоку на станке Бедсона показали, что новый материал, благодаря своей равномерности, как нельзя более подходит для подобной работы и поэтому несколько заводов главным образом в Америке стали усовершенствовать способ Бедсона и в настоящее время они дают блестящие результаты.

Вскоре после усовершенствования Бедсона в Германии и Бельгии появился способ подачи безпрерывной прокатки, но устроенный иначе. На таб. 28, фиг 3 и 4 представлен первоначальный вид подобного устройства. Несколько станков (6–7) стоявших рядом. Первый из них а представляет из себя болваночный станок и состоит из трех валков, в которых помещаются первые 6 ручьев (см. 28 фиг. 8) Остальные станки идут с двумя валками, причем в нижнем среднем и верхний валок, с среднем и нижний с средний и верхний и т. д. На место недостающих валков в станинах находятся такие винты, служащие для передачи движения. Прокатка на таких станках совершается следующим образом: болванка с квадратным поперечным сечением около 45 мм. в это-

рона пропускается через ручки болваночного станка вдоль и вперед в ряд, затем уже сравнительно тонкую полосу пускают во второй станок как только конец полосы покажется по другую сторону валков рабочей II схватывает его клещами и изгибая пускает обратно в первый станок спиралей а другой стороны рабочей I подхватывает полосу клещами и изгибая пускает опять во второй станок далее проволока идет как показано на чертеже стрелками и порядок ручьев нумерами.

Калибры все время идут чередуясь квадратные и овальные Только самый последний калибр имеет профиль, соответствующий очертанию сечения прокатываемой проволоки.

По выходе из последнего ручья конец проволоки прикрепляется к барабану (моталка) барабан приводится во вращение и проволока наматывается на него получается в виде т. наз. бунта

При таком способе прокатки относительная скорость валков на различных станках уже не играет такой важной роли как в прокатке по способу Бедсона, так как здесь некоторое несоответствие будет выражаться лишь в том, что образовавшиеся петли будут или увеличиваться или уменьшаться

Рабочий передающий проволоку из одного ручья в другой снимает петли и потому очевидно, что при некоторых случайностях, например, если предыдущий ручей почему либо задержит петлями, а последующий ручей будет продолжать его клеть, то различная петля может достигнуть рабочего и передаться его клетям. Для предупреждения этого на некоторых фасонных станках ставятся прочные металлические гильзы и рабочий, пропуская через них заготовку в следующий ручей должен перекинуть ее через этот столб, который и предохранит рабочего от опасности.

Втулка конечно должна быть настолько прочно установлена, чтобы напирающая вокруг нее проволока ленты не сминала стенка. В описанном устройстве все валки делают одинаковое число оборотов и потому скорость прокатки тоже во всех валках получается приблизительно одинаковая, но самый диаметр калибров был бы скорость прокатки постепенно увеличивать. При таком устройстве проволока скоро проходила бы через валки и не могла бы слишком сильно вытягиваться, а следовательно посредство бы на то, что длина прокатываемого куска металла была увеличена, а толщина уменьшена. Сообщение различной скорости всем валкам является целесообразным и сильно усложняет устройство. Поэтому стойки разбивают на группы и различные скорости дают отдельным группам. О

Одно из таких прокатных устройств, встречающихся на металлических заводах представлено на таб. 28 фиг. 5-7 Станки расположены в два ряда и каждая передняя пара валков имеет скорость несколько большую. Порядок прокатки указан пунктированной линией.

В Америке подразделение скоростей будет еще дальше на таб. 28 фиг. 8 представлено устройство по системе Гарретта весьма распространенное в Огайо-Американских соед. шт. Как видно большой станок приводится непосредственно от вала паровой машины, давшей вращение станки расположены в три ряда с возрастающими числом оборотов.

Как регулируют устройства валков с различными скоростями являлось значительное увеличение числа оборотов валков и связанная с этим необходимость зубчатой передачи, передачей ременной или канатной. В настоящее время сложно считать

установившимся правилом при постройке проволочных заводов принимать канатную или ременную передачу

Вследствіе большой скорости прокатки, доходящей до 7 миль для рабочих стало затруднительным ловить выходящій изъ стана конецъ проволоки и заводить его въ слѣдующую пару валковъ поэтому были изобрѣтены особыя приспособленія, автоматически переводящія проволоку изъ одного стана въ другой Одно изъ такихъ приспособленій представлено на таб. 28 фиг 9 Оно представляетъ изъ себя изогнутый чугунный желобъ, по которому и двигается проволока, направляясь къ слѣдующей парѣ валковъ Если станъ сильно увеличивается, то для него представляется возможнымъ вынести изъ желоба на полъ растянутый на полу, какъ показано пунктиромъ Внутренней поверхности желоба должна быть придана такая форма при которой проволока, переходя отъ одного рукоя къ другому, въ моментъ времени повертывалась бы на 90°. Для более правильнаго направленія проволоки въ рукоя передъ послѣдними ставятся особыя дирижирующія (таб. 27, фиг. 3) точно такіе же ставятся направляющія трубки для правильнаго выхода проволоки изъ рукоя. Безъ подобныхъ трубокъ проволока можетъ запутываться, наматываться на валокъ и причинять помѣхи.

Помимо того какъ увеличивалась скорость прокатки нужно было увеличивать скорость убирающихъ проволоку приборовъ-мотовилъ. Первоначально они приводились во вращеніе рукоятками далѣе ихъ стали двигать паровыми машинами, наконецъ скорость движенія проволоки увеличилась на столько, что сдѣлалось невозможнымъ прикрѣплять ее на ходу къ мотовилу и нужно было подобрать новую конструкцію при которой проволока автоматически захватывалась бы мотовилами на полномъ ходу и сворачивалась въ бухты.

проволоку, но сбережение въ кислотѣ получается очень большое. Такъ напр. при обыкновенномъ способѣ протравки на одну тонну проволоки тратилось около 18 кил. кислоты 66° по Боме, употребляя же подобный аппаратъ достаточно 6 кил.

Операція волоченія идетъ слѣдующимъ образомъ: протравленный и очищенный отъ окалины бунтъ подвѣшивается подъ особой приводный молотъ, который зажатою оттягиваетъ конецъ проволоки, затѣмъ бунтъ надѣвается на дѣвается на деревянный барабанъ, вращающійся на вертикальной оси, тонкій конецъ продѣвается черезъ отверстіе въ волочильной доскѣ, закрѣпляется къ тискамъ волочильнаго злока и послѣднему сообщается вращеніе.

Металлъ во время волоченія измѣняетъ свои физическія свойства: повышается коэффиціентъ крѣпости, но зато сильно увеличивается и хрупкость. Послѣ нѣсколькихъ пропусковъ черезъ волочильную доску, проволока становится столь хрупкой, что волочить ее дальше не представляется возможности. Тогда для возстановленія ея первоначальныхъ качествъ, т.е. мягкости и вязкости проволоку подвергаютъ отжигу.

При отжигѣ нужно особенно заботиться о томъ чтобы металлъ не подвергался окисленію, иначе при небольшихъ разницахъ поперечнаго сѣченія, проволока будетъ сильно измѣняться въ своемъ объемѣ. Въ этой цѣлью проволоку помѣщаютъ въ цилиндрическіе сосуды (таб. 27, фиг 9) изготовленные изъ чугуна или фарфора и закрывающіеся двойной крышкой. Для большей герметичности пространство между крышками закладывается асбестовыми шнурами и сверху крышки обмазываются глиной. Иногда для увеличенія поверхности нагрѣва и для уменьшенія внутренняго объема

горшка его дѣлаютъ изъ двухъ концентрическихъ цилиндровъ между которыми образуется кольцевое пространство, куда и помѣщаются витки проволоки.

Для нагрѣванія горшки съ проволокой ставятся въ посудную печь (отд. 27, фиг. 3) которая обыкновенно дѣлается ниже уровня пола и представляетъ изъ себя коническое углубленіе, подъ которымъ помѣщаются колосники. Послѣ того какъ горшки поставлены въ печь, ее закрываютъ крышкой и обмазываютъ глиной. Устройство топки аналогично съ печью представленной на таб. 9 фиг. 4 только газы изъ печи идутъ не вверхъ, а направляются въ бокъ и собираются въ общемъ боровѣ, существующемъ для нѣсколькихъ печей, стоящихъ рядомъ.

Отжигъ продолжается около 3—4 часовъ. Затѣмъ горшки вынимаются изъ печи и ставятся въ закрытыя ямы, гдѣ медленно охлаждаются.

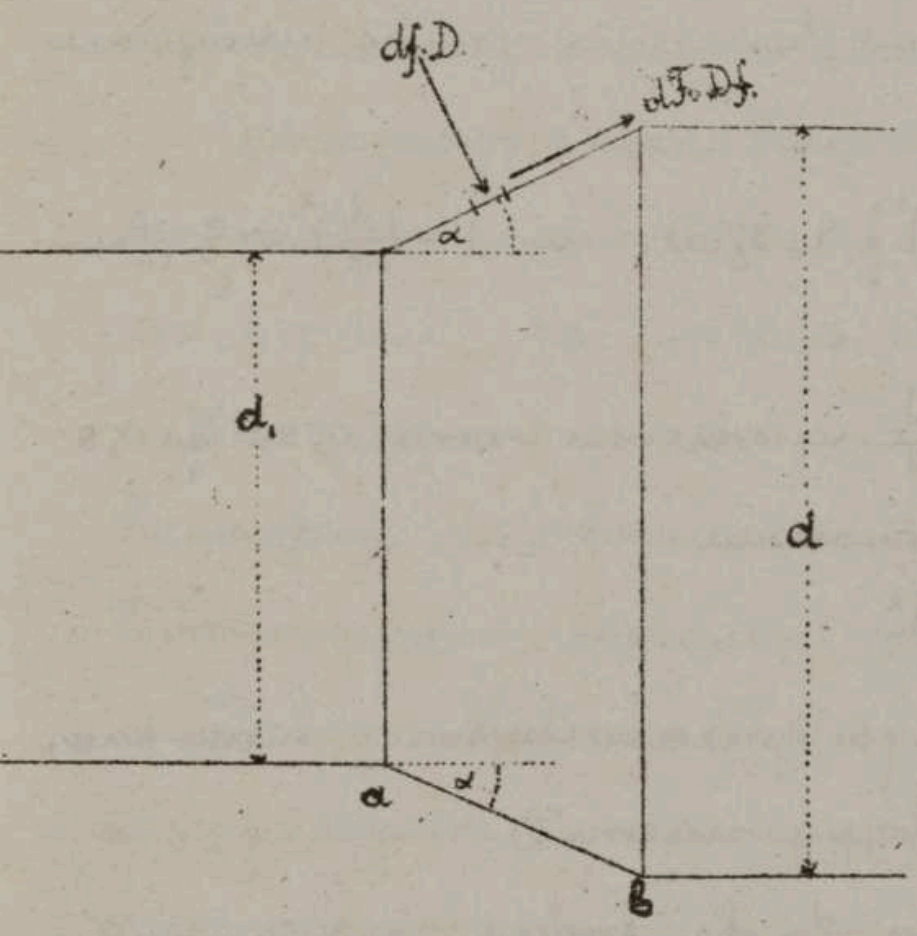
Число печей необходимое для отжига производимой на заводѣ проволоки зависитъ отъ матеріала, изъ котораго тянется проволока: при твердой сталяхъ приходится отжигать почти послѣ каждаго прохода черезъ волочильную доску, при болѣе мягкихъ сортахъ отжигъ производится послѣ нѣсколькихъ проходовъ. Въ среднемъ можно положить, что *на каждыя 2 тонны суточнаго производства* проволоки нужно имѣть одну печь приведеннаго на чертежѣ размѣра. При проектированіи слѣдуетъ всегда имѣть нѣкоторый запасъ и оставлять рядомъ съ наличными печами мѣсто, гдѣ бы можно было прибавить въ случаѣ надобности новую печь.

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія подобныхъ печей, какъ и вообще посудныхъ печей опредѣляется въ 0,03. Такъ что для отжига одной тонны стальной проволоки, полагая, что она будетъ нагрѣ-

банки до 1000°С потребуется около 500 кил. угля.

Послѣ полнаго охлажденія проволока вынимается изъ горшковъ очищается отъ окалины и снова пускается въ обработку.

Работа расходуемая при волоченіи проволоки можетъ быть опредѣлена слѣдующимъ образомъ: при волоченіи проволоки часть ея находящаяся между клещами и волочильною доской растягивается, часть же, проходящая черезъ волочильное отверстіе сдавливается, при чемъ въ послѣднемъ случаѣ матеріалъ на поверхности приводится въ пластическое состояніе и испытываетъ напряженіе соотвѣтствующее давленію въ точкѣ. Если черезъ d и d_1 назвать діаметр. проволоки до и послѣ волочильнаго отверстія, черезъ x напряженіе растянутой части черезъ D, давленіе на поверхности конуса волочильнаго отверстія, черезъ f коэффиц. тренія между проволокою и волочильной доской, то для равновѣсія должно существовать слѣдующее равенство:



черт 49.

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot x = \Sigma\, dF.D \sin\alpha + \Sigma\, dF.D f \cos\alpha \quad \ldots\ldots (1)$$

Замѣтимъ что $\Sigma\, dF$ = поверхности конуса и потому $\Sigma\, dF = \frac{d+d_1}{2} \pi . \frac{ab}{2} = \frac{d+d_1}{4} \pi . \frac{d-d_1}{\sin\alpha} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{d^2-d_1^2}{\sin\alpha}$ и подставляя эту величину въ равенство (1) получимъ:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} x = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2) . D (1 + f \operatorname{ctg}\alpha)$$

откуда

$$\frac{d}{d_1} = \sqrt{1 + \frac{x}{D} \cdot \frac{1}{1 + f \operatorname{ctg}\alpha}}$$

Для того, чтобы проволока при волоченіи не растягивалась и не рвалась необходимо, чтобы x не превосходилъ предѣла упругости, а потому полагая его для мягкого желѣза = 20 кил. и соотвѣтствующее D = 40

имеем. $f = 0,1$ и $\alpha = 15°$, получим

$$\frac{d}{d_1} = \sqrt{1 + 0,5 \frac{1}{1,37}} = 1,16$$

или $\frac{d}{d_1} = 0,86$

Это есть минимальная величина отношения $\frac{d_1}{d}$, при которой проволока проходя через волочильное отверстие не будет рваться. Но так как при волочении твердость металлов увеличивается то оказывается, что полученное отношение справедливо только для первого прохода, после же нескольких проходов, как показывает опыт отношение $\frac{d_1}{d}$ не должно быть менее 0,9

Установив таким образом возможное отношение $\frac{d_1}{d}$ для первого и последнего прохода, потребное для волочения усилие найдется из следующего равенства:

$P = \frac{\pi}{4}(d^2 - d_1^2)\cdot(1 + f\,ctg\alpha)\,D = \frac{\pi}{4}\cdot d^2\left(1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2\right)\cdot 1,37\,D$, но $1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2 = \xi$ (волочильная), поэтому $P = 1,088\,\xi\,d^2 D$

Так как возможное отношение $\frac{d_1}{d}$ меняется от 0,86 до 0,9 или ξ от 0,26 до 0,19, то для первого волочения

$$P = \text{от } 10,4\,d^2 \text{ — до } 17,26\,d^2$$

Для последующих волочений P будет уменьшаться, так как d^2 уменьшается гораздо быстрее чем возрастает D

Обыкновенно при волочении отношение $\frac{d_1}{d}$ во время сохраняет постоянную величину равную 0,9 и следовательно выгодно брать ξ равной 0,2

Вообще в среднем можно принимать усилие нужное для волочения равным

$$P = 17,26\,d^2$$

Если скорость волочения v, то работа волочения в секунд.

$$N = \frac{Pv}{75} = \frac{17,26\,d^2 v}{75} = 0,23\,d^2 v$$

Полная работа для действия волочильного станка, вводя коэф-

фрикціонъ полезнаго дѣйствія будетъ:

для блочнаго $\eta = 0,75$; $N_1 = 0,3\, d^2 v$

для цѣпнаго $\eta = 0,65$; $N_2 = 0,35\, d^2 v$

Такимъ образомъ найдемъ при

d	T	v	N_1	N_2
1 мм	17,26 кил	1,60 мет	0,5	0,56
2	68,00	0,80	1,0	1,13
3	155,00	0,53	1,5	1,17
6	620,00	0,27	3,0	3,40

Діаметръ блока волочильнаго станка увеличивается вмѣстѣ съ діаметромъ проволоки: для проволоки въ 1 мм. діаметръ доходитъ въ 250 – 350 мм при большей толщинѣ діаметръ доходитъ до 750 мм.

Для твердой стали: отношеніе $\frac{D}{d}$ берется 0,95 и тогда выгибъ = 0,1 напряженія въ 1,5 больше, чѣмъ для фосфора.

Для латунной проволоки $z = 0,10$ напряженіе 0,35 отъ напряженія фосфора

Заводъ Malmedie & Hiby въ Düsseldorf'ѣ строющій волочильные станки, приводитъ слѣдующія данныя для волоченія фосфорной проволоки*)

Діам. проволоки	діам. барабана	число оборотовъ	расходъ раб. въ маш. сил.	произв. станка въ сутки
0,6 – 1,0 мм	230 мм.	65 — 60	0,1	20 – 40 кил.
0,8 – 1,0	250	65 — 60	0,125	20 – 50
1,1 – 1,8	300	55 – 60	0,25	50 — 90
1,8 – 2,5	420	38 — 42	0,75	400–550
2,0 – 3,0	500	32 — 38	1,00	450–650
3,0 – 5,5	550	26 – 32	1,5	800 – 950
3,8 — 6,0	650	20 — 25	1,5	900 – 1000
3,8 — 7,0	700	18 – 20	2,0	1000 – 1500

*) Курсъ заводскихъ машинъ пр. Афонасьева – стр 734.

Проволока намагниваясь на бунты помещается въ изогнутомъ видѣ при нѣкоторыхъ же производствахъ, какъ напр. при вязаньи гвоздей, гдѣ проволока прямо изъ бунтовъ поступаетъ въ машину, нужно помнить ее въ распрямленномъ состояніи. Для этой цѣли между бунтомъ и машиной ставятся особые прямильные аппараты. Конструкція ихъ сходна съ приборомъ представленнымъ на таб. 29, фиг 9. назначеннымъ спеціально для очистки окалины, но подобный же приборъ можетъ служить и для прямленія. Такихъ приборовъ обыкновенно ставятъ два одинъ за другимъ при чемъ оси роликовъ располагаются въ двухъ перпендикулярныхъ плоскостяхъ. Проволока изгибаясь роликами въ различныя стороны теряетъ свою кривизну. Другой приборъ дѣйствующій еще лучше представленъ на таб. 29 фиг. 10. Онъ состоитъ изъ чугуннаго цилиндра, внутри котораго помѣщаются три пары винтовъ. Цилиндръ вращается на цапфахъ А при помощи ремня надѣтаго на шкивокъ В. Проволока проходитъ внутри цилиндра и при его вращеніи гнется средней парой винтовъ въ различныя стороны отчего и прямится. Цилиндръ дѣлаетъ до 3000 обор. въ мин.

Кромѣ этихъ механическихъ способовъ прямленія проволоки практикуется еще прямленіе при помощи отжига: бунтъ ставится на вращающійся барабанъ, проволока пропускается черезъ отдѣлительную печь и затѣмъ мотается при помощи пары вращающихся роликовъ. При проходѣ черезъ печь проволока должна испытывать довольно большое натяженіе. Изъ роликовъ проволока выходитъ совершенно прямая на столъ, гдѣ особымъ ножемъ разрѣзается на куски желаемой длины. Такой способъ прямленія проволоки съ большимъ успѣхомъ практикуется на заводѣ Griswold Bros., Troy, N. Y.

Для характеристики толщины проволоки существуютъ т. наз. шкалы, номеръ которыхъ и опредѣляетъ величину діаметра. Въ настоящее время пользуются нѣсколько такими различными

заводчиками, но наиболее распространенная изъ нихъ шкала принятая заводчиками Бирмингама, почему она и наз Бирмингамской. Она заключаетъ въ себѣ номера отъ №0000, соотвѣтствующаго толщинѣ 0,454 дюйма до №36, соотвѣтствующаго 0,004 дюйма. Послѣдовательныя переходы отъ одного номера къ другому идутъ безъ всякаго закона и вѣроятно для установленія этихъ номеровъ послужили соображенія относительно удобства волоченія проволоки въ 1875 г. предложена т. наз. международная шкала, принятая многими заводами Европы. Каждый номеръ такой шкалы представляетъ число десятыхъ миллиметра въ діаметрѣ проволоки. Такъ напр. проволока толщиной 3,6м будетъ №35. Если въ размѣръ діаметра входятъ и сотыя доли миллиметра, то они ставятся въ знаменатель номера. Напр. проволока толщиной 1,76 мм. будетъ имѣть №$\frac{17}{6}$. Шкала эта наиболѣе удобна и можно только пожелать, чтобъ она нашла себѣ большее распространеніе.

Для опредѣленія номера проволоки существуютъ калибры или форму кружковъ или прямоугольныхъ пластинокъ, у которыхъ по периферіи находятся прорѣзы по радіусамъ соотвѣтствующіе различнымъ номерамъ. Вкладывая проволоку въ эти прорѣзы можно узнать къ какому номеру она ближе всего подходитъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ для предохраненія проволоки отъ ржавчины ее покрываютъ цинкомъ... Для этого проволоку послѣ волоченія пропитываютъ чѣр... отфосфористымъ цинкомъ, затѣмъ пропускаютъ черезъ сосудъ съ слабымъ раствором соляной кислоты которая очищаетъ поверхность проволоки отъ окисловъ и наконецъ пропускаютъ проволоку черезъ сосудъ съ расплавленнымъ цинкомъ, откуда она уже выходитъ гальванизированной и сматывается въ бунты.

Если требуется закалить проволоку, то ее опускаютъ медленно

раскаленными щипцами съ фсмобками, гдѣ она нагрѣвается, а затѣмъ между такими же щипцами неохлажденными. Охлажденіе производится при помощи струи воды. Для окончательнаго охлажденія проволока проводится черезъ сосудъ съ водой или, если закалъ требуется не сильный, черезъ легкоплавкій сплавъ. Такимъ образомъ напр. закаливаются стальныя струны. Приготовленіе мѣдной проволоки производится аналогично съ фсмзной. При волоченіи мѣдь почти не измѣняетъ своихъ качествъ и поэтому ее отжигать не приходится

При изготовленіи латунной проволоки прокатные станковъ почти не приходится: отлитыя болванки сначала обрабатываются на клецевыхъ станкахъ, до толщины въ 10 мм., а потомъ поступаютъ на волочный станокъ. Послѣ нѣсколькихъ волоченій, смотря по сплаву приходится проволоку отжигать. Послѣ волоченія проволока помѣщается въ разбавленную сѣрную кислоту (1 часть кислоты на 20 час. воды) и затѣмъ кипятится въ растворѣ винного камня и выглушивается. Если пропустить такую мягкую проволоку черезъ волочильное отверстіе съ острыми краями, то она получаетъ красивый цвѣтъ и блескъ.

Приготовленіе трубъ

Металлическія трубы приготовляются при помощи четырехъ различныхъ способовъ: прокатки, волоченія штампованія и прессованія

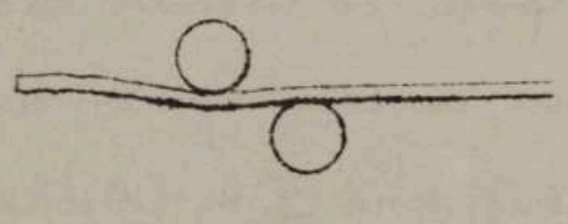
При помощи прокатки приготовляются главнымъ образомъ фсмзныя трубы съ продольнымъ сварочнымъ швомъ. Въ большинствѣ эти трубы имѣютъ круглое сѣченіе но иногда имъ придаютъ квадратную и другую форму. Операція состоитъ въ томъ, что фсмзо разрѣзается на полосы по радиусамъ соотвѣтствующія величинѣ трубы затѣмъ эта полоса нагрѣтая въ печи, пропускается черезъ ряд валковъ, которые послѣдовательно изгибаютъ ее, какъ показано на таб. 30, фиг 1а (Средняя въ трубку полоса поступаетъ снова въ

печь, где нагреваются до сварочного жара и затем пропускаются между валками. Прокатный станок имеет обыкновенную конструкцию с тою только разницею, что в средину ручья помещается особая оправка (фиг. 6) по толщине соответствующая внутреннему диаметру трубы. Труба надевается валками на оправку прилегающая к ней и таким образом сваривается. Затем трубу пропускают еще через несколько уменьшающийся ручей, при чем диаметр внутренней оправки сохранен уменьшается или оправка без перемены, смотря по тому желают ли только уменьшить диаметр трубы или утолщить стенки. Окончательный точный размер и вытяжность трубы придается протягивая ее через волочильную доску. Полученная описанным способом труба будет иметь гладкий сваренный в стык, который оказывается не особенно прочным и потому подобные трубы могут употребляться в тех случаях, где они испытывают не особенно большое внутреннее давление (газовые проводы)

Гораздо большей прочностью обладают трубы со швом сваренным в накладку. Для примера можно привести способ приготовления подобных труб на немецком заводе J. P. Piedbœuf and C° в Обехавк около Дюссельдорфа. Трубы на этом заводе приготовляются длиной от 5 до 6 саж. Железные полосы получаются из прокатной мастерской по ширине достаточной для прокатки двух труб небольшого диаметра и потому их прежде всего нужно разрезать. Разрезание производится протяжкой между двумя вращающимися острыми дисками, поставленными относительно друг друга, как видно у ножниц (круглых ножниц) Разрезанные полосы поступают на строгальную машину, где у них обстрагиваются кромки, придавая им уклон такой чтобы по наложении друг на друга при свариваніи, толщина стенки трубы получалась одинаковая по всей окружности. Со строгальной машины полосы поступают в печь, где

нагревается только головка на длину 200 мм и может конец трубы свертываться в кружок. Затем конец снова вставляется в печь нагревается в ней до каления конец его вынимают наклонно подобный крючку большому. Длинно изогнутой формы на ней имеется трубная воронка назначение которой имеет сходство представленную на таб. 30 фиг 5. Рабочий закручивает конец полосы вставляемой в дно отверстия, надавливая клещами и трубу проталкивает через воронку, так показано на фиг 4. Затем трубу начинают в печь, нагревается до сварочного жара и пропускается через валки описанной конструкции. Валки от самой печи, для этого конец трубы по надлежности клещами захватывают. Пропущенная труба возвращается снова в печь, нагревается вторично пропускается через валки, при этом направляет прокатки уменьшается. Скорость прокатки от 5 до 6 мет. в сек. Затем сваривают трубы до 125 мм. в диам. протаскивают через волочильную доску и получают точный калибр и гладкую поверхность. Затем трубы фальцуют

черт. 50.



вилкой. Для этого нагревают 2 ролика расположенные один над другим и один немного впереди другого, труба закладывается между этими роликами и ими сжимается не велико, что нравится изгибая прямо руками, если все трубы большого диаметра или с тонкими стенками, то их гнут винтовым прессом. Последняя операция заключается в обрезании концов трубы на особом трубообрезном станке.

Для того, чтобы получить трубу совершенно без швов отливают болванки с отверстием внутри, такая болванка надевается на оправку и вместе с ней прокатывается, при этом болванка удлиняется и утончается, в результате получается трубка надетая на оправку. Для

пока, чтобы отрезку валка было вырезано изъ трубы и имѣлось отверстіе коническое.

Прокатываніе описанной заготовки большею частью производится очень удовлетворительно, такъ какъ при большихъ отношеніяхъ берется очень много времени, да кромѣ того и толщина стѣнокъ получается не особенно равномѣрная. Въ виду этого недавно стали употреблять для прокатыванія заготовокъ усовершенствованный Робертсономъ изъ Глазго

По способу Робертсона цилиндрическая болванка помѣщается въ особый станокъ (табл. 30, фиг. 2) внутри вертикальнаго цилиндра d, составленнаго изъ двухъ половинъ. Къ болванкѣ подводится шпиндель B, который направляется гидравлическимъ прессомъ и къ тому время вращается при помощи вилообразной передачи. Форма отверстія B измѣняется сообразно съ прогрессіей и температурой металла, изъ котораго прокатывается труба. Напримѣръ, показанный на фиг. 3 слегка конусъ имѣетъ форму такова, что онъ легко раздвигаетъ въ стороны и быстро проникаетъ во внутрь его. При касаніи помѣщенія на его поверхности слабый толчокъ и для проведенія холоднаго или раскаленнаго металла, если онъ прокатывается въ холодномъ состояніи. Шпиндель при вращеніи имѣетъ скорость на окружности около 75 мм въ сек. при прокаткѣ холодныхъ металловъ и сплавовъ, и около 10 мет. въ сек. когда продавливается сталь или иное вещество въ горячемъ состояніи. Поступательная скорость шпинделя около 1,8 мет. Полученныя такимъ образомъ трубки затѣмъ прокатываются или протягиваются черезъ волочильную доску.

Значительно оригинальный способъ прокатки трубъ предложенъ братьями Фейнгардомъ и Максомъ Манесманнъ. По ихъ способу удлиненная болванка пропускается между двумя конусами (фиг. 7 табл. 30) ось которыхъ слегка наклонены другъ относительно друга и нѣсколько въ двухъ параллельныхъ

плоскостях. Поверхности конусовъ слегка борозчатыя. При своемъ вращеніи въ одну сторону конусы сообщаютъ проходящей между ними полосѣ вращательное движеніе и въ тоже время, вслѣдствіе наклона ихъ осей даютъ ей поступательное движеніе по направленію ея оси. Такъ какъ, по мѣрѣ движенія полосы отъ вершинъ конусовъ къ ихъ основанію, она встрѣчаетъ все большія скорости на поверхности конусовъ, то металлъ скручивается и вытягивается въ продольномъ направленіи. Это скручиваніе и вытягиваніе, вызываемое тангенціальными силами тренія конусовъ, происходитъ главнымъ образомъ на поверхности вслѣдствіе того внѣшній слой полосы какъ бы сдвигается по винтовой линіи и выходитъ изъ конусовъ въ видѣ трубы.

Если наблюдать эти деформаціи, которыя происходятъ внутри прокатываемой полосы, то замѣчается, что полоса входя въ пространство между конусами, сформируется поперечными и ея поперечное сѣченіе принимаетъ овальную форму (таб. 30 фиг. 9) при этомъ вслѣдствіе сдвига производимаго вращающимися въ разныя стороны поверхностями конусовъ, металлъ около центра даетъ небольшую трещину, у которой большее измѣреніе параллельно ея направленію скоростей конусовъ въ точкѣ соприкосновенія съ полосой. При вращеніи полосы щель пересѣкаясь внутри ея, образуетъ около центра полость сначала въ поперечномъ, покрытую маленькими трещинами (сѣченіе по cd), далѣе при дальнѣйшемъ сдвигѣ верхняго слоя, внутренняя полость расширяется и всѣ трещины на ея поверхности уничтожаются (сѣченіе по ef) По выходѣ полосы изъ конусовъ она оказывается не вся превращенной въ трубу: задній конецъ ея на нѣкоторой длинѣ остается въ видѣ сплошнаго куска (таб. 30, фиг. 10). Для того чтобы полосу превратить въ трубу по всей длинѣ необходимо передъ ней помѣстить оправку (таб. 30, фиг. 8) которая обыкновенно вращается вмѣстѣ съ трубой. Если наконечнику оправки придать соотвѣтственные размѣры, то ей удобно воспол-

дователя также и для того, чтобы увеличить діаметръ прокатываемой трубы. Какъ показываетъ фиг. 8 діаметръ выходящей изъ конусовъ трубы гораздо больше, чѣмъ діаметръ самой полосы. Для сообщенія трубѣ гладкой поверхности къ рифленнымъ конусамъ присоединяются еще обратные гладкіе конусы.

Въ послѣднее время на заводѣ Маннесмановъ конусы замѣнены грибовидными дисками, которые оказываются болѣе удобными при работѣ (таб. 30, фиг. 11). Если желаютъ прокатить трубу съ очень тонкими стѣнками и съ большимъ уменьшеніемъ діаметра, то предварительно полость подготовляется при помощи двухъ дисковъ (таб. 30, фиг. 12) затѣмъ узкое умѣреніе получается грибовидными дисками и оправкой. Нужно замѣтить, что оси обоихъ паръ дисковъ не перекашиваются между собой (таб. 30, фиг. 13).

Начиная прокатку не съ конца, а нѣсколько отступя и ведя ее безъ оправки можно получить трубу съ закрытыми краями (фиг. 14) точно также измѣняя поверхность дисковъ возможно прокатывать не трубы не только съ круглымъ поперечнымъ сѣченіемъ, но также и съ другими очертаніями периметра.

Трубы Маннесмана вслѣдствіе того, что волокна стали прокатки располагаются по винтовой линіи, оказываютъ гораздо большее сопротивленіе внутреннему давленію, чѣмъ трубы полученныя обыкновеннымъ способомъ, у которыхъ волокна располагаются параллельно оси. Но стоимость производства трубъ по способу Маннесмана пока еще оказывается гораздо выше всѣхъ извѣстныхъ способовъ, познакомку съ которыми время нельзя сказать на сколько этотъ способъ получитъ распространеніе въ будущемъ.

Волоченіе трубъ производится на станкахъ подобныхъ представленному на таб. 30, фиг. 1 конструкція котораго принадлежитъ Бер-

машину Фролтову, изъ Данцига. Какъ видно станокъ состоитъ изъ головки А, съ коническимъ отверстіемъ, въ которое помѣщаются различныя планки В, по величинѣ соотвѣтствующія діаметру приготовляемой трубы. Отъ волочильной головки идутъ два винта С, приводящіе въ движеніе тиски Е. Съ другого конца станка находится головка въ которой закрѣпляется оправка Г. Работа на такомъ станкѣ идетъ слѣдующимъ образомъ: оправка выдвигается вплотно, труба съ нѣсколько утонченнымъ концомъ продѣвается черезъ волочильное отверстіе, зажимается въ тиски, послѣ чего оправка вдвигается въ трубу и, подходя близко къ волочильному отверстію, не позволяетъ сминаться трубѣ во время волоченія. Вслѣдъ за этимъ винтами сообщается движеніе и труба протаскивается черезъ отверстіе уменьшаясь при этомъ въ діаметрѣ. Форма сѣченія трубы зависитъ конечно отъ формы волочильнаго отверстія и потому имѣя планки В и стержень оправку Г, можно по произволу получать трубы съ круглымъ, квадратнымъ или какимъ либо другимъ сѣченіемъ. Гайка К служитъ для установки оправки. Конструкція планокъ В такъ, чтобы ихъ можно было не много раздвигать и перемѣняя при этомъ оправку возможно протянуть трубу самаго коническаго съ поверхности. Такъ напр. приготовляются ружейные стволы.

На подобныхъ станкахъ протягиваются трубы приготовленныя какъ уже было сказано сваркою изъ полосы или отливкой. Трубы изъ стали мѣди и другихъ сплавовъ приготовляются загибая прямо взятую полосу на дѣревянной оправкѣ и сплющивая швъ и затѣмъ на тѣхъ же оправкахъ ихъ протягиваютъ черезъ волочильныя доски для сообщенія имъ правильной формы и гладкой поверхности.

Можно также трубы изъ литыхъ сплавовъ отливать въ видѣ пустотѣлыхъ болванокъ съ очень тонкими стѣнками залитыхъ на оправ-

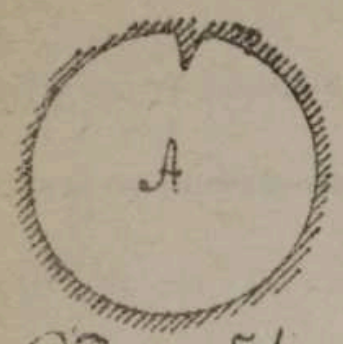
ть постепенно протягиваются в трубки уменьшающихся размеров. Подобные трубы вследствіе отсутствія спаечнаго шва имѣютъ преимущество передъ приготовленными изъ листовъ.

Чтобы получить возможно плотный матеріалъ при отливкѣ бо-вленой изъ сплавовъ легче золота полезно расплавленный металлъ форму безъ стержня и вставлять его уже послѣ того, какъ форма налита.

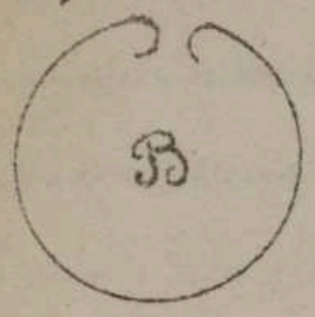
При изготовленіи очень тонкихъ трубокъ изъ золота серебра или другихъ сплавовъ для цѣпочекъ и т. п. украшеній такіе листы металла разрѣзаютъ на полоски, края ихъ обравниваютъ и затѣмъ при помощи удара молотка или слабаго въ щелевой в которой вкладываетъ-ся тонкая проволока, обмазанная воскомъ и трубочка обжимается вокругъ нея. Изъ нѣсколькихъ такихъ полосокъ составляютъ трубочки черезъ волочильное отверстіе. Затѣмъ ихъ слѣдуетъ нагрѣвать чтобы расплавить воскъ послѣ чего проволоку можно вытащить.

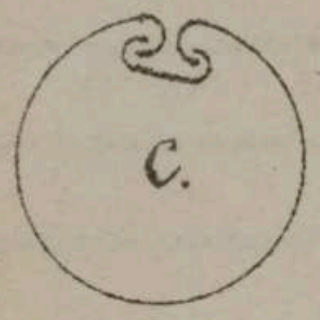
Подобныя трубочки можно приготовить и безъ проволоки протя-кая полоски металла черезъ послѣдовательно уменьшающіяся отвер-стія волочильной доски, при чемъ полоски постепенно свертываются въ трубку, но при этомъ способѣ нельзя получить трубокъ столь равномѣр-ныхъ по толщинѣ, какъ вышеописаннымъ способомъ. Для ускоренія ра-боты можно ставить нѣсколько волочильныхъ досокъ одна за другою.

Для нѣкоторыхъ работъ трубки приготовляютъ такъ что онѣ оказываются нѣсколько открытыми, это бываетъ нужно въ тѣхъ случа-яхъ когда трубки употребляются какъ окруженные бортики для унич-тоженія острыхъ краевъ, напр. въ металлической посудѣ. Тогда такой листъ заводятъ во внутрь трубки. Въ такихъ трубкахъ однако-вую плотность цѣли возможно ровную и эта ровность достигается тѣмъ что въ волочильномъ отверстіи движется одинъ, соприкасаясь и по-



Фиг. 51.





торцы, кромки при проводе трубки через отверстие и выправляются. фиг. 51 А

При изготовлении тонких труб большого диаметра этому делу дают такую форму, чтобы они захватывали сплющенную кромку во внутрь трубы фиг. 51 В. Для замыкания подобной трубы применяется полоска, тоже с загнутыми краями, которая вдвигается вдоль всей трубы и служит замком. Для окончательного закрытия труба с напаянной планкой протягивается через конусное отверстие с оправкой внутри, при этом замок плотно защемляется (фиг. 51, С) Таким образом получается цельная труба без спаянного или сваренного шва.

В тех случаях, когда желают трубу или цельный пруг какого-нибудь металла покрыть тонким слоем другого металла то тогда тонкая трубка из накладного металла надувается на предназначенный для покрытия стержень и все вместе протягивается через конусную доску. При этом внешняя трубка утончается и плотно прилегает к внутреннему стержню. Точно также приготовляются тонкие легкие трубки, годные наприм. для ручек зонтиков, но в этом случае железная или из какого-нибудь другого металла трубка надувается на деревянный стержень и протягивается, в результате получается тонкая металлическая оболочка с деревянным стержнем внутри, предохраняющим ее от смятия.

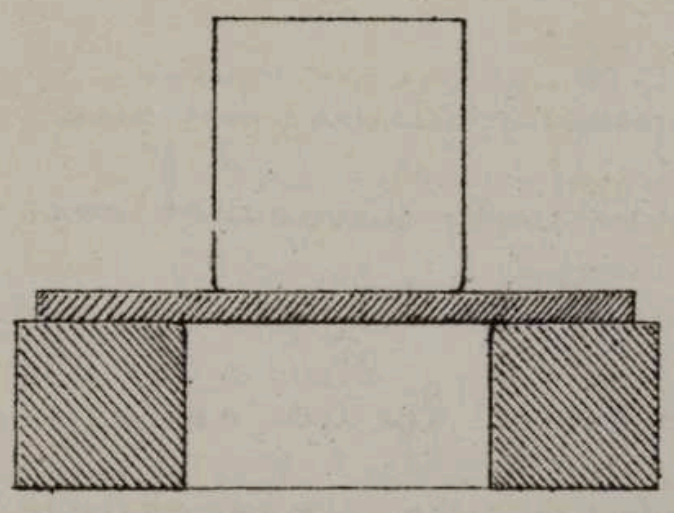
Различные фигурные трубочки служащие как ручки для перьев, карандаши и т. п. приготовляются тоже подобным образом протягивая грубо приготовленную надутую на деревянный покрытый стержень трубки через фигурное отверстие в конусной доске.

Если при волочении волочильному отверстію сообщить вращеніе, то в результатѣ получится спиральная поверхность, часто встрѣчаемая в подобныхъ предметахъ.

Желая получить коническую трубку берутъ коническую оправку, а въ отверстіе волочильной доски вставляютъ втулку изъ какого нибудь мягкаго сплава, напр. свинецъ съ 15% антимонія при протягиваніи через такую втулку трубки сидящей на конической оправкѣ, сама втулка срабатывается и такимъ образомъ постепенно расширяясь сообщаетъ коническую поверхность трубкѣ. Конечно такимъ способомъ могутъ приготовляться только очень тонкія трубки и изъ сравнительно мягкаго металла

Штамповка трубъ Этимъ способомъ приготовляются трубы обыкновенно не большой длины съ относительно большимъ діаметромъ иногда глухія съ одного конца. Для этого круглый металлическій листъ кладется на штампъ или матрицу съ круглымъ отверстіемъ и

фиг. 51



накрывается сверху стержнемъ (фиг. 51) При этомъ металлъ продавливается въ отверстіе въ матрицѣ и вытягивается въ трубу или цилиндрическій сосудъ. Какъ видно изъ вышесказаннаго, процессъ штамповки аналогиченъ съ волоченіемъ трубъ: здѣсь штампъ замѣняетъ собой волочильную доску, давящій стержень — оправку и разница состоитъ въ томъ, что при волоченіи трубу тянутъ при штамповкѣ ее проталкиваютъ.

Этотъ способъ примѣняется для приготовленія такихъ трубокъ какія употребляются въ манометрахъ. Мѣдный или латунный кругъ лекъ штампуется въ трубку, затѣмъ пропускаясь черезъ валки спиюнивается изгибается въ видѣ дуги и если модель закалена, для сообще-

ния ему упругости (фиг. 52). Подобными же образом вытягиваются трубки для патрон, папиросы и т. п.

фиг. 52



Кроме мелких предметов прессованием штамповки изготовляются и очень крупные трубы из стали и фенита. Пресс констр. въ Бирмингаме на заводе Сименса Волькера (Walker) имеется гидравлический пресс для штамповки, очень большихъ размеровъ. Надъ чугунной матрицей расположенъ вертикальный гидравлический цилиндръ діам. въ 610 мм. для выдавливанія и два гидравлическихъ цилиндра въ 215 мм. діам. для поднятія цилиндра вверхъ. Ходъ стержня 4 мет. Давящая сила по направленію къ низу получается въ 1300 тонн. Сила тяги къ верху въ 300 тонн. Столь значительная сила нужна для того, чтобы можно было вытащить стержень изъ трубы. При помощи такого пресса изъ круглаго стальнаго диска діаметр. въ 1000 мм. и толщиной въ 100 мм. штампуются трубы 1000 мм. длиной, 300 мм. въ діаметрѣ и съ равномѣрной толщиной стѣнокъ около 25 мм.

Что касается до приготовленія трубъ прессованіемъ, то этотъ способъ примѣняется только для такихъ пластичныхъ металловъ какъ свинецъ. Въ чемъ состоитъ этотъ способъ было упомянуто на стр. 181. Здѣсь можно только добавить, что въ прежнее время свинцовыя трубы приготовлялись волоченіемъ, но съ введеніемъ прессованія старый способъ почти оставленъ, такъ какъ при волоченіи трубы получаются менѣе плотныя, чѣмъ при прессовкѣ.

Описанными выше способами приготовляются трубы сравнительно небольшихъ размѣровъ до 300 мм. въ діам. Болѣе же крупные размѣры трубъ получаются при помощи ручной сварки, т. е. металлическіе листы согнутые на вальцахъ въ трубу нагрѣваются около стыка въ горнѣ до сварочнаго жара, затѣмъ труба надѣвается на цилиндръ и швъ сваривается

подъ легкими ударами кузнечныхъ молотковъ. Каждый разъ нагрѣваніе производится на длину около 400 мм.

На многихъ заводахъ для сварки имѣются механическія приспособленія такъ напр. на заводѣ Continental Iron Works, Brooklyn, N.Y. сварка производится слѣдующимъ способомъ: труба ставится на столъ B (таб. 29 фиг. 11) который движется по цилиндрической колоннѣ A при помощи гидравлическаго цилиндра E. Въ верхней части этой колонны закрѣпленa головка съ роликомъ. Около стола помѣщается другая стойка съ гидравлическимъ цилиндромъ C, на плунжерѣ котораго укрѣпленъ другой роликъ. Закрѣпленная на столѣ труба нагрѣвается при помощи горѣлокъ свѣтильнаго или воднаго газа (таб. 3, фиг. 12), расположенныхъ сейчасъ же надъ роликами. Шовъ нагрѣвается до сварочнаго жара на протяженіи около 200 мм. Затѣмъ столъ начинаютъ опускать вверхъ и внизъ, при этомъ шовъ сдавливается роликомъ C совершенно равномѣрно сваривается и закаливается. Ролики сдѣланы сообразно кривизнѣ трубки и соотвѣтствуютъ внѣшнему и внутреннему очертанію ея (таб. 29 фиг. 12). Само собою разумѣется, что подобный способъ имѣетъ всѣ преимущества передъ ручной сваркой.

Можно еще упомянуть о способѣ сварки трубъ въ которыхъ швы загибаются по винтовой линіи (таб. 29 фиг 13). Для сворачиванія подобныхъ трубъ существуетъ особыя машины. Конструкція ихъ описана въ Engineering'ѣ 1888 г. vol XLV стр. 475. Трубы эти обладаютъ сравнительно большей крѣпостью, но пока изготовляются только одними заводами Spiral Weld Tube Works и J.

Иногда трубамъ для большей сопротивляемости внѣшнимъ давленіямъ сообщаются волнистая поверхности. Для этого существуетъ много различныхъ способовъ. На заводѣ Continental Iron Works - волнообразная поверхность получается при помощи прокатки въ вертикальныхъ прокатныхъ станкахъ подобныхъ станкамъ для бондарей. Труба нагрѣва-

ется въ вертикальной цилиндрической печи (таб. 9 фиг. 1) и затѣмъ переносится на станокъ валки котораго имѣютъ волнообразную поверхность. Прутъ, сформированный между вращающимися валками, принимаетъ ихъ поверхность.

На петербургскомъ металлическомъ заводѣ не имѣется прокатнаго устройства и волнообразная поверхность получается штамповкой металла въ штампахъ подъ гидравлическимъ прессомъ и затѣмъ уже такія полосы гнутся и свариваются.

Холодная прокатка

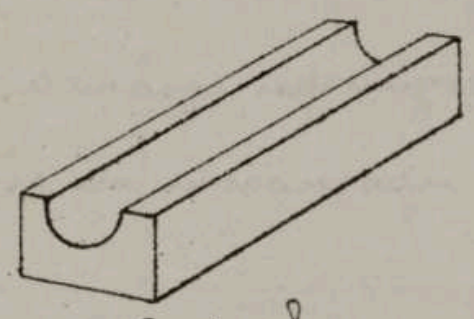
Въ нѣкоторыхъ случаяхъ желая придать металлу гладкую поверхность и точные размѣры прокатываютъ его въ холодномъ состояніи. Нѣкоторые особенно хрупкіе металлы какъ напр. чугунъ должны все время обрабатываться въ холодномъ состояніи и въ этомъ отношеніи прокатка ихъ не представляетъ ничего особеннаго. Такіе же металлы какъ желѣзо допускаютъ холодную обработку только при окончательномъ придачѣ имъ формы, слѣдовательно подъ условіемъ, чтобы матеріалъ не особенно деформировался и это, даже и при такомъ условіи, необходимо выбирать желѣзо самаго лучшаго качества, иначе послѣ обработки оно получится слишкомъ хрупкимъ.

Способъ холодной прокатки примѣняется въ большихъ размѣрахъ въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ Америки. Впервые подобная прокатка желѣза была введена на заводѣ Johnes and Laughlins въ Питсбургѣ, который и до сихъ поръ славится въ этомъ отношеніи.

Самый процессъ прокатки почти не отличается отъ способовъ описанныхъ выше. Прокатные станки употребляются обыкновенной конструкціи съ валками отъ 300 до 450 мм. въ діаметрѣ. Валки должны быть непремѣнно закалены и поверхность ручьевъ должна быть совершенно гладко отшлифована. Всякая незначительная зазубрина сейчасъ же въ большомъ размѣрѣ сказывается на прокатываемой вещи. Сдѣланіе металла

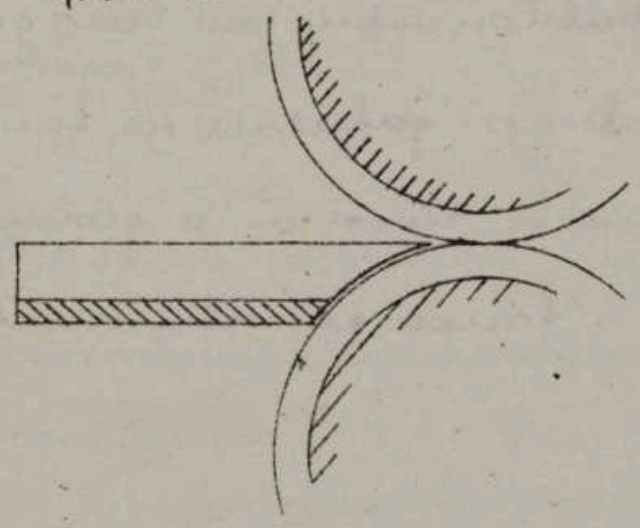
производится сравнительно небольшое, т. напр. вал диаметр. въ 75 мм. сбрасывается всего на 3 мм. При этомъ, чтобы получить такую незначительную выточку, онъ проходитъ черезъ калибры 50 разъ (Число калибровъ меньше но полоса въ одинъ и тотъ же калибръ проходитъ поворачиваясь нѣсколько разъ. Время прокатки вала длиной 6500 мм. и толщ. отъ 22 мм. до 90 мм. измѣняется отъ 10 до 25 минутъ. Прокатка совершается въ обѣ стороны. Передъ каждымъ ручьемъ для болѣе правильнаго направленія ставится бронзовый дѣлитель (фиг 53)

фиг 53



Валы послѣ прокатки получаются съ блестящей гладкой поверхностью и всѣ размѣры прокатываются съ точностью до 0,002 дюйма. Дальнѣйшей обработки подобные валы не требуютъ. Нужно замѣтить, что на поверхности металлъ получается въ болѣе напряженномъ состояніи, чѣмъ въ серединѣ и потому при прорѣзаніи шпонки, когда удаляется часть верхняго слоя валъ непремѣнно кривится. На заводѣ имѣются особыя правильныя станки, на которыхъ валъ сейчасъ же снова выправляется. Затѣмъ все на заводѣ производится и обрѣзка концовъ вала. Специальные обрѣзные станки производятъ эту работу очень быстро, такъ что напр. валъ діаметр. въ 75 мм. обрѣзается въ 3,5 минуты (фиг 54)

фиг 54



Кромѣ валовъ на заводѣ съ такой же точностью прокатываются и квадратное прямоугольное и другіе простые сорта желѣза, идущіе для шпонокъ и т. п. издѣлій

Какимъ образомъ измѣняются при холодной прокаткѣ свойства металла было указано на стр 82

(продолженіе)

Определение прочных размеров прокатных станков

Главными действующими силами в прокатном станке являются давления металла на валки, вследствие чего в отдельных частях станка и проявляются различные напряжения. Но как было указано, эти усилия являются пока очень неопределенной величиной и потому не могут служить основанием для расчета прочных размеров станка. Между тем многолетняя практика выработала для поковок деталей вполне надежные, отвечающие данной цели размеры. Принимая такую деталь, как бы за разложенную все основные размеры станка могут быть легко определены, под условием равенства их прочности по отношению ко всей детали.

За основную для разбивки деталь в прокатных станках удобнее всего принять *диаметры валков*, которые по своим размерам не зависят от конструкции и других относительных размеров станка, а прямо соответствуют величине давления. Поэтому в следующем за данным величину будем принимать диаметр шипов d и их длину l

Определение диаметра валков Если валки гладкие, то можно считать, что давление на них распределено равномерно по всей длине и нагрузка на шип P будет равна половине давления на валок Q

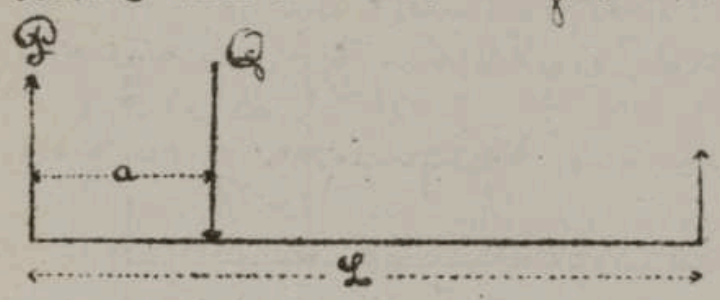
Обозначая разстояние между серединами шипов через L а диаметр валка через D, Уравнения прочности для шипа и валка соответственно будут $\frac{Qf}{4} = 0,1\, d^3 B$; $\frac{Q(L+l)}{8} = 0,1\, D^3 B$

деля одно ур-ие на другое найдем

$$D = d\sqrt[3]{\frac{L+l}{l}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

В случае калиброванных валков давление на валок при пропуске в различных ручьях прикладывается в различных точках по длине валка и в зависимости от этого изменяется давление на шипы и

ломающий момент самого вала. Если расстояние между серединами плитов назовем через $\mathcal{L}$, а расстояние от середины плита до ближайшей руки через a, то при прохождении через эпюр руки полосы она, оказывая давление на валок вызовет в ближайшей опоре наибольшее давление на плиту



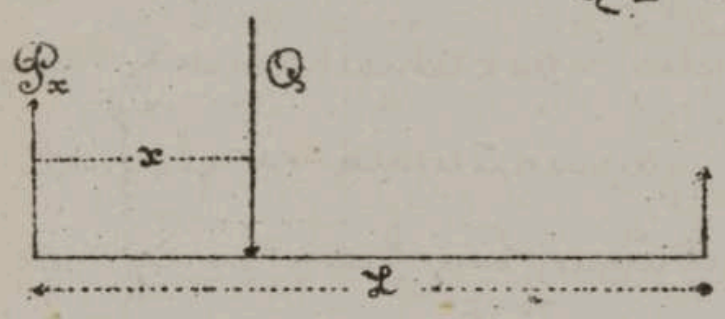
$$P = \frac{Q(\mathcal{L}-a)}{\mathcal{L}}$$

ур-ие прочности плита имеем.

$$\frac{Pl}{2} = \frac{Q(\mathcal{L}-a)l}{2\mathcal{L}} = 0{,}1\, d^3 B$$

откуда

$$Q = \frac{0{,}2\, d^3 B \mathcal{L}}{l(\mathcal{L}-a)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$



Прилагая давление Q на расстояние x от опоры, сопротивление последней будет:

$$P_x = \frac{(\mathcal{L}-x)Q}{\mathcal{L}}$$

ломающий момент в точке приложения давления P_x x выразится так: $\frac{Qx(\mathcal{L}-x)}{\mathcal{L}}$

и ур-ие прочности вала напишется следующим образом

$$\frac{Qx(\mathcal{L}-x)}{\mathcal{L}} = 0{,}1 D_x^3 B$$

подставляя сюда величину Q, найдем

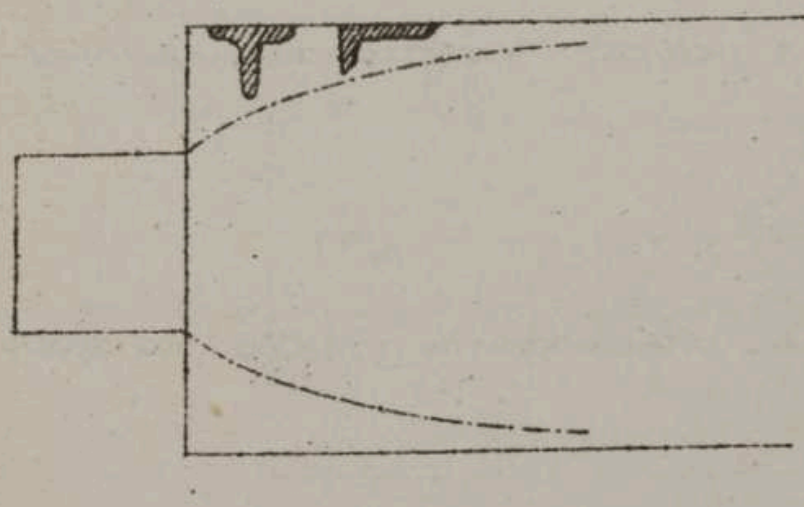
$$\frac{0{,}2\, d^3 B \mathcal{L} \cdot x(\mathcal{L}-x)}{l(\mathcal{L}-a)\mathcal{L}} = 0{,}1 D_x^3 B$$

откуда D_x

$$D_x = d\sqrt[3]{\frac{2x(\mathcal{L}-x)}{l(\mathcal{L}-a)}} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

По этой формуле для различных сечений вала можно определить соответственные диаметры и по ним построить теоретическое очертание вала, затем уже все калибры должны располагаться вне этого очертания и действительный внешний диаметр вала определится в зависимости от размеров калибров.

фиг. 55.



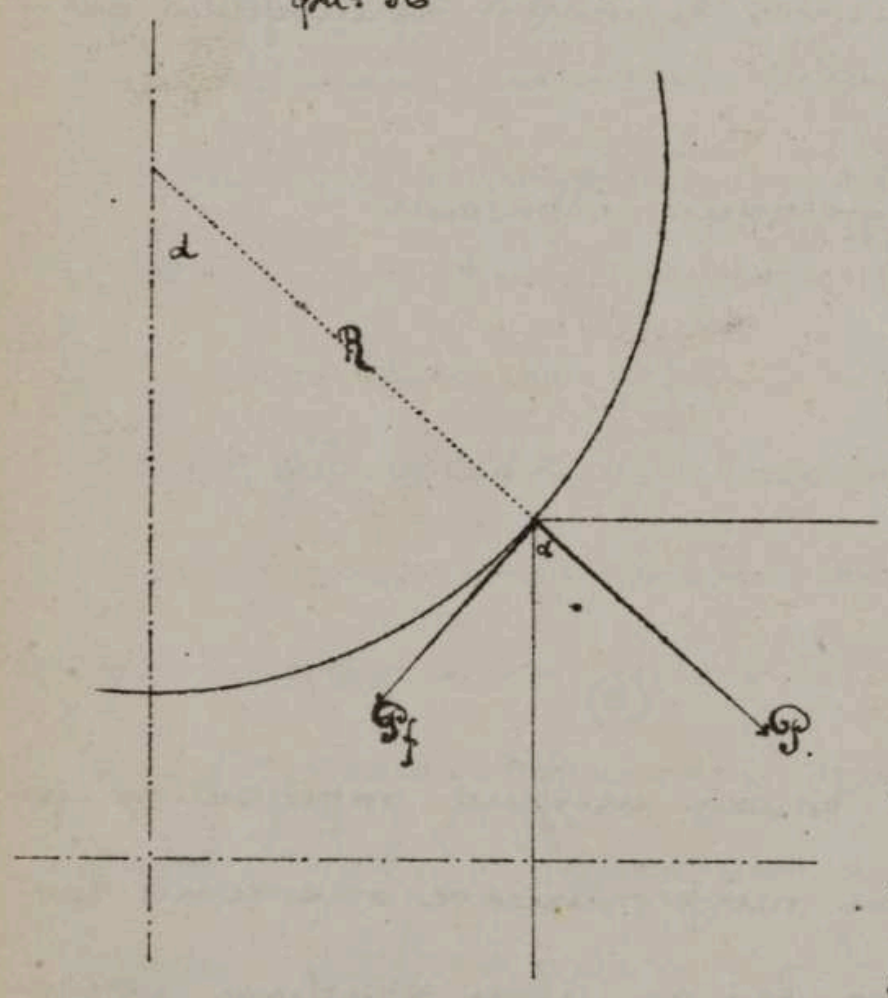
Собственно вали кроме изгиба подвергаются

только на кручение, но въ виду того, что въ основаніе приведеннаго разсчета положены размѣры шва, который тоже подвергается совмѣстному изгибу и кручению, можно ѣздь особой погрѣшности положить, что въ разсчетъ вала прямо вводится величина сложнаго момента характеризующаяся въ обо-ихъ случаяхъ величиной допускаемаго напряженія B

Валки независимо отъ крѣпости должны имѣть кромѣ того еще такіе размѣры, при которыхъ прокатываемый предметъ зацѣплялся бы въ валкахъ и увлекался ими, безъ чего конечно прокатка не будетъ имѣть мѣста

Діаметръ валковъ удовлетворяющій этому условію можетъ быть опредѣленъ изъ слѣдующаго соображенія: положимъ что прокатываемая полоса пришла въ соприкосновеніе съ валками. При дальнѣйшемъ ея движеніи валки будутъ давить на нее съ силою P. Это давленіе вызоветъ силу тренія между валками и прокатываемой полосой Pf (фиг. 56). Проектируя обѣ силы на направленіе движенія полосы не трудно видѣть, что полоса будетъ двигаться только въ томъ случаѣ если $P_f \cos\alpha \geqq P \cdot \sin\alpha$ или $f = \operatorname{tg}\alpha$,

фиг 56



но какъ уже было показано раньше

$$R(1-\cos\alpha) = \frac{\Sigma H}{2} \quad \text{или} \quad \cos\alpha = 1 - \frac{\Sigma H}{2R} \quad \text{и}$$

$$\operatorname{tg}^2\alpha = f^2 = \frac{1}{\cos^2\alpha} - 1 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\Sigma H}{2R}\right)^2} - 1$$

откуда $$D = 2R = \frac{\Sigma H}{1 \mp \sqrt{\frac{1}{f^2+1}}}$$

Такъ какъ очевидно, что съ увеличеніемъ коэффиціента тренія діаметръ валковъ можетъ уменьшаться но въ послѣдней формулѣ изъ двухъ знаковъ можно выбирать (—) только окончательно

$$D \geqq \frac{\Sigma H}{1 - \frac{1}{\sqrt{f^2+1}}} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Валки разсчитанные на крѣпость слѣдуетъ провѣрить также по этой

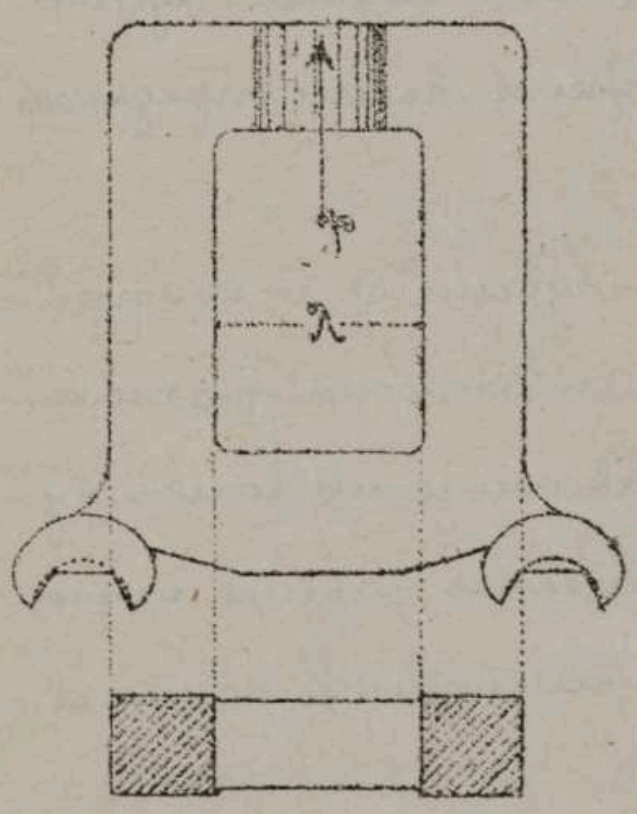
формулы и наибольший из полученных размеров должен быть принят как надлежащий

Здесь кстати будет упомянуть, что в болваночных станках для увеличения жесткости ширина балки назначается что повышает $\frac{f}{l}$ до 0,5 вообще же для мелких ручьев нужно считать f от 0,2 до 0,25.

Определение размеров станины Верхняя поперечина подвергается изгибу той же силой которая нагружает шип. Этот случай определяется из уравнения крепости шипа

$$P = \frac{0{,}2\, d^3 B}{l}$$

Если обозначить расстояние между стойками станины через λ (фиг. 57) то ур-ие крепости для поперечины напишется следующим образом



фиг. 57

$$\frac{P\lambda}{4} = \frac{0{,}2\, d^3 B\, \lambda}{4l} = W B_1$$

откуда модуль сопротивления поперечины

$$W = \frac{0{,}05 \cdot d^3 \lambda}{l} \cdot \frac{B}{B_1}$$

Так как станина представляет из себя наиболее ценную деталь станка, то ее нужно делать прочные балки и потому следует положить $\frac{B}{B_1} = 2$ и тогда

$$W = \frac{0{,}1\, d^3 \lambda}{l} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Обозначая площадь сечения каждой стойки через F будем иметь условие крепости: $2Fz = \frac{0{,}2\, d^3 B}{l}$ откуда

$$F = \frac{0{,}1\, d^3 B}{l\, z}$$

Так как станина кроме растяжения подвергается отжатию также и изгибу то для прочности нужно принять $\frac{B}{z} = 4$, а потому

$$F = \frac{0{,}4\, d^3}{l} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Если станина имеет крышку, которая привертывается болтами

лист 48.

то называя через n число болтов діаметр коих d определяется из слѣдующаго равенства: $n \frac{\pi d^2}{4} \cdot z = \frac{0,2\, d^3 B}{l}$

откуда

$$\delta = \sqrt{\frac{0,8\, d^3}{\pi \cdot n \cdot l} \cdot \frac{B}{z}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Отношеніе $\frac{B}{z}$ для остальныхъ болтовъ можно принять равнымъ 0,5

Радіусъ наибольшаго винта опасности изъ равенства

$$\Delta = \sqrt{\frac{0,8\, d^3}{\pi l} \cdot \frac{B}{z}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Здѣсь отношеніе $\frac{B}{z}$ по предыдущему можно взять равнымъ 0,5

Гайка или планка могутъ быть разсчитаны по радіусамъ винта на основаніи общихъ правилъ прикладной механики.

Опредѣленіе крутящаго момента передаваемаго винтомъ Для разсчета всѣхъ вращающихся частей нужно знать величину крутящаго момента, который можетъ быть опредѣленъ слѣдующимъ образомъ

1) Для гладкихъ валковъ. Если давленіе на валокъ будетъ Q и коэффиціентъ трѣнія между прокатываемымъ металломъ и валкомъ f, то наибольшій крутящій моментъ, который можетъ проявиться на валкѣ, будетъ $Q f \frac{D}{2}$. Кромѣ того сюда надо прибавить моментъ трѣнія винта и максимальный крутящій моментъ передающійся винтомъ выразится такъ

$$M_t = \frac{Q}{2}(Df + d f_1)$$

Кромѣ того, такъ какъ давленіе на винтъ при гладкихъ валкахъ равняется $\frac{Q}{2}$, то наибольшій моментъ винта будетъ:

$$M_B = \frac{Q}{2} \frac{l}{2} = \frac{Ql}{4}$$

Принимая къ этому случаю формулу saint-Venant'а дающую величину скручивающаго момента можемъ ур-іе крѣпости для винта написать въ такомъ видѣ:

$$M = \frac{3}{8} M_t + \frac{5}{8} \sqrt{M_B^2 + 4 M_t^2} = 0,1\, d^3 B$$

подставивъ сюда выраженія M_t и M_B и опредѣливъ Q найдемъ

$$Q = \frac{0{,}8\ d^3\ B}{\frac{3}{4} l + 5\sqrt{\frac{l^2}{16} + (Df + df_1)^2}}$$

Вставляя величину Q в выражение крутящего момента получим для-
чашковых валков:

$$M_t = \frac{0{,}4 \cdot d^3 (Df + df_1)\ B}{\frac{3}{4} l + 5\sqrt{\frac{l^2}{16} + (Df + df_1)^2}} = \alpha B \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Для калиброванных валков наибольшее давление на шип, как было
указано: $P = \frac{Q(L-a)}{L}$

Поэтому изгибающий момент для шипа

$$M_B = \frac{Q(L-a)\,l}{2L}$$

Выражение крутящего момента остается тоже, что и для чашко-
вых, только надо D нужно подразумевать наибольший из диамет-
ров соответствующих окружностей проходящих через центры
тяжести профилей ручьев.

Подставляя M_B и M_t в выражение изгибного момента и опреде-
ляя Q найдем:

$$Q = \frac{0{,}8 \cdot d^3 \cdot B}{\frac{3}{2}\frac{(L-a)\,l}{L} + 5\sqrt{\frac{l^2}{4}\left(\frac{L-a}{L}\right)^2 + (Df + df_1)^2}}$$

и крутящий момент для калиброванных валков

$$M_t = \frac{0{,}4 \cdot d^3 \cdot (Df + df_1) \cdot B}{\frac{3}{2}\left(\frac{L-a}{L}\right) l + 5\sqrt{\frac{l^2}{4}\left(\frac{L-a}{L}\right)^2 + (Df + df)^2}} = \beta B \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

Определение размеров соединительных муфт и шпилек

Эти детали подвергаются действию крутящего момента M_t, по
этому, называя диаметр наиболее тонкой цилиндрической части
шпильки через Д, уравнение напишется так:

для чашковых валков	для калиброванных валков
$0{,}2\,Д^3 \cdot T = \alpha B$	$0{,}2\,Д^3\,T = \beta B$
откуда $Д = \sqrt[3]{\frac{\alpha}{0{,}2} \cdot \frac{B}{T}}$	$Д = \sqrt[3]{\frac{\beta}{0{,}2} \cdot \frac{B}{T}}$

Так как соединительные муфты должны быть делаемы более

слабей, чьмъ валки и предупреждать поломку послѣднихъ, то нужно назначить, что $\frac{B}{T} = \frac{1}{}$

Соединительныя муфты могутъ быть разсчитаны какъ только что противящіяся полной крутящему моменту, но обыкновенно полную нагрузку берутъ отъ $\frac{d}{4}$ для большихъ станковъ и до $\frac{d}{3}$ для малыхъ станковъ

Длина муфты берется отъ d до $1{,}25\,d$

Длина соединительныхъ стержней дѣлается такая, чтобъ можно было снять муфту, а гдѣ это нужно и валки. Слѣдовательно въ первомъ случаѣ длина стержня должна быть въ два раза больше длины муфты плюсъ 25 мм. зазора, а во второмъ она должна быть равна длинѣ валковъ плюсъ зазоръ. Въ тѣхъ станкахъ гдѣ оси валковъ перемѣщаются на значительное разстояніе, длина соединительныхъ стержней должна быть по крайней мѣрѣ въ 5 разъ больше величины перемѣщенія ея, а лучше брать ее въ 10 или 15 разъ больше

Опредѣленіе размѣровъ шестерень. Шестерни обыкновенно дѣлаются съ діаметромъ начальной окружности равнымъ внѣшнему діаметру валковъ. Передаютъ они тотъ же крутящій моментъ какъ и соединительные стержни, а потому ихъ окружное усиліе будетъ: $T = \frac{2M_t}{D}$

При этомъ разсчитывая конечныя придающія шестерни обыкновенно 2 зуба всегда находятся въ зацѣпленіи и потому сила дѣйствующая на зубъ будетъ:

$$\frac{T}{2} = \frac{M_t}{D}$$

Ур-іе крѣпости зуба, какъ извѣстно имѣетъ такъ:

$$\frac{eM_t}{D} \cdot h = \frac{ab^2}{6} B$$

полагая, что $a = 0{,}5t$ $h = 0{,}7t$... получимъ

$$bt = \frac{4{,}2}{0{,}25} \cdot \frac{M_t}{D.B}$$

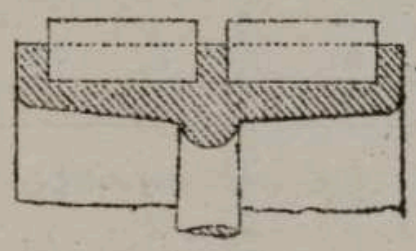
для шлифов валиков $bt = 16 \cdot \frac{\alpha}{D} \cdot \frac{B}{B_1}$

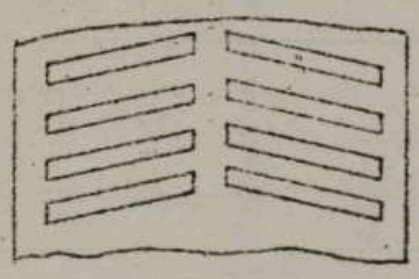
для калибров валиков $bt = 16 \frac{\beta}{D} \cdot \frac{B}{B_1}$

Для чугунных шестерень шлифовку принять $\frac{B}{B_1} = 1$, для стальных $\frac{B}{B_1} = 0{,}25$

Число зубьев обыкновенно бывает от 12 до 20. Ширина зубьев делается до 800 мм, но иногда далее и при такой большой ширине шаг выходит слишком велик и тогда, чтобы выйти из затруд-

фиг. 58

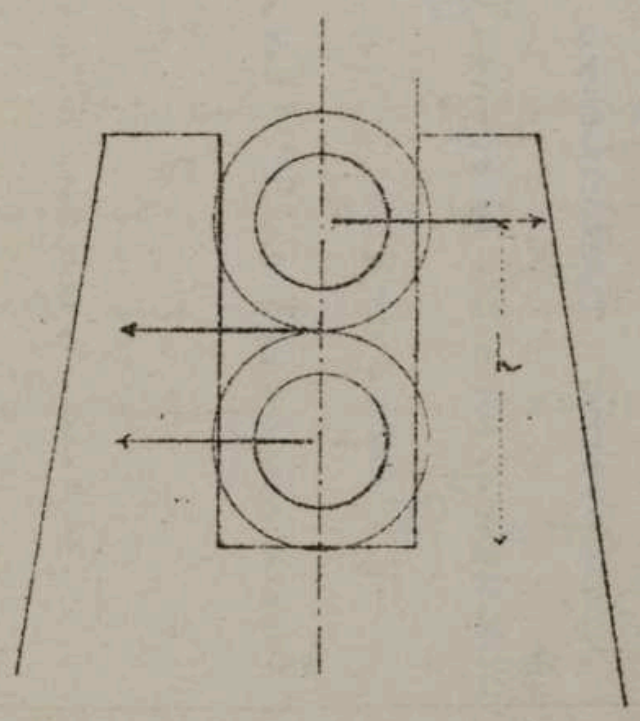




нения нужно увеличивать диаметр начальной окружности, сняв соединительный отрезок наклонно, а кромки много длинных зубьев и по серединке зубьев ободки (фиг. 58) отчего кромочки зубьев при этом расширятся шаг шлифовки увеличивается на 50% и более. Также хорошо вместо средней нарезки делать зубья наклонными, располагая паз по винтовой линии, при этом вместо с кромкою увеличивается и плавность передачи.

Определение размеров станины для шестерень.

фиг. 59



Окружное усилие передается на подшипники и растягивает станину, вызывая ломающий момент (фиг. 59)

$$M_B = Th = \frac{2M_t h}{D}$$

Называя размеры стойки в мягкой сечении через A и B можно написать ур-ие кривой

$$\frac{AB^2}{6} B_2 = \frac{2M_t h}{D}$$

для шлифованных валиков $AB^2 = \frac{12h\alpha}{D} \cdot \frac{B}{B_2}$

для калиброванных. $AB^2 = \frac{12h\beta}{D} \cdot \frac{B}{B_2}$

Отношение $\frac{B}{B_2}$ можно принять равным $\frac{B}{B_2} = 1$

	Проволочные станки	Мелкосорт. станки полосовые, круглые и фг. сорта до 35 м/м	Среднесорт. станки круглые, квадр. и фг. сорта до 75 м/м	Крупносорт. станки самые крупные сорта круглые, квадр. и друг.	Рельсопроволочные и балочные станки	Станки для толстого и среднего металла	Станки для котельного дела и листов	Броневые станки	Бандажно-осевой завод - ский станок.
Диаметр цапф	130 – 160	140 – 190	200 – 220	270 – 350	340 – 375	350 – 400	450 – 500	500 – 520	260 – 270
Длина цапф	150 – 180	170 – 220	225 – 250	250 – 350	340 – 350	350 – 370	360 – 400	400 – 420	280 – 300
Длина валков	500 – 800	650 – 785	1200 – 1500	1500 – 2000	1500 – 2100	1200 – 1600	2500 – 3000	3000	1500 – 2000
Число оборотов	250 – 600	160 – 360	100 – 220	50 – 80	70 – 100	45 – 60	45 – 60	20	40 – 70
Диаметр паров. чугунных	630 – 780	630 – 780	470 – 800	650 – 950	900 – 1100	650 – 750	900 – 1000	1200	600 – 900
Ходъ поршня	780 – 1300	780 – 1300	640 – 950	1200 – 1400	900 – 1500	1200 – 1600	1500 – 1600	1600	1200 – 1400
Сила двигателя	250 – 400	150 – 200	150 – 250	400 – 500	400 – 1000	200 – 300	200 – 400	500	100 – 200
Скорость прокатки	3 met – 10	3,5 – 7	2 – 4,5	1 – 2,25	1 – 3	1 – 1,5	1 – 1,5	0,7	1 – 1,5
Производ. станка в сутки фунт.	40 – 150	10 – 20	20 – 50	30 – 40	160 – 300	8 – 12	20 – 25	—	20 – 30
Передача	ременная или канат.	ременная или канат.	прямая	прямая	прямая	прямая	прямая	зубчатая 20/60	прямая
Число станков с 3 мя валк.	1	3 – 4	2 – 3	1 – 2	2 – 4	—	—	—	1
" " " 2 "	7	— —	— —	2 – 3	2	2 – 3	1 – 2	1	—
Число печей	1 – 2	1 – 2	2 – 3	—	—	—	—	—	14 – 16

Чтобы уменьшить размеры станины крышку следует конструировать так, чтобы она производила скрытие стоек в верхней части и тем уменьшала величину изгибающего момента.

В дополнение к приведенным формулам для руководства при расчете следует служить таблица, помещенная на стр 382, дающая наиболее употребительные размеры существующих прокатных устройств.

Вес махового колеса колеблется от 15 до 30 тонн. Диаметр его изменяется от 6 до 10 мет.

При канатной или ременной передаче скорость на ободе шкива изменяется от 10–25 мет. Больше 25 мет. скорости не следует допускать, так как при этом напряжение в ободе шкива достигает опасной величины

Диаметр передаточного шкива или блока обыкновенно берется от 6 до 6,5 мет. Вес его колеблется от 15 до 25 тонн.

Размеры не поддающиеся непосредственному вычислению нужно брать сообразуясь с указаниями практики. Главные размеры фундамента, фундаментных плит, болтов и т. п. приведены на чертежах и потому здесь вторично упоминать о них будем излишним.

Большое количество данных относительно устройства прокатных станков можно найти в книге проф. Тиме „Справочная книга для горных инженеров" а также в статье проф. Кудрякова „Современное состояние металло прокатного дела за границей.

3 Ковка

Ковкой называется такой способ обработки, при которой деформация металла производится за счет ударов силы приводимой орудием при его движении и передающейся обрабатываемому телу в момент удара.

Орудием ковки служит молот, который ударом по телу каким образом сообщается или движение разделяются на паровые, приводные и ручные

Идея устройства парового молота была еще высказана Уаттом в 1784 г. Запатентована в 1804 Девреем была задана новая система. Но окончательно пригодный для практических целей паровой молот был построен английским заводчиком Несмитом для французского завода Шнейдера в Крезо.

Изобретение парового молота надобно без сомнения признать одним из самых важных усовершенствований в способах обработки металлов. Введение парового молота не только упростило много операций при ковке железа и стали, но также потребовало новых опросов кузнечного искусства и дало возможность производить такие поковки, о которых прежде нельзя было и думать.

По сравнению с другими орудиями ковки, паровой молот представляет следующия преимущества:

1) сила передается молоту посредством самого простого механизма, состоящаго из парового цилиндра, поршня, паропроводной трубы и клапана. Этими деталями заключается собой паровую машину, кроме рамы фундамента, цилиндра и т.п. части передаточного механизма необходимые при молотах других систем.

2) Пар представляет из себя наиболее упругую среду, служащую для передачи ударов

3) Каждый удар в паровом молоте представляется совершенно

независимое движение, которое можетъ быть повторено или измѣнено по произволу, тогда какъ въ другихъ молотахъ измѣненіе удара можетъ быть достигнуто только черезъ нѣсколько ударовъ, постепенно увеличивая или уменьшая ихъ силу

4) Между станиной и ударяющими частями нѣтъ непосредственнаго соединенія, вслѣдствіе чего станина не испытываетъ большихъ ударовъ и потому весь ея можетъ быть доведенъ до минимума

5) Радитъ сода, сила удара, а также и частота ударовъ молотъ измѣняется по произволу и это составляетъ спеціальную особенность паровыхъ молотовъ по сравненію съ другими.

Паровой молотъ Несмита (таб 31 фиг. 1) состоитъ изъ двухъ станинъ соединенныхъ сверху паровымъ цилиндромъ. Внутри цилиндра ходитъ поршень, къ штоку котораго прикрѣпляется подвижная баба. Паръ, входя въ нижнюю часть цилиндра поднимаетъ поршень и вмѣстѣ съ нимъ бабу на нѣкоторую высоту при открытіи клапана, паръ выходитъ изъ подъ поршня, вслѣдствіе чего холодный воздухъ съ бабой падаетъ подъ дѣйствіемъ тяжести, преодолѣвая упругость воздуха, который и превращается въ работу деформаціи при ударѣ. (Станины въ тоже время служатъ и направляющими для бабы

Всѣ послѣдующія конструкціи, оставляя главную основную идею дѣлали только нѣкоторыя улучшенія, желая устранить недостатки конструкціи молота Несмита

Такъ напр. въ 1855 году Нейлоръ для того, чтобъ увеличить скорость движенія падающихъ частей предложилъ впускать паръ также и по верхъ поршня (молотъ двойнаго дѣйствія)

Для уменьшенія высоты всего сооруженія въ 1846 г. Конде предложилъ дѣлать неподвижнымъ поршень, а заставлять падать самый цилиндръ

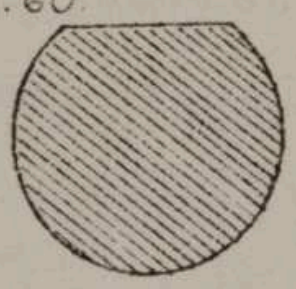
Для той же цѣли Вуазенъ замѣнилъ одинъ цилиндръ двумя

поставленными рядом (таб. 31, фиг. 2). Штоки паровой выходят наверх и тоже соединяются поперечиной, к которой подвешивается ось ударяющей бабой

Подобной же конструкции молота строили и заводы Davis and Gaitskell в Брадфорде, с тою только разницею, что в цилиндрах вместо паровой со штоком движется только стержень или плунжер соединенный гайкой, чугунной поперечиной, которая бывает с плунжерами и удерживает собой бабу (таб. 31, фиг 3)

Морисон, чтобы уменьшить высоту молота и тем сделать его более устойчивым, уничтожает направляющие для бабы и заменяет такой шток паровой плунжерным стержнем для чугунного направляющего стержень проходит и через верхнюю крышку цилиндра и для того чтобы не могла вертеться одна сторона его длинного плунжера (фиг. 4 таб 31)

Черт. 60



Гоуфе самое сделал и Гилби ков его плунжер стержень через верхнюю крышку не проводит а направление ему сообщается длинными салниками

Все эти изменения в молоте Несмита за исключением верхнего пара, оказались на практике неудобными: падающий цилиндр представляет длинный непрочную и вибрацию от плунжера очень упругую, совершенно равномерная действие двух цилиндров довольно было весьма трудно, выполнение чего случались частые поломки; молота Морисона выполнение отсутствия направляющих оказалась вторая непрочной при эксцентричных ударах упругой перекашивающей бабу в молоте Несмита уравновешивается направляющими, в молоте же Морисона эксцентричный удар выдерживает любой стержень, выполнение чего происходить быстрое расстройство салников и частые поломки стержня. При этом очень трудно заметить, что стержень в молоте Морисона стоит в неправильном форме, чем в молоте Несмита. Все ска-

данное о молотѣ Морисона еще болѣе справедливо по отношенію къ молоту Фрюда

Вышедшій изъ употребленія въ настоящее время паровой молотъ конструкціи совершенно оставленъ и почти всѣ строители вернулись къ первоначальному типу Несмита т. е. къ цилиндру съ тяжелымъ штокомъ и бабой двигающейся въ направляющихъ станины. Только нѣкоторыя фирмы небольшого размѣра молота строятъ по типу Морисона и въ данномъ случаѣ вышедшій не особенно сильныхъ ударовъ они оказываются довольно прочными.

Я такъ, считая, что въ настоящее время паровые молота почти исключительно строятся по типу Несмита могъ бы раздѣлить на *молота простаго дѣйствія*, въ которыхъ паръ дѣйствуетъ только въ низу цилиндра и на *молота двойнаго дѣйствія* въ которыхъ паръ дѣйствуетъ также и на верхнюю часть цилиндра.

Теорія паровыхъ молотовъ

Работа паровыхъ молотовъ опредѣляется высотой падающихъ ударяющихъ частей: поршня, штока и бабы. Въ заводской практикѣ паровые молота встрѣчаются отъ 50 килог. до 125000 кило. Въ виду столь широкихъ предѣловъ при выборѣ молота прежде всего является вопросъ *какого размѣра молотъ наиболѣе подходитъ къ данной работѣ?*

Такъ какъ запасъ живой силы ударяющихъ частей и пропорціональная ей работа деформаціи выражается формулой $\frac{mv^2}{2}$, то казалось бы что живая сила всѣхъ падающихъ частей Q не вполнѣ характеризуетъ способность молота такъ какъ тотъ же живую силу можно получить комбинируя различнымъ образомъ m и v. Но на самомъ дѣлѣ оказывается, что при правильной ковкѣ независимо отъ живой силы падающихъ частей молота, необходимо, чтобы масса этихъ

частей была бы не меньше известной величины какая баба, съ какой бы скоростью ее ни двигали, будетъ разминать только верхній слой металла, наоборотъ чѣмъ тяжелѣе баба, тѣмъ глубже будетъ распространяться ея дѣйствіе и тѣмъ равномѣрнѣе будетъ проковываться металлъ по всей толщинѣ.

Явленіе это трудно объяснить недостаточной продолжительностью удара легкихъ и тяжелыхъ массъ. При ударѣ бабой верхній слой металла начинаетъ сжиматься и при своемъ сжатіи оказываетъ сопротивленіе R, которое и замедляетъ движеніе бабы. То время, въ которое скорость ударяющихся частей будетъ доведена до 0 и будетъ время удара

Сжатый слой R верхній слой передаетъ сжатіе сосѣднему съ нимъ, тотъ въ свою очередь передастъ дальше и т. д. распространяется дѣйствіе удара внутрь. Въ упругомъ тѣлѣ дѣйствіе распространяется по всей массѣ такъ какъ въ этомъ случаѣ дѣйствующая сила не тратится на деформацію - Въ пластическомъ дѣйствующая сила расходуется на деформацію и потому передача сжатія отъ одного слоя къ другому будетъ происходить только до тѣхъ поръ пока дѣйствуетъ выпишная сила т. е. въ теченіе времени удара - Такъ какъ передача сжатія отъ одного слоя къ другому происходитъ съ извѣстной для каждаго пластичнаго металла скоростью, то ясно, что чѣмъ продолжительнѣе будетъ ударъ, тѣмъ глубже распространится его дѣйствіе - Время удара для двухъ массъ m и m_1, движущихся съ такими скоростями, что $\frac{mv^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2}$ будетъ больше для большей массы - Дѣйствительно если масса m движется со скоростью v и на своемъ пути встрѣчаетъ сопротивленіе R, то ея движеніе будетъ замедляться съ ускореніемъ $j = \frac{R}{m}$ и время ея остановки или время удара $t = \frac{v}{j} = \frac{mv}{R}$ - Для тѣла движущагося со скоростью v_1 время удара $t_1 = \frac{v_1 m_1}{R}$ откуда

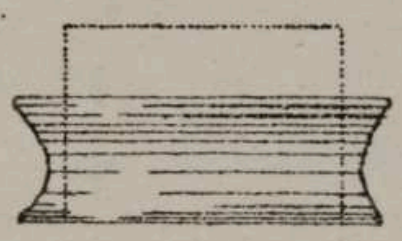
$\frac{t}{t_1} = \frac{mv}{m_1 v_1}$ но $\frac{v}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m}}$ поэтому $\frac{t}{t_1} = \sqrt{\frac{m}{m_1}}$,

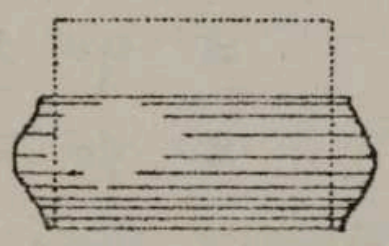
т. е. время удара пропорционально $\sqrt{}$ из масс ударяющего тела.

Из того же рассуждения можно заключить что чем как при ковке стали сопротивление сжатию больше, тем следовательно время удара при них же условиях получится меньше чем для железа и потому вообще молота для ковки стали должны быть тяжелые

Скорость распространения удара внутри металла не известна и потому теоретическим путем найти достаточный вес молота невозможно. Но практика дает весьма простой способ для определения того отношения, которое должно существовать между весом откующейся вещи и весом падающих частей молота.

Черт. 61.





Если взять цилиндрическую болванку и подвергнуть ее ударам, то в самых слишком легких молотов расплющиваться будут только верхние слои и болванка примет форму показанную на фиг A. это прямо укажет на то что удары не проникают достаточно глубоко и действуют только на поверхность. Наоборот при достаточно тяжелом молоте болванка примет вид представленный на фиг B, что и будет свидетельствовать о распространении ударов во внутрь металла. Наблюдая как деформируется металл под ударами молота можно решить соответствует ли его вес данной поковке или нет.

Из сравнения рабочей способности существующих паровых молотов простого действия их вес с достаточной точностью может быть определен по формуле.

$$Q = 2,5\,F$$

где Q вес падающих частей в кило. и F площадь сечения подвергающейся ковке вещи в □ cent, предполагая, что она по виду

_подходит къ кругу или квадрату. Для молотовъ двойного дѣйствія вѣсъ молота можетъ быть взятъ на 30% меньше

Проф. Тиме[1] смотря по роду производства разрѣзаетъ молотъ по всѣмъ слѣдующимъ образомъ:

1) Для мелкокузнечныхъ цеховъ машиностроительныхъ заводовъ от 0,1 до 1 тонны

2) Для большихъ кузнечныхъ (также паров. якорныхъ) цеховъ машиностроительныхъ заводовъ

небольшихъ 1 до 2,5

среднихъ (включая и паровозн.) до 5

большихъ (включая пароходные) до 15

3) Для отдѣлки крицъ

при кричномъ производствѣ 1 до 1,5

при тудельномъ 2 до 2,5

4) Для сварки пакетовъ въ дѣятельныхъ заводахъ 4 до 5

5) Для проковки стальныхъ болвановъ для рельсъ и т.п. 7 до 10

6) Для проковки болвановъ и бандажей до 15

7) Для штамповки локомотивныхъ фасонныхъ колесъ до 20

8) Для отковки фасонныхъ пушекъ, бандажныхъ шинъ и самыхъ большихъ валовъ для большихъ паровыхъ судовъ 20 до 25

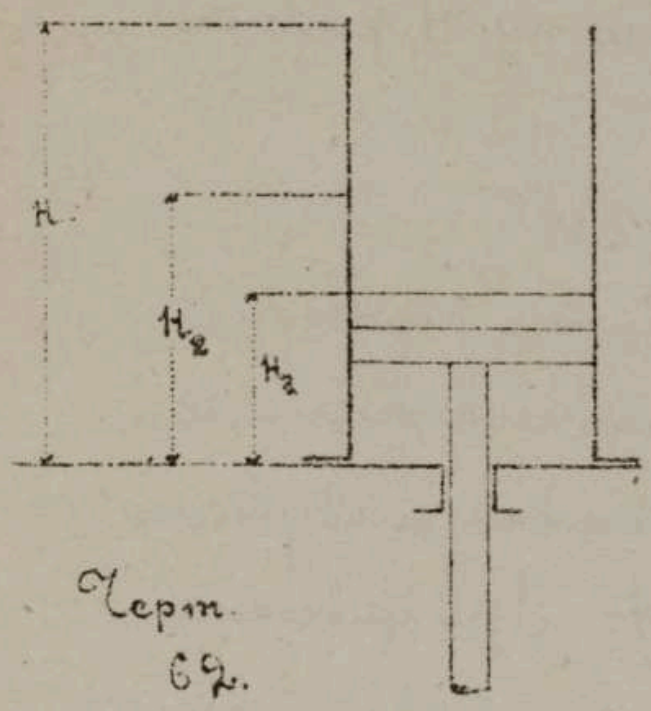
9) Для отковки большихъ стальныхъ пушекъ и предметовъ соотвѣтственной величины 30 и больше.

Условливши такимъ образомъ относительно выбора вѣса падающей части парового молота, разсмотримъ вопросъ подробно

[1] Справочная книга для горныхъ инженеровъ Вл. Тиме т. I стр 291.

его дѣйствіе

Работа паровой машины происходит слѣдующимъ образомъ: паръ впускается надъ поршень; своимъ давленіемъ поднимаетъ поршень на высоту H_1; затѣмъ впускъ пара прекращается (отсѣчка и поршень продолжаетъ подниматься до высоты H_2 подъ дѣйствіемъ перемѣннаго давленія расширяющагося пара. На высотѣ H_2 открываетъ выпускное отверстіе и давленіе подъ поршнемъ падаетъ почти до атмосфернаго поршень подъ воздѣйствіе пріобрѣтенной имъ силой продолжаетъ двигаться до высоты H. Затѣмъ начинается обратное паденіе поршня подъ вліяніемъ силы тяжести.



Черт. 62.

Если машина двойнаго дѣйствія, то на высотѣ H_2 начинается впускъ пара надъ поршнемъ и послѣдній продолжаетъ двигаться по инерціи до высоты H преодолѣвая давленіе пара. Затѣмъ поршень начинаетъ обратное движеніе, при чемъ въ дѣйствіе силы тяжести прибавляется давленіе пара. При такихъ условіяхъ поршень двигается до момента самаго удара, или если все средства ослабить силу удара то на разстояніи h отъ начала хода производится отсѣчка и затѣмъ паръ выпускается подъ поршнемъ, образуя собой упругій буферъ смягчающій ударъ

Разсмотримъ въ какой зависимости находятся размѣры цилиндра, весъ движущихся частей давленіе пара и величины характеризующія движеніе поршня.

Назовемъ площадь поршня черезъ F

площадь штока " f

$F - f$ ..... ω

абсолютное давленіе пара на

кв. ед. поверхности в килогр ... p

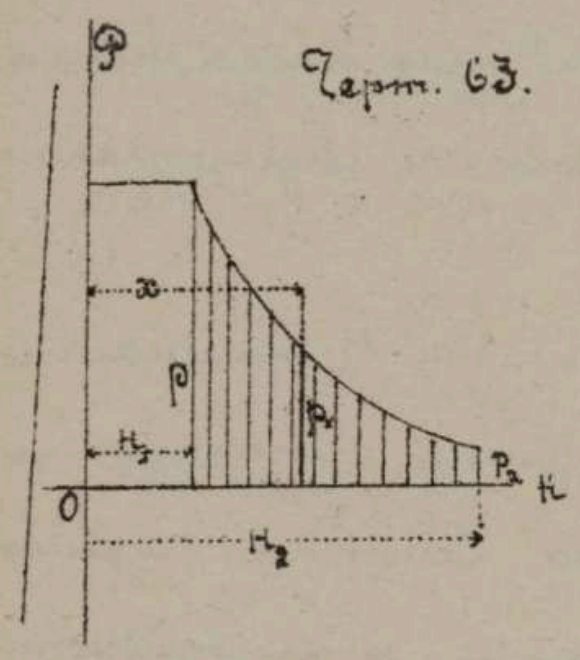
и давление атмосферы на кв. ед. поверхности в килогр ..... p_0

Тогда при восходящем движении поршня на высоту H_1 работа давления на поршень будет:

$$\omega (p - p_0) H_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Работа при расширении получится следующим образом:

Съ достаточной для практики точностью можно положить, что при расширении пара произведение объема на соответствующее давление остается постоянным, т.е. $P_x H_x = \text{Const.}$ Графически расширение пара выразится равносторонней гиперболой и работа расширения будет равна площади заключенной между гиперболой и осями координат, т.е.



Черт. 63.

$$\int_{H_1}^{H_2} p_x \, dx \quad \text{но} \quad p_x x = P H_1, \text{ или } p_x = \frac{P H_1}{x}$$

поэтому $\int_{H_1}^{H_2} p_x \, dx = P H_1 \int_{H_1}^{H_2} \frac{dx}{x} = P H_1 l\left(\frac{H_2}{H_1}\right)$

Из этого нужно еще вычесть работу давления атмосферы поверх поршня, зная что полная работа давления при поднятии поршня от высоты H_1 до H_2 будет

$$\omega \left[p H_1 l\left(\frac{H_2}{H_1}\right) - p_0 (H_2 - H_1) \right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Складывая (1) и (2) получим работу, которая израсходуется на поднятие падающих частей молота на высоту H и на преодоление работы трения в сальнике и в поршне. Полагая что сила трения равна 0,1 от веса падающих частей на основании закона равенства работ должно осуществиться следующее равенство:

$$\omega \left[(P - p_0) H_1 + p H_1 l\left(\frac{H_2}{H_1}\right) - p_0 (H_2 - H_1) \right] = 1{,}1 \, g H$$

раскрывая скобки и сокращая найдем

$$\omega \left[p H_1 \left(1 + l\left(\frac{H_2}{H_1}\right)\right) - p_0 H_2 \right] = 1{,}1 \, g H \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

В случае мотора двойного действия во второй такт присоединяется работа, выражающей собою ту работу которая тратится на преодоление давления поверх поршня и потому для моторов двойного действия будем иметь следующее равенство:

$$\omega\left[pH_1\left(1+\{\frac{H_2}{H_1}\right)-p_0M_2\right]=1,1qH+F(p-p_0)(H-H_2)\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

Равенства (3) и (4) и дают ту связь, которая существует между F, ω, q и пр.

Обыкновенно при построении мотора на основании указаний практики задаются некоторыми соотношениями, так наприм. полагают что $\frac{q}{\omega}=A$ $\frac{F}{\omega}=B$ и степень расширения $\frac{H_2}{H_1}=E$ и в таком случае равенство (3) и (4) могут послужить для определения H_1 т. е. той высоты накачкой нужно производить отсечку пара для правильного действия мотора

Вставляя вышеуказанные обозначения вместо равенства (3), получим

$$\omega p\left[H_1(1+l\varepsilon)-\frac{p_0}{p}\cdot H_1\varepsilon\right]=1,1qH$$

или $$H_1p\left(1+l\varepsilon-\frac{p_0}{p}\varepsilon\right)=1,1AH\ldots\ldots(3)\text{ bis}$$

а вместо равенства (4):

$$pH_1\left(1+l\varepsilon-\frac{p_0}{p}\varepsilon+B\frac{(p-p_0)}{p}\varepsilon\right)=H\left[1,1A+B(p-p_0)\right]\ldots\ldots(4)\text{ bis}$$

отсюда для моторов простого действия

$$H_1=\frac{1,1AH}{p\left(1+l\varepsilon-\frac{p_0}{p}\varepsilon\right)}\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

для моторов двойного действия

$$H_1=\frac{H\left[1,1A+B(p-p_0)\right]}{p\left(1+l\varepsilon+\frac{(p-p_0)B-p_0}{p}\varepsilon\right)}\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

Величину $\frac{q}{\omega}=A$, выражающую вес P килогр. на кв. сант. можно на основании существующих паровых моторов хорошей конструкции брать по формуле: $$A=1,08+0,22\sqrt{q}\ldots\ldots\ldots(7)$$

где q выражено в тоннах.

Расширение пара будет полезным до тех пор, пока давление расширяющегося пара на поршень не сделается равным весу пода

ющая часть лишь сила трения и лишь давление атмосферы на верхнюю часть поршня. Поэтому должно существовать следующее равенство: $p_x = 1,1\frac{g}{\omega} + p_0$; но $p_x = \frac{P}{\varepsilon}$ поэтому $\frac{P}{\varepsilon} = 1,1A + p_0$ и окончательно

$$\varepsilon = \frac{P}{1,1A + p_0} \quad \ldots\ldots (8)$$

Высота подъема по написании сравнений существующих вертикальных конструкций может быть взята для молотов менее 0,5 тонны

$$H = \sqrt[3]{g}$$

для молотов больше 0,5 тонны

$$H = \sqrt[3]{g} + 0,4$$

где H в метрах и g в тоннах.

F найдется из равенства $F = f + \omega$ раз будет известно f, которое определяется из условий крепости плиток. Приблизительно f можно определить по формуле $f = \frac{\sqrt[3]{g^2}}{22}$, где g в тоннах и f в кв. сан.

Наконец p и p_0 берутся соответственно условиям работы молота.

При расчете интересно также знать какое число ударов в состоянии молот сделать в течение одной минуты. Для решения этого вопроса нужно рассмотреть как изменяется скорости падающих частей

Если через v_1 и v_2 обозначим соответственно скорости тарана при положении его на высоте H_1 и H_2 то должно существовать следующее равенство:

$$[\omega(p - p_0) - 1,1g]H_1 = \frac{Q}{g}\frac{v_1^2}{2} \quad \ldots\ldots (10)$$

$$\omega p H_1 (1 + l\varepsilon) - (\omega p_0 - 1,1g) H_2 = \frac{Q}{g}\cdot\frac{v_2^2}{2} \quad \ldots (11)$$

Если через v_3 обозначить скорость тарана в момент удара, то также должно быть:

$$0,9 H \cdot g = \frac{Q}{g}\frac{v_3^2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (12)$$

Преобразуя равенства (10), (11) и (12) получим.

$$(p - p_0 - 1{,}1\,A) H_1 = A \frac{v_1^2}{2g} \quad \ldots\ldots \quad (10)\text{ bis}$$

$$H_1 [(1 + l\varepsilon) p - (p_0 - 1{,}1\,A)\varepsilon] = \frac{A v_2^2}{2g} \quad \ldots\ldots \quad (11)\text{ bis}$$

$$0{,}9\,H = \frac{v_3^2}{2g} \quad \ldots\ldots \quad (12)\text{ bis}$$

откуда для момента прямого удара

$$v_1 = \sqrt{2gH_1 \frac{p - p_0 - 1{,}1\,A}{A}} \quad \ldots\ldots \quad (13)$$

$$v_2 = \sqrt{2gH_1 \frac{(1 + l\varepsilon)p - (p_0 - 1{,}1A)\varepsilon}{A}} \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

$$v_3 = \sqrt{2gH \cdot 0{,}9} \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

Для момента двойного действия величины v_1 и v_2 будут выражаться теми же формулами, как и в предыдущем случае величина же v_3 выразится тою, что перед падением под давлением пара получится из равенства:

$$\left[F(p - p_0) + 0{,}9\,Q\right] H = \frac{Q}{g} \frac{v_3^2}{2} \quad \text{или}$$

$$\left[B(p - p_0) + 0{,}9\,A\right] H = \frac{A}{g} \cdot \frac{v_3^2}{2} \quad \text{откуда}$$

$$v_3 = \sqrt{2gH \cdot \frac{B(p - p_0) + 0{,}9A}{A}} \quad \ldots\ldots \quad (15)\text{ bis}$$

Полагая, что на пути $H_2 - H_1$ поршень движется со средней скоростью $\frac{v_1 + v_2}{2}$ найдем времена прохождения путей H_1, $H_2 - H_1$, $H - H_2$ и H

$$t_1 = \frac{2H_1}{v_1} \qquad t_2 = \frac{2(H_2 - H_1)}{v_2 + v_1} \qquad t_3 = \frac{2(H - H_2)}{v_2} \qquad t_4 = \frac{2H}{v_3}$$

Время полного хода молота будет

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

а число ударов в минуту

$$n = \frac{60}{T} \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

Если под поршнем находится воздушный или какой либо другой буфер, то так как скорость v_2 при этом не изменится, а путь $H - H_2$ буфером сократится, непрудно видеть, что время t_3 сократится тогда и молот с буфером будет делать большее число ударов своим работающий при тех же условиях молот без буфера

Подобно также из формулы (15) bis легко видеть, что скорость v_3 для

молота двойного действия будет больше, чем для молота простого действия и поэтому первый при прочих* условиях будет давать большее число ударов

Приспособление верхнего пара, хотя и увеличивает силу* и число ударов, но зато увеличивает также и возможность поломки падающей части частей, поэтому молота двойного действия строятся только небольших размеров (до $\frac{1}{2}$ тонны), средних размеров (до 20 тонн) конструируются такъ, чтобы по желанию можно было работать съ верхним и безъ верхняго пара, наконецъ самые большіе молота делаются только простого действія. Такое различіе конструкцій тѣмъ болѣе справедливо, что при ковкѣ малыхъ предметовъ очень выгодно скорость движенія ударяющихся частей, дабы не дать остынуть металлу, при крупныхъ же поковкахъ этого опасаться нечего, наоборотъ желательно имѣть возможно большую массу молота, чтобы действіе его распространялось по всей толщинѣ металла.

Фундаментъ паровыхъ молотовъ

Весьма важнымъ условіемъ для правильной работы молота явля ется надлежащіе размѣры наковальни и поддерживающаго ее фундамента или стула

Предположимъ для простоты, что фундаментъ съ наковальней непосредственно принимающій удары падающихся частей, представляетъ собою одно тѣло. Тогда, вспомнивъ много, что между молотомъ и наковальней при ковкѣ помѣщается пластическое тѣло къ данному случаю могутъ быть применены законы центральнаго удара неупругихъ тѣлъ.

Если черезъ m и v обозначимъ массу и скорость ударяющихся частей,

---

* При одинаковыхъ условіяхъ верхняго пара сила удара молота можетъ быть увеличена въ 6 разъ и болѣе

через M - массу фундамента и через v общую скорость, которую приобретают после удара фундамент и падающие части, то на основании закона о равенстве количества движения должно быть:

$$mv = (M+m)u \quad \text{откуда} \quad u = \frac{m}{M+m} \cdot v$$

Кроме того живая сила до удара $\mathcal{E} = \frac{mv^2}{2}$

живая сила после удара $\mathcal{E}_1 = \frac{(M+m)u^2}{2} = \frac{(M+m)m^2v^2}{(M+m)^2 \cdot 2} = \frac{m}{M+m} \cdot \frac{mv^2}{2}$

разность $\mathcal{E}_0 = \mathcal{E} - \mathcal{E}_1 = \left(1 - \frac{m}{M+m}\right)\frac{mv^2}{2} = \frac{M}{M+m}\frac{m \cdot v^2}{2}$

представляет ту работу которая потрачена на деформацию сваебойного тела при ударе, т. е. полезную работу.

Коэффициент полезного действия удара:

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_0}{\mathcal{E}} = \frac{M}{M+m} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Отсюда видно, что чем больше масса фундамента, тем больше коэффициент полезного действия:

при $M = \infty \qquad \eta = 1$

В хороших конструкциях паровых молотов отношение $\frac{M}{m}$ не должно быть менее 10, что дает для $\eta = 0,9$. Переходить этот предел нельзя рекомендовать, так как при дальнейшем увеличении массы M стоимость фундамента увеличивается значительно, величина же η изменяется очень мало ($\eta = 1$ при $M = \infty$)

В действительности фундамент никогда не бывает вполне свободным и та среда на которую он опирается при движении фундамента оказывает некоторое сопротивление R и таким образом как бы увеличивает массу фундамента на величину $m_1 = \frac{R}{g}$. Следовательно в действительности коэффициент полезного действия удара будет более сравнительно с вышеприведенным выражением:

$$\eta' = \frac{M+m}{M+m+m_1} > \eta = \frac{M}{m+M}$$

Таким недостатком опоры под фундаментом, таким образом сопротивление R она оказывает и этим несколько понижается коэф.

сравнительно полезного действия удара. Поэтому вообще упругих подкладок под фундамент употреблять не следует.

Величина живой силы $E_1 = \frac{m}{M+m} \frac{mv^2}{2}$ вся тратится на деформацию ударяющихся частей и самого фундамента и потому независимо от величины коэффициента полезного действия нужно стараться о том чтобы кроме отношения $\frac{M}{m}$ и отношение $\frac{E_1}{M}$ не выходило из известных пределов, т. е. должно существовать следующее равенство

$$\frac{mv^2}{2M} \cdot \frac{m}{M+m} < \gg$$

заменяя, что $m = \frac{Q}{g}$ и $M = \frac{Q}{g}$ найдем $Q \geqq \alpha v^2 g$

Величину α советуют брать $\alpha = 0{,}4$. Но при соблюдении этого условия вес фундамента для больших молотов выходить слишком велик и потому не смотря на всю рациональность такого правила на практике оно применяется очень редко.

При проектировании фундамента необходимо знать то давление которое передается на почву при наиболее ударе молота. Как уже было сказано, вся живая сила E_1 тратится при ударе на сдвиг падающих частей и фундамента молота. Если полное сдвиг участвующих в ударе частей назовем через λ, а наибольшую силу производящую подобную деформацию назовем через P, то работа деформаций будет $\frac{P\lambda}{2}$ (P изменяется от 0 до P) Сила P проявляющаяся между отдельными частями фундамента в момент наибольшая сдвига, должна уравновешиваться грунтом, следовательно она и будет представлять искомую нагрузку.

Величина силы P может быть определена следующим образом: Обозначая соответственно для различных частей участвующих в ударе, через F площадь поперечного сечения, через E - коэффициент упругости материала, через P - сдвигающую силу,

через l — длину, на которой происходит сжатие и через λ самое сжатие, найдем, что работа сжатия призматического тела силой P на величину λ выразится так: $\mathcal{L} = \frac{P\lambda}{2}$ но $\lambda = \frac{Pl}{EF}$ а потому

$$\mathcal{L} = \frac{P^2 l}{2EF}$$

Следовательно работа сжатия для стула

$$\mathcal{L}_1 = \frac{P^2 l_1}{2E_1F_1} \quad \ldots \quad 1)$$

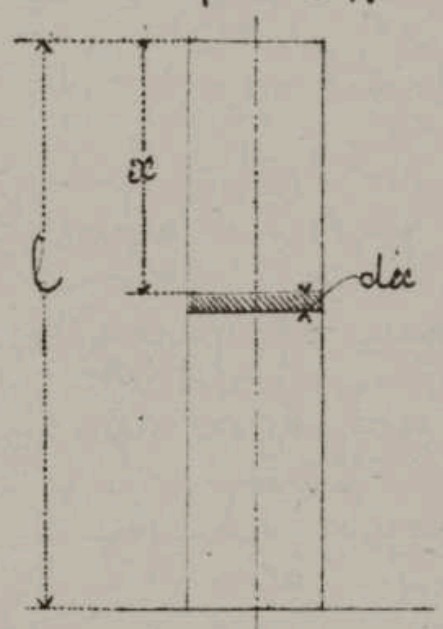
Работа сжатия для деревянной подкладки под стул

$$\mathcal{L}_2 = \frac{P^2 l_2}{2E_2F_2}$$

Что касается до молота и бабы то для них работа сжатия выразится несколько иначе. Действительно при падении молота его деформация происходить под влиянием собственного веса и потому сжатие в различных сечениях будет различно. Если мы рассмотрим бесконечно тонкий слой dx на расстоянии x от верхнего конца молота и будем считать его невесомым, то к нему можно применить выведенную выше формулу, выражающую работу сжатия этого слоя $d\mathcal{L}_3 = \frac{P_x^2 dx}{2E_3F_3}$

но так как сжатие и соответствующее ему напряжение увеличиваются пропорционально расстоянию от верхнего конца молота, то

Черт. 64.



---

1) В формуле $\mathcal{L}_1 = \frac{Pl_2}{2E_2F_2}$ сжимающая сила P равна площади сечения F_2 помноженной на напряжение материала $\sigma - P = F_2\sigma$ подставляя найдем $\mathcal{L}_1 = \frac{\sigma^2 F_2 l_2}{2E_2}$. Произведение $F_2 l_2$ есть объем тела V и потому $\mathcal{L}_1 = \alpha\sigma^2 V$

Это сокращение показывает что работа сжатия, которую способен испытать стул не зависит от площади сечения σ, пропорциональна объему стула или его весу и таким образом более устойчив тот стул для которого $\frac{mv^2}{M}$ не превосходит известной величины.

$P_x = \frac{P}{l_3} x$ и потому надлавшия найдем $dL_3 = \frac{P^2 x^2 dx}{2 E_3 F_3 l_3^2}$

работа сжатия всего пилока будет $L_3 = \int_0^{l} \frac{P^2 x^2 dx}{2 E_3 F_3 l_3^2} = \frac{P^2 l_3}{6 E_3 F_3}$

Баба сжимается опчасти собственным весом силы P и потому работа сжатия бабы будет

$$L_4 = \frac{P^2 l_4}{2 E_4 F_4} + \frac{P^2 l_4}{6 E_4 F_4} = \frac{2}{3} \frac{P^2 l_4}{E_4 F_4}$$

Во всех выражениях работы постоянная одна и та же величина силы P, пока как полн того как уголовающий в ударе часть принуд обидую скорость, давление между ними необходимо должно быть одинаково

(сумма всех работ $L_1 + L_2 + L_3 + L_4$ должна равняться E_1

т.е. $E_1 = P^2 \left(\frac{l_1}{2 E_1 F_1} + \frac{l_2}{2 E_2 F_2} + \frac{l_3}{6 E_3 F_3} + \frac{2 l_4}{3 E_4 F_4} \right)$

определим P — получим:

$$P = \sqrt{\frac{E}{\frac{l_1}{2 E_1 F_1} + \frac{l_2}{2 E_2 F_2} + \frac{l_3}{6 E_3 F_3} + \frac{2 l_4}{3 E_4 F_4}}} \quad \ldots\ldots\ldots (19)$$

При выводе этой формулы не принято во внимание работа сжатия самого грунта, а также работа сжатия ближайшего предмета, так как законы сжатий подобных тел неизвестны, но подобное пренебрежение только несколько увеличивает величину P и потому является вполне допустимым по своей прочности.

Кроме приведенного способа существуют практические данные для определения давления фундамента. Так полагают, что при ударах молота давление фундамента на почву в кило:

при крупных молотах $P = 30$ gн до 60 gн

при ковке пакетов $P = 60$ gн до 95 gн

при ковке сталей $P = 95$ gн до 125 gн

Составные части паровых молотов

Станины. Станины паровых молотов подвергаются сильным напряжениям и потому должны соответственно этому конструироваться

При эксцентрическомъ ударѣ бабы стержень повернется въ вертикальной плоскости и ударъ передастся отъ него крайнимъ направляющимъ планкамъ, вслѣдствіе чего послѣднія получаютъ горизонтальный распоръ (черт. 31 фиг 6) При такихъ условіяхъ наилучшимъ образомъ будутъ сопротивляться планкамъ съ наибольшимъ моментомъ инерціи сѣченія. Слѣдовательно пусть была бы наиболѣе удачна пустотѣлая колонна съ круглымъ сѣченіемъ, но въ виду бо́льшаго удобства при соединеніи отдѣльныхъ частей предпочитаютъ употреблять для большихъ молотовъ пустотѣлыя планки съ прямоугольнымъ сѣченіемъ. При этомъ въ такихъ планкахъ нужно стараться матеріалъ распологать какъ можно равномѣрнѣе и иначе при различной толщинѣ стѣнокъ получается внутреннія напряженія и планка не будетъ способна сопротивляться ударнымъ сотрясеніямъ, которыя неизбѣжны въ паровыхъ молотахъ.

Толщина стѣнокъ берется въ чугунныхъ планкахъ отъ 25 до 70 m/m въ дѣйствіяхъ отъ 12 до 25 m/m.

Планки соединяются съ бѣлыми ребрами; для малыхъ молотовъ планки часто отливаются цѣльными.

Для большей устойчивости планки должны расширяться къ низу Обыкновенно ширина основанія отъ $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ высоты молота.

На чер. 32 предположены различныя типы планокъ встрѣчающіяся въ настоящее время

фиг. 1 представляетъ планку, которую строятъ на заводѣ «Сокол», de L'Hom., Bezaudes, для молотовъ отъ $\frac{1}{2}$ до 4 тонн

фиг. 2 представляетъ планку принятую отчасти заводомъ и такъ же заводомъ Бр. Марель для молотовъ до 20 тонн. Оба приведенные типа какъ видно отливаются цѣльными изъ чугуна.

фиг. 3 представляетъ ком. англ. дѣльную планку съ чугун

ными направляющими для молотов от 2 до 20 тонн на заводе компании Дезлоринг.

Фиг 4 – станина завода Thwaites Brothers для молотов от 2 до 20 тонн

Фиг 5 – станина завода Вулкан для молотов от 1 до 5 тонн

Фиг 6 – станина молота в 35 тонн построенного Гамильтоном и Вильсоном для арсенала в Вульвичи.

Фиг 7 – станина для молотов завода Кредо от 4 до 20

фиг 8 двойная станина завода Thwaites Brothers для молотов от 5 до 15 тонн

фиг 9 станина того же завода для более легких молотов от 5 до 10 тонн

фиг 10 того же завода для молотов в 20 тонн.

фиг 11 более новая модель для молотов от 5 до 20 тонн на заводе компании Дезлоринг

фиг 12 станина молота в 35 тонн построенного заводами Thwaites Brothers для завода Вильяма Армстронга в Елсвики.

фиг 13. станина молота в 100 тонн, поставленного заводами бр. Морель в Кредо

Все приведенные нами станины двойные, состоящие из двух половин. Для более мелких молотов употребляются станины одинарные об которых будет сказано при детальном описании подобных молотов. Двойные станины на верху соединяются особой соединительной доской, которая может быть отлита вместе со направляющими или отдельно от него (фиг 9 и 10) В некоторых случаях соединительная доска служит в тоже время и направляющей коробкой (пл. 33 фиг. 4, 12) Для скрепления соединительными досками станин служат особые отливки (фиг 1 и 11) которые входят в соответствующие гнезда в досках и закрепляются тем

при помощи хлопчатых фланелевых или деревянных, последние своей упругостью предохраняют до некоторой степени паровой цилиндр от сотрясений

Скрепление станины с соединительными досками производится также при помощи болтов и анкерных соединений. Такой способ скрепления можно рекомендовать особенно в тех случаях, когда станина не скрепляется со фундаментом, воспринимающим удары и помогающим большому сотрясению

В настоящее время заметно стремление делать станины паровых молотов из фигуры, склепывая их из листов и угольников И действительно подобные станины нужно признать более рациональными так как они при той же прочности обходятся дешевле

В прежнее время станины паровых молотов делались из дерева, но в виду малой прочности этого материала подобные сооружения могут быть допущены только как временные, для производства же работы деревянных станин теперь не строят.

Органы распределения пара

Так как механизм для распределения пара в паровом молоте приводится в движение всегда от руки, то орган распределяющий пар должен быть такой конструкции, чтобы передвижение его было не затруднительно для рабочего.

Простой золотник (фиг 1, таб. 33) удовлетворяет этому условию только при небольших размерах и потому применяется только для самых малых молотов

Представляет он из себя прямоугольную коробку, которая передвигается при помощи стержня по гладкому зеркалу и поочередно соединяет канал приводящий пар в цилиндр или с препаративным паропроводной трубой, как показано на чертеже, или все

при поднятій золотника вверхъ, онъ немного сходитъ съ поверхности зеркала и соединяетъ каналъ съ паровой коробкой, куда паръ приводится по паропроводной трубѣ.

Плотность соединенія между золотникомъ и зеркаломъ достигается прижатіемъ золотника къ зеркалу давленіемъ пара. Понятно что чѣмъ больше будутъ размѣры золотника, тѣмъ больше будетъ на него давленіе пара и соотвѣтствующее ему треніе и тѣмъ труднѣе будетъ передвиженіе золотника.

Чтобъ золотникъ не могъ отклониться отъ зеркала въ то время, когда онъ не работаетъ онъ обыкновенно прижимается къ зеркалу еще и пружинкой, упирающейся такъ же въ крышку золотниковой коробки, какъ показано на чертежѣ (табл. 33, фиг. 1)

Для уменьшенія треній, золотники дѣлаются уравновѣшенными, т.е. они конструируются такъ, что верхняя часть золотника прижимается къ крышкѣ золотниковой коробки и тогда давленіе пара, прижимающее золотникъ къ зеркалу можетъ быть доведено до 0. Но приготовленіе золотниковъ подобной конструкціи крайне затруднительно, и въ большинствѣ случаевъ они дѣлаются неправильно только въ каналѣ, замѣчаемъ прососъ-ѣніе пара между крышкой коробки и самимъ золотникомъ и основной принципъ устройства нарушается.

Гораздо проще по своему устройству и лучше по работѣ золотники цилиндрическіе (фиг. 3 и 11, табл. 33) Они представляютъ изъ себя два поршенька соединенныхъ трубкой. Для большей плотности каждый изъ поршеньковъ соприкасающійся съ внѣшней частью иногда набивку въ видѣ упругаго кольца (фиг. 11)

Какъ происходитъ распредѣленіе пара можно понять обращаясь къ чертежу на фиг 11 паръ притекаетъ по трубѣ представленной

въ видъ конуса и поступаетъ въ кольцевое пространство между золотникомъ и стѣнками паровой коробки. При положеніи золотника показанномъ на чертежѣ паръ входитъ черезъ рядъ отверстій, расположенныхъ по цилиндрической поверхности въ пространство подъ поршень. При поднятіи золотника въ положеніе показанное пунктиромъ паръ будетъ выпускаться изъ цилиндра внизъ черезъ двойной рядъ отверстій

На фиг. 3 при положеніи золотника показанномъ на чертежѣ паръ выходитъ изъ цилиндра; опустившись внизъ, золотникъ соединитъ кольцевое пространство, наполненное свѣжимъ паромъ съ каналомъ ведущимъ въ цилиндръ и такимъ образомъ впуститъ паръ подъ поршень.

Фиг. 5, 6 и 7 показываютъ какъ распредѣляется паръ въ золотникѣ двойного дѣйствія. На фиг 5 оба канала нижній и верхній закрыты золотникомъ. На фиг. 6 золотникъ немного передвинутъ внизъ. Изъ верхняго канала паръ выходитъ вонъ, а въ нижній каналъ входитъ свѣжій паръ На фиг. 7 золотникъ приподнятъ къ верху и паръ выходитъ изъ нижней части цилиндра и входитъ въ верхнюю.

Въ цилиндрическихъ золотникахъ впускъ пара обыкновенно производится черезъ цѣлый рядъ отверстій, расположенныхъ по всей окружности цилиндра, въ которомъ движется золотникъ. Для того, чтобы перегородка между отверстіями не выступами на ползункѣ золотника дорожекъ ея ширина бы въ просачиваніи пара не распространялось нѣсколько наклонно, какъ показано на фиг. 9.

Фиг. 8 табл. 39 представляетъ клапанъ, впускающій паръ въ среднее кольцевое пространство цилиндрическаго золотника

Иногда цилиндрическій золотникъ принимаетъ форму двухъ поршней соединенныхъ между собой спицами, какъ показано на фиг. 12, представляющей парораспредѣлительный золотникъ самаго большого въ настоящее время молота въ 125 тонн, построеннаго на заводѣ Bethlehem

Ход (Continued) въ Пенсильваніи

Весьма распространенными органами распредѣленія для большихъ молотовъ являются плоскіе клапаны. Корнвалійскіе клапаны (ф. 10 таб 33). Обыкновенно устанавливаются два клапана: одинъ впускающій паръ и другой выпускающій (фиг 2 и 4, таб. 33), которые приводятся въ движеніе однимъ рычагомъ. Устройство и дѣйствіе ихъ понятно изъ чертежа. Клапаны эти тоже вполнѣ уравновѣшены и вслѣдствіе передвиженія очень мало вѣсятъ вслѣдствіе этого они очень удобны для молотовъ большихъ размѣровъ.

Наконецъ для распредѣленія пара въ молотахъ употребляются краны, изъ нихъ по своей конструкціи наиболѣе интересенъ кранъ Вильсона (фиг 13 и 14, таб. 33). На фиг. 13 представленъ кранъ для молота системы Далека, въ которомъ паръ изъ нижней части цилиндра пускается при паденіи бабки въ верхнюю и такимъ образомъ дѣйствуетъ расширеніемъ. Какъ видно изъ плана паръ изъ нижней боковой коробки, снабженной задвижкой, входитъ въ коробку окружающую кранъ и проникаетъ во внутреннюю часть пробки, а оттуда и въ нижній каналъ (см. боковой видъ). Въ тоже время паръ изъ верхней части цилиндра выходитъ вонъ. Поворачивая кранъ по направленію часовой стрѣлки можно соединить нижній и верхній каналы и заставить паръ дѣйствовать расширеніемъ.

Фиг. 14 таб. 33 представляетъ кранъ Вильсона для молотовъ двойного дѣйствія.

Распредѣленіе паровъ кранами вслѣдствіе довольно большого треній и необходимости весьма тщательной пригонки частей безъ чего происходитъ сильное просачиваніе пара встрѣчается въ молотахъ довольно рѣдко

При проектированіи паpораспредѣлительныхъ органовъ нужно

заботиться о томъ, чтобы открываемыя или отверстія были достаточной величины, иначе при проходѣ пара съ черезъ нихъ большой скоростью произойдутъ излишнія потери давленій. Размѣры отверстій слѣдуетъ разсчитывать такъ, чтобы скорость пара идущаго въ цилиндръ не превышала 45 метр., а выходящаго изъ цилиндра была бы не больше 30 мет. въ сек. Соотвѣтственно сѣченію канала отводящаго паръ должны быть въ полтора раза больше сравнительно съ паропроводными каналами. Если этого условія не будетъ выполнено то при выходѣ пара получается большое давленіе подъ поршнемъ и тѣмъ замедляется скорость при восходящемъ и нисходящемъ движеніи поршня, то задаваясь скоростію теченія пара, не выходящей изъ указанныхъ предѣловъ, легко опредѣлить нужную площадь сѣченій каналовъ.

Весьма важно также придавати парораспредѣлительному органу такіе размѣры, чтобы передвиженіе его были самыя незначительныя. Только при такомъ условіи возможно быстро передвигать золотникъ изъ одного положенія въ другое и подчинять движеніе падающихъ частей вполнѣ управляющаго золотникомъ.

Для облегченія выбора размѣра золотника нижеприведена таблица дающая употребительныя въ практикѣ діаметры цилиндрическихъ золотниковъ для моторовъ различныхъ размѣровъ

Размѣръ мотора въ номерахъ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Діаметръ золотника въ m/m	310	400	426	450	475	500	530	555	580	605
	60	70	80	90	100					
	660	710	760	815	865					

Разъ будетъ выбранъ діаметръ золотника, то ходъ его опредѣлится подъ условіемъ полученія извѣстной площади открытія.

Для горизонтальной скиры внѣшней приводящій паръ въ практикѣ выполняется слѣдующія размѣры:

Вых моторна в поршаф: 5 10 15 20 30 40 50 60 70 80 90

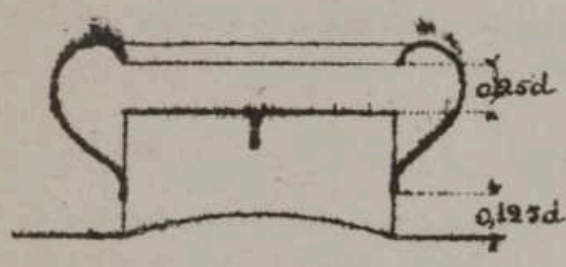
діам вентиля в м.м. 110 130 190 205; 230 250 275 300 325 350 375

Площадь вентилей выпускающихся марк должна быть во полтора раза больше.

Размеры корневалійских вентилей могут быть определены также из встречающегося иногда условія, высота подняція клапана не превосходила 0,125 діаметра вентиля. Тогды зная площадь открытія вентиля найдемъ:

$$R\pi . d . 0,125\, d = F \; ; \; d = \sqrt{\frac{F}{\pi . 0,25}}$$

Черт. 65.



Кромъ этих условій въ корневалійскихъ клапанах опорныя поверхности должны быть по возможности малы. Ширина кольца, на которое опирается вентиль не должна быть больше 5 м.м., иначе разность давленій съ низу и наверху вентиля будетъ слишкомъ велика и затруднитъ его подниманіе

Поршни и штоки.

Поршни паровыхъ молотовъ должны быть по возможности легки иначе при ударахъ они будутъ сильно нагреваться на штокъ и производить частыя поломки. Обыкновенно поршнямъ придаютъ форму представленную на фиг 4—7 таб. 35. Въ прежнее время они приливались къ штоку и отковывались вмѣстѣ со штокомъ (фиг. 4) но приготовленіе подобнаго поршня обходится дорого въ случаѣ поломки штока приходится бросать и поршень, такъ какъ приварить новый штокъ почти невозможно, поэтому теперь такая конструкція поршня оставлена. Гораздо лучше если поршень отливается съ отдѣльнымъ штокомъ

Закрѣпленіе поршня на штокѣ должно быть такое, чтобы при ударахъ оно не могло расшататься. Достигается это тѣмъ,

что поршень насаживается на шток въ горячемъ состояніи, по охлажденіи онъ плотно его сжимаетъ. Кромѣ того сверху еще надѣвается гайка, которая въ свою очередь закрѣпляется шпилькой (фиг 5). Иногда гайка тоже навинчивается въ горячемъ состояніи и для большей прочности поверхъ ея надѣвается еще горячее кольцо (фиг. 6)

Видъ предложеннаго закрѣпленія поршня представленъ на фиг 7, которое прекрасно дѣйствуетъ поршень въ нагрѣтомъ состояніи насаживается какъ видно не на конусъ но на запрессованный цилиндрами конусъ и вмѣсто гайки въ сдѣланную въ штокѣ проточку вставляется разрѣзанное на двѣ половинки кольцо, поверхъ котораго насовѣдывается разорванное цилиндрическое кольцо.

Чтобы поршень плотно сидѣлъ штокъ отверстіе въ немъ должно быть меньше чѣмъ толщина штока, обыкновенно разница допускается въ 0,002. Нагрѣтый поршень расширяется и находитъ на шток, по охлажденіи онъ его плотно сжимаетъ. Уклонъ конуса должень быть меньше угла трѣнія иначе при сжатіи поршень будетъ спрыгивать со штока

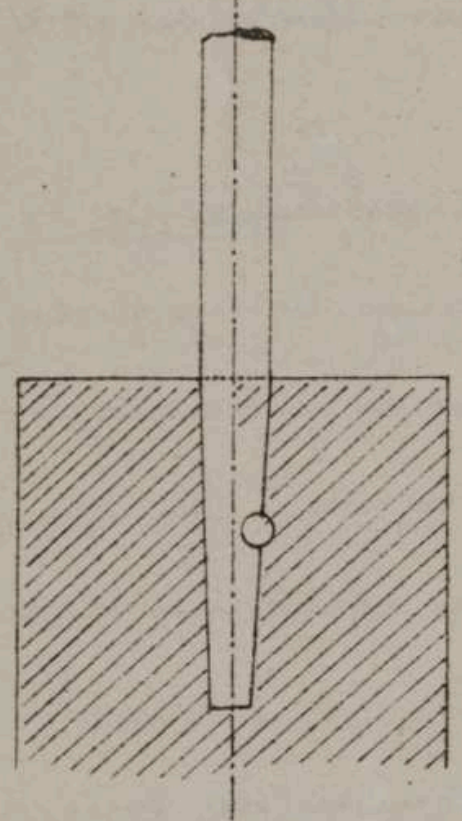
Скрѣпленіе штока съ бабой представлено на фиг. 4 — 8, таб. 35. Фиг. 4 и 7 представляютъ неподвижное закрѣпленіе. Штокъ опускается въ отверстіе, сдѣланное въ бабѣ, на него надѣвается коническая втулка, состоящая изъ двухъ половинъ и затѣмъ штокъ поднимается къ верху, такъ что втулка упирается въ приготовленное для нее мѣсто въ бабѣ. Подъ нижній конецъ штока забивается клинъ, который и замыкаетъ все соединеніе. Фиг. 4 и 7 разнятся только конструкціей втулки; въ первомъ случаѣ она опирается на запрессованный на конецъ штока, а во второмъ втулка имѣетъ свой собственный запрессъ.

Фиг. 6 и 7 представляютъ подвижное соединеніе штока съ бабой

подвоняющее питоку немного поворачиваться относительно бабы, что весьма вредно, при эксцентрических ударах. Здесь, как видно из рисунка, головка питока обхватывается сверху двумя половинками вкладыша, которые в бабу закрепляются при помощи двух чек.

Во многих молотах с тонким питоком последний затягивается на конус и закрепляется в бабу прямо при помощи гайки, как показано на прилагаемом рисунке. Над гайкой в молотке должен быть сделан зазор, чтобы при ударах питок опирался на конус а не на гайку.

фиг 66



Для уничтожения проскальзывания пара на поршень надевается несколько колец, которые приготовляются из дельта или мягкой стали. Кольца делаются около 20 мм. ширины и около 10–15 мм. толщины. Расстояние между кольцами делается около 25 мм.

Сравнительно недавно существовало общее мнение, что лучшим материалом для головок и поршней служит мягкое дельто, но в 1874 г. на американском заводе, Crescent steel Works, совершенно случайно наткнулись на факт, который заставил переменить это мнение. На этом заводе, как и на других местах питоки паровых молотов приготовлялись из мягкой стали и служили обыкновенно около 5 месяцев. Желая увеличить срок службы питоков решили делать их из еще более мягкой стали, но против ожидания питоки из такого материала не работали более 4 месяцев. Случайно при поломке пришлось спешно заменить испорченный питок приготовленным из мягкой части под руками твердой стали с содержанием около 0,6% С. Сейчас же, обнаружив скорой поломки этого питока был заказан другой

изъ мягкой стали, но къ удивленію всѣхъ штокъ изъ твердой стали прослужилъ болѣе двухъ лѣтъ. Въ виду большого интереса подобнаго факта Вильямомъ Метькафомъ" были предприняты спеціальныя испытанія, которыя совмѣстно съ подобными же испытаніями, произведенными во Франціи Шомьеномъ привели къ такому заключенію, что наилучшимъ матеріаломъ для штоковъ паровыхъ молотовъ является твердая сталь. Этотъ фактъ подтверждается заключеніе отмѣченное на стр. 68

Твердая сталь имѣетъ еще то преимущество по сравненію съ мягкимъ желѣзомъ, что при ударахъ молота штокъ не выходитъ изъ предѣловъ упругости и не деформируется тогда какъ желѣзо при сильныхъ ударахъ постепенно раздается отчего штокъ завязаетъ въ самункѣ и перестаетъ двигаться.

Въ виду частыхъ случаевъ поломки штока въ паровыхъ молотахъ необходимо устройство предохранительныхъ средствъ. предупреждающихъ ударъ поршня въ верхнюю крышку или даже вылетъ его вонъ изъ цилиндра если крышки нѣтъ.

На таб. 34 фиг. 5 представленъ коробку въ верхней части цилиндра, въ которой находятся два клапана. Нижній двигается свободно, верхній же прижатъ къ своему мѣсту пружиной, натяженіе которой можно измѣнять по произволу. При движеніи поршня внизъ воздухъ всасывается черезъ нижній клапанъ, при движеніи вверхъ воздухъ надъ поршнемъ сжимается насколько это позволяетъ пружина и затѣмъ выходитъ черезъ верхній клапанъ. При поломкѣ штока воздухъ надъ поршнемъ служитъ будеромъ.

Видоизмѣненіе этого приспособленія представляетъ фиг 3 и 4. Здѣсь

) Metallurgical Review, December 1877.

въ верхней части цилиндра имѣется отверстіе закрывающееся клапаномъ которой дѣйствуетъ какъ и въ предыдущемъ случаѣ. Но кромѣ того, пройдя отверстіе поршень сдавливаетъ находящійся надъ нимъ воздухъ и такимъ образомъ останавливается въ движеніи своимъ воздушнымъ буферомъ. Иногда въ крышкѣ помѣщается еще предохранительный клапанъ.

Описанныя два устройства дѣйствуютъ не всегда исправно и потому выходятъ изъ употребленія

Болѣе надежнымъ является устройство представленное на таб. 34 фиг 6. Здѣсь какъ видно въ верхней части цилиндра находится рядъ отверстій, пройдя которыя поршень образуетъ передъ собой воздушный буферъ, а съ другой стороны, паръ находящійся подъ поршнемъ можетъ свободно выходить вонъ и такимъ образомъ перестаетъ давить на поршень Для того, чтобы при работѣ машина холодный воздухъ не входилъ черезъ отверстія въ цилиндръ и охлаждая его не производилъ бы излишней конденсаціи пара, отверстія соединяются съ пароотводной трубой, тогда свободно при паденіи поршня въ цилиндръ будетъ входить отработавшій раньше паръ.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ, когда въ верхней части цилиндра образуется воздушный буферъ и крышку слѣдуетъ дѣлать двойной

Весьма простое и въ тоже время хорошо дѣйствующее приспособленіе представлено на таб. 34, фиг 7. На цилиндра надѣтъ двойной хомутъ, къ которому прикрѣплены два стержня на другомъ концѣ которыхъ надѣвается деревянный брусъ, упирающійся въ пружины. При движеніи вверхъ поршня онъ ударяется въ брусъ и останавливается или Подобное устройство примѣнимо конечно только въ тѣхъ случаяхъ когда цилиндръ не имѣетъ крышки.

Кромѣ указанныхъ предохранительныхъ средствъ на случай, когда по неисправности управляющаго механизма поршень мож

бы подняться молотом высоко и таким образом нанести опасный удар верхней части опалубки цилиндру, около самой пяты ставят еще деревянные брусья, которые смягчают такие удары (таб. 34 фиг 2) Или все вместо деревянных брусьев ставятся прочные прокладки.

Паровой цилиндр

Паровые цилиндры отливаются из чугуна. Въ случаѣ очень большой величины они составляются изъ нѣсколькихъ частей и укрѣпляются ребрами - При паденіи бабы и сжатіи подъ ней пара давленіе внутри цилиндра можетъ получиться значительно большее, чѣмъ давленіе пара въ котлѣ и потому вообще стѣнки паровыхъ цилиндровъ у молотовъ должны быть сдѣланы болѣе прочными, чѣмъ у паровыхъ машинъ.

Нѣкто предлагаетъ брать толщину стѣнокъ парового цилиндра по слѣдующей формулѣ

$$a = 20 + \frac{D}{30}$$ [1]

гдѣ a - толщина стѣнокъ въ мм. и D діам. цилиндра въ мм.

Паровая коробка отливается или вмѣстѣ съ цилиндромъ или дѣлается отдѣльно отъ него. Во всякомъ случаѣ отводящій паръ каналъ долженъ быть въ нижней части цилиндра такъ чтобы вся конденсаціонная вода могла свободно уводиться или изъ цилиндра иначе она будетъ продавливаться черезъ набивку сальника, вслѣдствіе чего штокъ можетъ ржавѣть, а сальникъ гнить.

Такъ какъ шатокъ имѣетъ движеніе на обѣихъ концахъ то сальникъ долженъ быть разъемнымъ на двѣ половины и затѣмъ скрѣпленъ конусами

Баба и боекъ

Баба паровыхъ молотовъ отливается изъ чугуна или стали и очень под-

---

[1] См. Пѣтина. Справочная книга для горныхъ инженеровъ - т. 1 стр. 897

ко приготовляется изъ сварочнаго желѣза. Обыкновенно она имѣетъ форму параллелепипеда, у котораго ширина въ 2 раза, а высота въ 3 раза больше толщины. Для направленія въ станинѣ на боковыхъ поверхностяхъ бабы имѣютъ выступы или выемки (таб. 31 фиг 7), которыя скользятъ въ соотвѣтственныхъ выемкахъ станины. Чтобы бабы не могли задѣвать и застрѣвать при работѣ между направляющими оставляется зазоръ отъ 1 до 6 мм. смотря по размѣру молота.

На чугунныя бабы иногда для большей прочности надѣваются желѣзные обручи.

Боекъ наносящій непосредственно удары отковываемому предмету, приготовляется изъ стали и закрѣпляется въ бабѣ при помощи прорѣза въ видѣ ласточкина хвоста и клина. Плотно также закрѣпляется наковальня на опорѣ. Нѣкоторые совѣтуютъ располагать прорѣзъ въ наковальнѣ и въ бабѣ подъ прямымъ угломъ, универсально, что при такомъ расположеніи меньше клиньевъ для ослабленія клиньевъ при работѣ молота. Подобное правило едва ли имѣетъ большое значеніе.

Для поддерживанія бабы на нѣкоторой высотѣ надъ наковальней въ ней имѣется надобности во время переворачиванія поковокъ, а также и при нѣкоторыхъ исправленіяхъ, въ станинѣ дѣлается особая собачка (таб. 31 фиг 8), которая поворачивается при помощи особой рукояти и входя въ соотвѣтственное углубленіе въ бабѣ поддерживаетъ послѣднюю. Собачку лучше конструировать такъ, чтобы она опиралась не на бокъ, а на свою заднюю часть, какъ показано на чертежѣ.

Различныя конструкціи паровыхъ молотовъ

На таб. 34 фиг. 1 представленъ молотъ изготовленный въ 1885 г. заводомъ Compagnie Fives-Lille для завода Marine въ Guerigny

Станина этого молота состоитъ изъ двухъ колоннъ, склепанныхъ

изъ эсмиза, которыя соединяются коробчатой клепаной балкой. Къ балкѣ прикрѣплены чугунныя направляющія, соединенныя сверху поперечиной, на которой поставленъ паровой цилиндръ. Паровая коробка привернута отдѣльно. Распредѣленіе пара производится корнковалійскими клапанами. Молотъ простого дѣйствія.

Наковальня и станокъ покоятся на фундаментѣ совершенно отдѣльномъ отъ молота.

Рабочій управляющій молотомъ стоитъ около одной изъ колонокъ и ему приходится передвигать рычагъ для открытія парового цилиндра въ паропроводной трубѣ; управлять рычагомъ двигающимъ парораспредѣлительные клапаны и наконецъ въ его же распоряженіи находится рычагъ отъ предохранительной собачки.

Подобная конструкція, представляя красивую форму цилиндра и что еще удобство, что даетъ много свободнаго мѣста вокругъ наковальни и инымъ облегчаетъ работу.

Главные размѣры станины приведены на чертежѣ, здѣсь же можно добавить, слѣдующія подробности:

Вѣсъ падающихъ частей	5000 кил
Вѣсъ стула и наковальни	36000
Ходъ поршня	2000 мм
Діам. цилиндра	600 мм
Діам. штока	150 мм
Ширина наковальни	800 мм

На таб. 34 фиг. 2 изображенъ молотъ простого дѣйствія построенный на заводѣ Compagnie des Forges de L'Horme для завода Firminy steel works.

Станины молота отлиты отдѣльными, но очень хорошо конструированы въ смыслѣ распредѣленія матеріала. Внизу стани-

ны какъ видно раздваиваются, что очень удобно для манипуляцій съ обрабатываемой вещью. Объ половинки станины укрѣплены на общей чугунной плитѣ при помощи клиньевъ и винтовъ входящихъ въ квадратныя углубленія въ станинѣ. Вверху станины укрѣпляется чугунной поперечиной и закрѣпляются въ гнѣздахъ деревянными клиньями, смягчающими случайные удары бабы въ эту часть. Для той же цѣли поставлены деревянныя подкладки около сальника.

Плита на которой поставлены станины состоитъ изъ двухъ частей соединенныхъ при помощи анкеровъ. Опирается она плитой на каменный фундаментъ и прикрѣпляется къ нему болтами.

Распредѣленіе пара производится уравновѣшеннымъ цилиндрическимъ золотникомъ (діам. 400 мм ходъ 140 мм)

Управляющій молотомъ помѣщается на площадкѣ, находящейся на высотѣ 2650 мм. надъ поломъ. При такомъ положеніи управляющій молотомъ не мѣшаетъ кузнецамъ и кромѣ того не подвергается дѣйствію жара отъ раскаленныхъ поковокъ.

На верху цилиндра помѣщается предохранительный клапанъ прикрутый къ паровому цилиндру болтами.

Около бабы имѣется предохранительная собачка, поворачиваемая ногой управляющаго молотомъ. Стулъ и наковальня необыкновенно тяжелы 80000 кил. Стулъ расширяется къ низу и состоитъ изъ двухъ частей, укрѣпленныхъ анкерными кольцами. Внутри стула вставлено цилиндрическое полно, служащее для болѣе прочнаго соединенія двухъ частей.

Главные размѣры молота слѣдующіе:

Вѣсъ падающихъ частей	10000 кил.
Вѣсъ наковальни и стула	80000 „
Діаметръ цилиндра.	900 мм.
Ходъ поршня	2500 мм.

диаметръ клапана . . . . . 250 мм.

Размѣры станины показаны на чертежѣ.

На таб. 35 фиг 1 – 3 представленъ молотъ простого дѣйствія построенный на заводѣ Bietrix, St Etienne, Франція для завода Loiret.

Этотъ молотъ главнымъ образомъ назначался для работы въ штампахъ. Характерная особенность его чугунная станина. Состоитъ она изъ четырехъ почти прямоугольныхъ плитъ, размѣры коихъ до прикрѣпленія направляющихъ 150 х 600 мм. и вмѣстѣ направляющихъ 110 х 550 мм. Снизу стойки прикрѣплены къ тяжелымъ чугуннымъ башмакамъ, опирающимся на массивную кладку тесаннаго камня и скрѣпленнымъ съ нею фундаментными болтами. Направляющія для бабы отлиты изъ чугуна и на широкой сторонѣ молота скрѣплены другъ съ другомъ чугунными накладками шириной въ 300 мм и толщиной въ 80 мм. Подобныя накладки являются очень полезною деталью въ случаѣ эксцентрическихъ ударовъ. Къ чугуннымъ направляющимъ привернуты стальные башмаки, которые и присаживаются въ непосредственное соприкосновеніе съ бабой. Сверху станины закрѣплены въ чугунной поперечинѣ, деревянными клиньями, особенно удобнымъ соединеніемъ большую упругость, кромѣ того скрѣпленіе это производится также при помощи анкерныхъ болтъ.

Рабочій управляющій молотомъ помѣщается на платформѣ на высотѣ 2200 мм надъ поломъ. Электрическое паро производится управляемымъ электрическимъ золотникомъ. Два предохранительныя собачки расположены съ двухъ сторонъ бабы и поворачиваются общимъ рычагомъ посредствомъ ноги рабочаго.

Наковальня и стулъ станины на отдѣльномъ отъ молота фундаментѣ изъ дерева. Главные размѣры молота:

Вѣсъ падающихъ частей . . . . . 15000 кил.

Вѣсъ наковальни и стула . . . . . 65000 кил.

Диаметръ цилиндра . . . . . 320 мм
Ходъ поршня . . . . . 2000 мм
Діаметръ штока . . . . . 300 мм
Ходъ долотника . . . . . 140 мм

На таб 40 фиг. 1—4 представленъ молотъ простого дѣйствія завода Крезо назначенный для ковки тяжелыхъ вещей и стальныхъ слитковъ.

Станины отлиты цѣльными изъ чугуна соединяются вверху чугунной фермой. Въ средней части укрѣплены двумя чугунными накладками и внизу опираются прямо на отпускъ. Самый отпускъ поддерживающій наковальню состоитъ изъ двухъ частей и опирается на деревянную прокладку, составленную изъ брусьевъ, скрѣпленныхъ между собой болтами и передающую давленіе на слой бетона. Въ отпускъ сдѣланы отверстія и приливки, за которые можно зацѣплять крючками крана, если понадобится передвинуть отпускъ. Черезъ отпускъ и нижнюю часть станины пропущены два болта, соединяющіе все это вмѣстѣ.

Рабочій управляющій молотомъ помѣщается на платформѣ и вполнѣ защищенъ отъ дождя и искръ при ковкѣ.

Распредѣленіе производится корневалійскими клапанами, при чемъ послѣдніе расположены рядомъ по направленію наименьшаго измѣренія станины. Такимъ расположеніемъ достигается то, что паровая коробка выходитъ короче и слѣдовательно легче. Рычаги приводящіе въ движеніе клапаны расположены такъ, что они доступны рабочему съ какой бы стороны молота онъ ни стоялъ. Предохранительная собачка поворачивается ногой рабочаго.

Главнѣйшіе размѣры молота суть:

Вѣсъ падающихъ частей . . . . . 20000 кил.

Вѣсъ наковальни и стула . . . . . 141000 кил.
Діаметръ цилиндра . . . . . 950 мм.
Ходъ поршня . . . . . 2850 мм.
Діам. штока . . . . . 180 мм
Діам. паровпускного вентиля . . . . . 150 мм
Его ходъ . . . . . 23 мм
Діам. паровыпускного вентиля . . . . . 240 мм
Его ходъ . . . . . 32 мм.

На таб. 40 фиг. 3-7 представленъ молотъ построенный на заводѣ Compagnie de l' Horme по проекту M Lucien Arbel для его завода въ Rive de Gier.

Молотъ спеціально проектированъ для ковки паровозныхъ осей до 2300 мм. въ діам. и другихъ не толстыхъ, но широкихъ поковокъ. Отличительная черта этого молота его станина состоящая изъ четырехъ колоннъ, склепанныхъ изъ универсальнаго и углового фасовъ. Эти колонны соединяются сверху общей чугунной плитой; посредине связаны фасонными поперечинами, склепанными изъ универсальнаго и углового фасовъ. Съ нижней стороны колонны привинчены къ чугуннымъ башмакамъ, связаннымъ болтами съ фундаментомъ. Къ среднимъ поперечинамъ прикрѣплены отливныя изъ стали направляющія для бабы и площадка для управляющаго молотомъ. Рабочій на этой площадкѣ, какъ и въ другихъ молотахъ совершенно защищенъ отъ искръ и окалины, хотя въ тоже время можетъ свободно наблюдать за работой и приказаніями кузнеца.

Распредѣленіе пара производится уравновѣшенными цилиндрическимъ золотникомъ двѣ предохранительныя собачки поворачиваются общимъ рычагомъ.

Отдѣлъ поставленъ независимо отъ молота и состоитъ изъ

трехъ частей: верхняя вѣситъ 46000 кил., средняя 48000 кил. и нижняя 46000 кило, что въ общемъ составляетъ 140000 кило. Всѣ три части соединены между собою при помощи болтовъ и анкерныхъ колецъ, кромѣ того вокругъ нихъ наложены стягивающія кольца, чтобы предупредить растрескиваніе чугуна. Чугунный стулъ опирается на прокладку изъ дубовыхъ брусьевъ, передающую давленіе на песокъ, самый молотъ опирается на четыре стойка вылитыхъ изъ тоже самого чугуна. Между стойками вложены кирпичныя стѣнки и все пространство между стѣнками и стуломъ заштрамбовано пескомъ.

Главныя размѣры суть:

Вѣсъ падающихъ частей	40000 кил.
Вѣсъ наковальни и стула . . .	140000 кил.
Діам. цилиндра	1320 мм.
Ходъ поршня	1650 мм.
Діам. золотника	510 мм.
Ходъ золотника	170 мм.

Необыкновенно большое пространство между колоннами дозволяетъ съ удобствомъ производить работы для которыхъ молотъ былъ проэктированъ.

На таб. 36 представленъ одинъ изъ самыхъ большихъ молотовъ построенныхъ на заводѣ Морена (Etaing&s bv Rive de Gier) Молотъ назначенъ для ковки самыхъ тяжелыхъ вещей: пушекъ пароходныхъ валовъ панцирныхъ плитъ и т. п.

Станины отлиты изъ чугуна и закрѣплены снизу въ чугунныя же башмаковъ. Оба башмака скрѣпляются другъ съ другомъ желѣзными тягами, проходящими черезъ соотвѣтственныя углубленія въ башмакахъ. Тяги имѣютъ квадратное сѣченіе 160 мм. въ сторонѣ. На серединѣ высоты станины кромѣ того укрѣплены желѣзными накладка-

ми, помѣщающимися въ стѣнкѣ фундамента 1800 мм на 1000 мм. Направляющая для бабы длиною изъ чугуна и прикрѣпленная къ стойкамъ болтами и анкерными кольцами. Верхняя соединительная доска для молота, чтобы по возможности уменьшить высоту молота, которая и теперь помѣщалась въ 17 метр. корпуса изъ двухъ въ 300 мм помощью. Стойки нижними скрѣплены съ нижней доской и съ паровымъ цилиндромъ болтами діам. въ 150 мм. Около бабы помѣщаются предохранительныя со бочки

Паровой цилиндръ составленъ изъ 3 частей: въ верхней находится рядъ анкеровъ и онъ служитъ какъ предохранительная деталь; въ нижней помѣщается парораспредѣлительная коробка. Всѣ три части соединяются при помощи болтовъ и для большей прочности укрѣплены ребрами. Верхняя часть цилиндра закрыта чугунной крышкой съ мазью, черезъ которую можно произвать во внутрь цилиндра для его осмотра

Паръ приводится по одной трубѣ (350 мм) и отводится по двумъ трубамъ того же діаметра, расположеннымъ рядомъ, что сдѣлано тоже съ цѣлью уменьшить высоту молота. По выходѣ трубъ изъ паровой коробки онѣ соединяются колѣномъ въ одну общую діам. 500 мм.

Распредѣленіе пара производится уравновѣшеннымъ цилиндрическимъ золотникомъ 750 мм въ діаметрѣ. Для такого большого молота размѣръ золотника долженъ быть небольшимъ (согласно приведенной таблицы онъ долженъ былъ 865 мм) поэтому для надлежащей степени открытія окна паровой трехъ кратно двойной ходъ золотника — передвиженіе золотника въ 750 мм. далеко и при небольшихъ размѣрахъ не подчиняется для человѣка, тѣмъ болѣе это справедливо для молота съ увеличенными размѣрами золотника но это неудобство легко было устранено введеніемъ промежуточнаго парового цилиндра небольшихъ размѣровъ

помещающагося около платформы, на которой стоитъ рабочій. Рабочій дѣйствуетъ рукой на шарораспредѣленіе малаго цилиндра, а шарикъ послѣдняго при посредствѣ рычаговъ передаетъ движеніе главному золотнику. При такомъ устройствѣ со стороны рабочаго требуется самое небольшое усиліе, хотя конечно скорость передвиженія главнаго золотника нѣсколько и уменьшается, что впрочемъ при такихъ большихъ молотахъ не имѣетъ значенія. Паръ въ малый цилиндръ приводится по небольшой медной трубкѣ изъ главной паропроводной трубы и такой же трубкой отводится въ главную паропроводную трубу

Фундаментъ парового молота заложенъ на скалѣ, которая выключена совершенно горизонтально и на этой поверхности сдѣлана каменная кладка, идущая до самаго молота. Между этимъ и каменной кладкой положенъ слой деревянныхъ брусьевъ, соединенныхъ прочно болтами и служащій для смягченія ударовъ на кладку. Чугунный стулъ состоитъ изъ 7 частей. Шесть нижніе слоя, составленные изъ двухъ половинъ, скрѣпленныхъ анкерными кольцами насаженными въ горячемъ состояніи. Верхній слой представляетъ цилиндрическую плиту на которую и опирается наковальня. Всѣ слои соединены между собой клиньями и въ общемъ вѣсятъ 500000 кило.

Главные размѣры молота:

Вѣсъ падающихъ частей	100000 кило.
Вѣсъ бабы	72000 кило
Вѣсъ штока и поршня	16000 кило
Вѣсъ цилиндра	52000 кил
Вѣсъ станины	230000 кил.
Вѣсъ башмаковъ	128000 кил.
Вѣсъ стула	500000 кил.
Общій вѣсъ всѣхъ металлическихъ частей молота	1068500 кил.

Діаметръ цилиндра . . . . . 2000 мм.
Ходъ поршня . . . . . 5100 мм.

Подобнаго же типа молотъ находится на извѣстномъ заводѣ Шнейдера въ Крезо во Франціи. Сначала молотъ этотъ былъ построенъ на 80 тонн, но размѣры его цилиндра были настолько велики что въ послѣдствіи онъ былъ передѣланъ на сто-тонный молотъ причемъ увеличили только всѣ габаритные части не измѣняя самаго цилиндра.

На таб. 43 представленъ самый большой въ настоящее время молотъ построенный на американскомъ заводѣ Bethlehem Iron Company въ Пенсильваніи по проекту Johnia Fritg'a

Станина молота отлита изъ чугуна и составлена изъ нѣсколькихъ частей, скрѣпленныхъ болтами. Кромѣ того направляющія станины скрѣплены при помощи четырехъ чугунныхъ накладокъ. Верхняя часть станины входитъ въ особые пазы въ соединительной доскѣ которая въ тоже время служитъ и паропаспредѣлительной коробкой и скрѣпляется при помощи болтовъ. Нижняя часть станины опирается на бамлаки скрѣпленные фундаментными болтами съ каменной кладкой.

Паровой цилиндръ отлитъ изъ 3-хъ частей. Верхняя вѣситъ 6930 кил., средняя 9100 и нижняя 9530 кило. Паропаспредѣлительная коробка вѣситъ 5900 кил. и конструирована такъ, что къ имѣющемуся теперь цилиндрическому золотнику можетъ быть добавленъ еще такой же съ другой стороны (см. таб. 33, фиг. 12)

Распредѣленіе пара производится при помощи плоскаго паро-
вого цилиндра, стоящаго надъ золотникомъ (таб. 42, фиг. 3) Отъ рукоятки рабочаго идутъ два проволочныхъ каната, которыми можно поворачивать рычагъ и опуская плоскій золотникъ вну-

сталь пар подъ поршень малаго цилиндра и тѣмъ заставляетъ подни-
маться распредѣлительный, цилиндрический золотникъ. Какъ только зо-
лотникъ начнетъ подниматься, то дѣйствуя на связанные съ нимъ ры-
чаги e, d и b, онъ передвинетъ стержень малаго золотника вверхъ и
тѣмъ прекратитъ дальнѣйшій впускъ пара подъ поршень и слѣдо-
вательно движеніе золотника остановится. Дѣйствуя на проволоч-
ные канаты цилиндрическій золотникъ можетъ быть остановленъ въ
любомъ положеніи. Паропаспредѣлительный механизмъ подобнаго устрой
ства дѣйствуетъ дастаточно хорошо. Для того, чтобы сообщить пос-
тоянному золотнику болѣе плавныя движенія на его стержень въ около направ-
ляющей находятся 2 пружины, которыя и не допускаютъ черезъ чуръ быстрыхъ
передвиженій его.

Баба составлена изъ двухъ частей: верхняя чугунная, нижняя сталь-
ная. Соединены онѣ между собой анкерными кольцами. Для поддержанія ба-
бы на различныхъ высотахъ на ней имѣются вынки въ которыя входятъ
предохранительныя собачки, посредствомъ которыхъ можетъ быть остановленъ въ
нужномъ рычагомъ ходѣ работало.

Устройство фундамента для такого гигантскаго молота пред-
ставляло тоже немалую задачу. Прежде всего былъ забитъ рядъ свай длиной
11 мет. на разстояніи 800 мм. другъ отъ друга. На нихъ была положена
настилка изъ досокъ и затѣмъ слой деревянныхъ стружекъ изъ подъ фре-
зерныхъ машинъ. На это положенъ слой чугунныхъ брусьевъ всего 8. На
нихъ насланъ слой досокъ толщиной 50 мм.; затѣмъ слой пробки тол-
щиной 450 мм. Сверхъ этого положенъ слой дубовыхъ досокъ, затѣмъ
опять чугунныя плиты сверхъ нихъ слой пробки и наконецъ 6 слоевъ чу-
гунныхъ болванокъ. Общій вѣсъ фундамента опредѣляется въ 1952000 кил.

Главныя размѣры молота:

Вѣсъ падающихъ частей . . . . . 115000 кил.

Вѣсъ фундамента и наковальни . . . . . 1952000 кил.
Діаметръ цилиндра . . . . . 1929 мм.
Длина цилиндра . . . . . 6095 мм.
Ходъ поршня . . . . . 4876 мм.
Діаметръ штока 405 мм.
Высота молота . . . . . 27430 мм.
Ширина молота . . . . . 11582 мм

Въ описанныхъ выше паровыхъ молотахъ распредѣленіе пара производится отъ руки рабочаго и весь ихъ простого дѣйствія, подобная конструкція въ виду ея простоты оказывается очень удобной для большихъ молотовъ, дающихъ редкіе удары, но при малыхъ молотахъ, которые должны давать до 400 и болѣе ударовъ въ минуту, рабочій не въ состояніи производить распредѣленіе рукой и потому необходимо примѣнять автоматически дѣйствующій механизмъ, а также думать объ двойного дѣйствія

Конструкціи паровыхъ молотовъ двойнаго дѣйствія съ автоматическимъ распредѣленіемъ пара

Автоматическому парораспредѣлительному механизму паровыхъ молотовъ должны предъявляться слѣдующія требованія: 1) механизмъ долженъ быть таковъ, чтобы по произволу можно было измѣнять высоту размаховъ молота и соотвѣтствующую имъ силу удара; 2) чтобъ можно было среднюю высоту размаховъ придерживать и ударять отъ наковальни и такимъ образомъ устанавливать ее сообразно съ размѣрами поковки 3) чтобы можно было работать съ паровымъ буферомъ подъ поршнемъ и получать при этомъ легкіе удары, или безъ буфера и получать очень сильные, т. наз. мертвые удары

Первое изъ этихъ условій выполняется легко тѣмъ, что на паро-

приводной трубы отходящей паровой винтиль, закрытием которого рабочий может изменять давление пара и соответственно съ этимъ измѣнять величину подачи.

Пожалуй все изъ этихъ требованій является наиболѣе трудными для конструктора и вполнѣ удовлетворительно выполнено только въ нашемъ молотѣ, изъ которыхъ можно указать на молотъ съ однимъ и тѣмъ же парораспредѣлительнымъ механизмомъ, исполняемые англійскимъ заводомъ „Массей" и американскимъ „Бисселлъ и Майнесъ".

Первый автоматическій парораспредѣлительный механизмъ былъ устроенъ въ 1843 г. Вильсономъ (Wilson) для парового молота Несмита и состоялъ въ слѣдующемъ: (таб. 87, фиг. 1) Отверстіе впускной трубы d имѣетъ на другомъ концѣ поршень m, который давленіемъ пара постоянно прижимается къ низу и такимъ образомъ стремится закрыть паровпускное окно. Рядомъ съ направляющими для бабы помѣщены два винта a и b въ нихъ въ муфтѣ вращаются, винтъ же a имѣетъ вращательное и поступательное движеніе. На обоихъ винтахъ надѣты гайки. Въ гайкѣ винта b находится центръ вращенія рычага c, одинъ конецъ котораго прикрѣпленъ къ гайкѣ винта a, а на другомъ помѣщается роликъ. Къ бабѣ прикрѣпленъ искривленная полоса d, которая при движеніи бабы вверхъ надавливаетъ на роликъ рычага c, поворачиваетъ его и тѣмъ, приподнимая винтъ a, опускаетъ золотникъ n. Слѣдовательно работа молота происходитъ слѣдующимъ образомъ: баба опущена внизъ, роликъ рычага b не соприкасается съ полосой d и потому золотникъ n давленіемъ пара m свободно опускается внизъ и впускаетъ паръ подъ поршень молота; баба начинаетъ подниматься вверхъ до тѣхъ поръ, пока полоса d не надѣнетъ на роликъ и тѣмъ передвинетъ золотникъ, тогда начинается паденіе бабы. При помощи ручки f и зубчатой передачи можно вращать винты a и b и тѣмъ передвигать

гайки винт или нарез, а винтить с помощью гаек будешь изменяя положение средней линии рядилась бабы. Пока как под давлением жидкости не дополнишь сейчас все следуешь за движением бабы, но не успеешь поспешная дойти до поковывающего предмета, как пар уже будет пущен под поршень, следовательно потеряешь легкий удар с паровым буфером. Если делают полные мертвые удары, то для этого около конических шестерень имеется рычаг d, который прудинной постоянно прижимается к винту и при падении последнего рычаг d защелкивает в кольцевой прорез h и не позволяет винту а опускаться вниз при падении бабы, следовательно дополнишь нарез не успеет открыть паровпускного окна и потому удар получается мертвый без парового буфера.

При очень большом числе ударов в минуту рабочий не успеет успеть выводить рычаг d из защепления с винтом а и для этого Вильсоном было устроено следующее приспособление: К бабе прикреплен конический рычаг f, вращающийся около пина g. Одно из колен рычага поддерживается пружиной в горизонтальном положении, а другое прижимается к полосе i, прикрепленной к шарнирам y. При ударе бабы об поковываемый предмет, горизонтальное колено рычага f вследствие инерции отклоняется вниз, а другое колено в это время толкает полосу i вниз, которая будучи соединена внизу с рычагом d выводит его из защепления с винтом а.

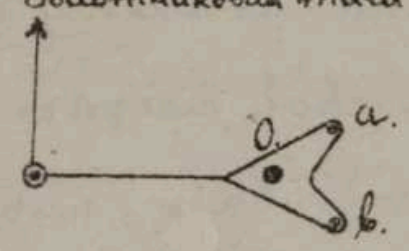
Рычаг k служит для поднимания винта а вниз руки, когда не желают пользоваться автоматическим механизмом.

Механизм Вильсона хотя и удовлетворяет всем вышеуказанным выше требованиям, оказался неудобным на практике, вследствие большой сложности и деликатности своих частей

Весьма сходным по идее устройства, но отличным по конструк-

чін является *механизм Нейлора* экспонированный впервые на лондонской выставке 1862 г.

Устройство его заключается въ следующемъ (таб. 37, фр. 3) на станине помѣщаются два коленчатыхъ рычага, имѣющіе точки вращенія въ с и о'. Концы этихъ рычаговъ аа и вв соотвѣтственно соединены планками. На планкѣ аа насажены кулакъ А, а на планкѣ вв А,. Кулачки могутъ скользить по планкамъ и передвигаются при помощи рычаговъ А и В. Съ верхнимъ коленчатымъ рычагомъ неподвижно связана золотниковая тяга, такъ что при его вращеніи тяга будетъ опускаться или подниматься. На забѣ имѣется рамка т, который при движеніи бабы надавливаетъ на кулаки и такимъ образомъ поворачивая коленчатые рычаги двигаетъ золотникъ. Понятно, что установливая при помощи рычаговъ А и В кулаки въ различныя положенія можно измѣнять по произволу величину и положеніе раздвиговъ золотника.



Недостатокъ этого механизма заключается въ томъ, что онъ не можетъ давать мертвые ударовъ, хотя вслѣдствіе замедленія паденія золотника удары могутъ получиться весьма достаточно сильными. Кромѣ того вслѣдствіе ударовъ рамка о кулаки, механизмъ часто разстраивается и все время работы слышится шумъ, что нѣсколько непріятно дѣйствуетъ на слухъ.

Послѣдній недостатокъ вполнѣ устраненъ въ механизмѣ *Планкетта* (таб. 37, фиг. 4) изготовляемомъ заводомъ Chemnitzer Werkzeugmaschinen Бавіе (бывш. Циммермана). Какъ видно изъ чертежа, въ бабѣ соединенъ рычагъ, имѣющій точку вращенія въ о. Другой конецъ его представляетъ кулиску, въ которой при посредствѣ винта закрѣпленъ конецъ рычага f, идущаго къ золотнику. Послѣдній рычагъ состоитъ

изъ двухъ частей соединенныхъ по срединѣ при помощи шарнира. Съ одного шарниромъ соединена рукоятка g, имѣющая точку вращенія въ B. Если механизмъ дѣйствуетъ автоматично, то конецъ рычага f отходитъ отъ праваго конца кулисы и поворачивая рукоятку g можно укорачивать или удлинять рычагъ f и тѣмъ измѣнять положеніе средней линіи размаховъ молота. Если же молотомъ хотятъ управлять отъ руки, то конецъ рычага въ кулисѣ ставятъ въ крайнее левое положеніе, при чемъ кулиса почти не сообщаетъ движенія золотнику и поворачивая рукоятку g управляютъ молотомъ отъ руки.

Недостатокъ этого механизма въ томъ, что въ немъ еще въ большей степени, чѣмъ въ механизмѣ Нейлора не удовлетворяется требованіе относительно возможности полученія мертвыхъ ударовъ и его употребленіе возможно только съ верхнимъ паромъ. Хотя работаетъ онъ очень плавно и требуетъ мало металла.

Весьма простымъ по устройству и хорошимъ по своему дѣйствію представляется механизмъ Дейча (таб. 37, фиг. 5)

Въ бабѣ наклонно къ ея оси сдѣланъ паз, внутри котораго движется ползунъ m, къ послѣднему прикрѣпленъ конецъ рычага a. отъ рычага a при помощи рычаговъ b и c, подвѣшенныхъ въ точкѣ o, движеніе передается золотнику. Поворачивая рукоятку d можно перемѣщать точку вращенія o и тѣмъ перемѣнять длину размаховъ бабы. Этотъ механизмъ не имѣя никакихъ винтовыхъ соединеній, является еще болѣе прочнымъ, чѣмъ механизмъ Планкета., но дѣйствуя автоматично отъ пара не въ состояніи давать мертвыхъ ударовъ. Для полученія такихъ ударовъ необходимо каждый разъ приподнимать немного конецъ рукоятки d ко верху и тѣмъ замедлять открытіе паровпускного окна.

На таб. 37, фиг. 2 представленъ механизмъ Шварцкопфа, имѣющій большое распространеніе въ Германіи.

К станине молота въ точкахъ вращенія O и O' прикрѣплены колѣнчатые рычаги b. Концы этихъ рычаговъ соединены планкой a a, на которой закрѣпленъ кулакъ c. При подъемѣ бабы ролекъ n набѣгаетъ на кулакъ c и двигаетъ планку a a вліво и поворачиваетъ при этомъ рычагъ b и эксцентрикъ на одной оси съ верхнимъ рычагомъ другой колѣнчатый рычагъ l e, который въ свою очередь передвигаетъ золотникъ, и баба начинаетъ падать. При паденіи бабы, планка стремится возвратиться въ свое прежнее положеніе, вслѣдствіе напряженія каучуковой трубочки K, которая прикрѣплена къ лѣвому концу плеча рычага b. Описанныя части механизма достаточны для того, чтобы молотъ работалъ съ паровымъ ударомъ, для полученія же мертвыхъ ударовъ имѣется рычагъ f, удерживающій въ горизонтальномъ положеніи каучуковой трубочки i, правый конецъ рычага представляетъ собачку, которая цѣпляется за рычагъ le и не позволяетъ золотнику падать вплотную съ бабой только послѣ того какъ произойдетъ ударъ бабы, вслѣдствіе сотрясенія, трубочка i сдавится и, освободивъ рычагъ le позволитъ золотнику опуститься и открыть паровпускной каналъ.

Если молотъ долженъ работать безъ мертвыхъ ударовъ, то рабочій надѣваетъ на лѣвый конецъ рычага f и собачка не цѣпляется. Если наоборотъ желаютъ получать рѣдкіе но сильные удары, то прикрѣпляется ручка g, которая поддерживаетъ рычагъ f и не позволяетъ собачкѣ опускаться золотнику даже и послѣ удара.

Передвигая кулачекъ c по планкѣ a a, можно перемѣщать среднюю линію розмаховъ молотка.

Описанный механизмъ представляетъ то неудобство, что кулачекъ c нельзя переставлять на ходу, кромѣ того этотъ механизмъ не допускаетъ распредѣленія пара отъ руки.

Очень оригинальный парораспредѣлительный механизмъ предло-

Паровой молот завода Сименса (паб. 37, фиг 6)

Въ молотѣ Сименса штокъ поршня сдѣланъ большой площади и проходитъ черезъ верхній цилиндръ. Въ верхней части поршня сдѣланъ прорѣзъ аа изогнутой по винтовой линіи. Въ этомъ прорѣзъ скользитъ штифтъ кривошипа b, такъ что при движеніи штока штифтъ b отклоняется отъ горизонтальнаго направленія и, поворачивая ось c, приводитъ въ движеніе всю систему рычаговъ. Подобное устройство дозволяетъ сообщать бабѣ молота чрезвычайно разнообразныя движенія. Если дѣлаютъ получать легкіе удары, то рукоятку d держатъ неподвижно: тогда рычаги двигаются около центра O; молотъ будетъ дѣлать частые размахи, но вслѣдствіе преждевременнаго впуска пара подъ поршень сила его будетъ ослаблена. Поворачивая рукоятку d, перемѣщаютъ центръ вращенія O и вмѣстѣ съ нимъ средняя линія размаховъ молота: самъ центръ вращенія будетъ перемѣщаться, но размахи молота будутъ удаляться отъ наковальни и наоборотъ.

Сообщая рукоятку d большіе размахи, центръ вращенія переносятъ въ точку O′, которая совершаетъ сравнительно очень малыя движенія и такимъ образомъ молотъ работаетъ отъ руки.

Если молотъ работаетъ автоматически и при этомъ дѣлаютъ нанесеніе сильный ударъ, то для этого нужно только ручку d быстро опустить внизъ.

Для того, чтобы остановить молотъ на извѣстной высотѣ ручку d поворачиваютъ такъ, чтобы золотникъ закрылъ нижнее окно и затѣмъ ее оставляютъ на свободѣ, тогда золотникъ вслѣдствіе тренія останется неподвижнымъ, а молотъ поднимаясь повернетъ всю систему рычаговъ около точки O′, при чемъ движеніе продолжается вверхъ до тѣхъ поръ пока давленіе расширяющагося пара не сдѣлается равнымъ всѣмъ подающимся частей.

На фиг 7 представлена конструкція поршня для тѣхъ случаевъ, когда штокъ имѣетъ большую толщину. Поршень состоитъ изъ двухъ концевъ надѣтыхъ другъ на друга въ нагрѣтомъ состояніи. Отъ движенія вдоль штока поршень удерживается кольцомъ т состоящемъ изъ двухъ половинъ, вставленныхъ въ прорѣзъ и поводокъ которого надѣто въ горячемъ состояніи цѣльное кольцо М.

Молота описанной конструкціи заводъ Кемпера строитъ величиной до 1000 кил. сверхъ этого вѣса строятся молота по типу представленному на таб. 41, фиг. 5–7 (система Морисона) Паропаспредѣленіе въ этихъ молотахъ производится прямо отъ руки.

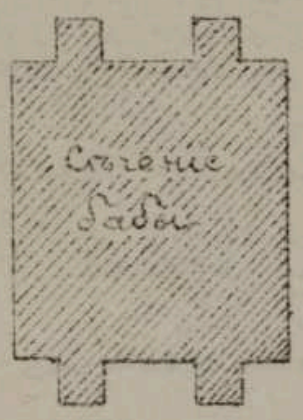
Станины отливаются изъ чугуна и скрѣпляются вмѣстѣ съ цилиндромъ какъ показано на фиг. 6 и 7. Въ мѣстахъ соединенія станинъ между собой и съ цилиндромъ, для смягченія ударовъ прокладываются тонкія деревянныя прокладки.

Штоки и поршень приготовляются стальными, но, какъ уже было сказано, подобная система молотовъ оказывается прочной достаточно только при легкой работѣ, при ковкѣ же крупныхъ предметовъ и стальные штоки ломаются очень часто.

Прекрасные автоматическіе молота изготовляетъ заводъ Massey (Massey Brothers Openshaw, near Manchester)

Одинъ изъ нихъ вѣсомъ въ 200 кил. представленъ на таб. 38 фиг. 1–4. Станина этихъ молотовъ состоитъ изъ двухъ чугунныхъ стоекъ скрѣпленныхъ между собою фосфорными болтами и снизу прикрѣпленныхъ къ основной чугунной плитѣ. Подобная конструкція станины очень удобна при ковкѣ длинныхъ предметовъ, такъ какъ они могутъ свободно продвигаться почти по всѣмъ направленіямъ. По сторонамъ станины дѣлаются направляющія. Ударныя бабы отливаются стальными. Для ихъ направленія имѣются прорѣзы въ станинѣ. Штокъ

съ поршнемъ двигается удлиняясь.



Парораспредѣлительный механизмъ состоитъ изъ коленчатаго рычага J, вращающагося на штифтѣ K. Этотъ штифтъ закрѣпленъ въ кривошипѣ вращающемся около оси O (фиг 4) при помощи рукоятки M (фиг 2). Такимъ образомъ при поворачиваніи этой рукоятки центръ вращенія рычага J описываетъ окружность около точки O. Одинъ конецъ рычага J искривленъ и соприкасается съ роликомъ J, укрѣпленнымъ на бабѣ, другой же конецъ соединенъ съ золотниковой тягой D.

При движеніи бабы она опрокидываетъ рычагъ J и тѣмъ передвигаетъ золотникъ. Такъ какъ рычагъ J не соединенъ съ бабой, то онъ всегда немного отстаетъ отъ нея и потому открытіе канала нѣсколько запаздываетъ и удары молота получаются мертвые. Если желаютъ получать частые но легкіе удары съ паровымъ буферомъ, то для этого нужно только рукоятку O все время тянуть кверху и тѣмъ плотно прижимать рычагъ J къ ролику бабы.

Чтобы измѣнить величину средней линіи размаховъ молота нужно поворачивать рукоятку M (фиг. 1) и тѣмъ перемѣщать центръ вращенія рычага J. Понятно, что чѣмъ дальше отъ оси бабы будетъ находиться этотъ центръ вращенія тѣмъ дальше отъ нея ходами будутъ совершаться размахи молота.

Поворачивая винтъ рукоятку O распредѣленія пара можно производить отъ руки и сообщать рядъ не сильные удары.

Желая остановить молотъ на какой-нибудь высотѣ, нужно освободить рычагъ M и затѣмъ рукояткой O закрыть паровой каналъ. Поднимающійся квадратъ молота заклинится въ этомъ положеніи, при которомъ давленіе пара въ цилиндрѣ сдерживаетъ главный

вису падающихъ частей. Открывая затворъ паропровода молотникъ можно бабу опустить на произвольную высоту.

Принимая во вниманіе простоту конструкціи, большое разнообразіе движеній, которыя сообщаются бабѣ, и ту легкость съ которой эти движенія получаются, нужно признать этотъ молотъ лучшимъ изъ существующихъ въ настоящее время.

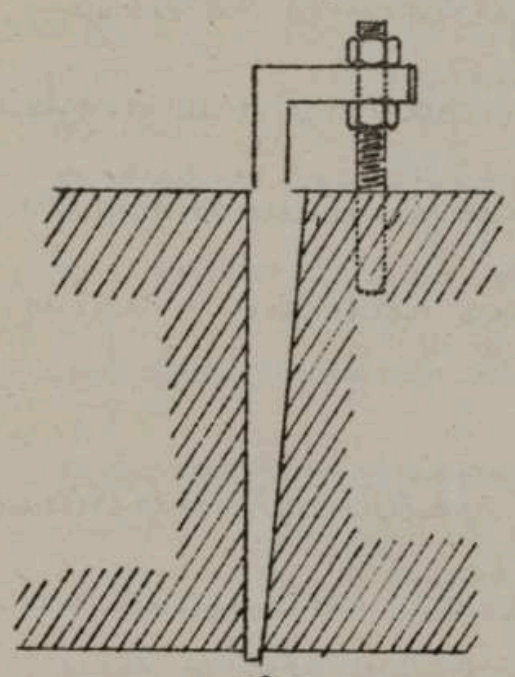
Заводъ Масей строитъ молота съ автоматическимъ распределеніемъ пара молотокъ до 500 килогр. Молота большаго размѣра заводъ строитъ по типу Несмита съ распределеніемъ пара отъ руки. Одинъ изъ нихъ въ 1000 килогр. представленъ на таб. 38 фиг. 5. Конструкція его понятна изъ чертежа и не требуетъ дальнѣйшихъ объясненій.

Почти съ такимъ же парораспределеніемъ изготовляетъ молота американскій заводъ Бементъ и Майнсъ (Bement Miles and Company, Philadelphia, Pa.) Одинъ изъ нихъ представленъ на таб. 41, фиг. 1–4. Въ этомъ молотѣ для распределенія пара имѣется такой двухконцовый колѣнчатый рычагъ съ тою разницею, что онъ соприкасается не съ роликомъ, какъ въ молотѣ Масея, а опирается на наклонную плашку прикрѣпленную къ бабѣ. Кромѣ того здѣсь не имѣется такого непосредственно соединеннаго съ золотниковой тягой для управленія молотомъ отъ руки, а достигается это тѣмъ же рычагомъ, который служитъ и для перемѣщенія центра вращенія двухколѣнчатаго рычага. Длиною рукоятки большей или меньшей можно сообщать движеніе золотнику. Такимъ образомъ этотъ молотъ, сохраняя всѣ достоинства молота Масея, является еще болѣе простой конструкціи. Распределеніе производится цилиндрическимъ золотникомъ, приготовленнымъ изъ чугуна и движущимся въ бронзовой втулкѣ. Каждый паръ приводится по кольцевому проходу, отводящимъ два черезъ среднюю часть золотника, такимъ устройствомъ золотника достигается

то, что соединение золотниковой тяги съ золотникомъ находится въ пространствѣ съ атмосфернымъ давленіемъ, слѣдовательно центрированіе сальника не представляется надобности и золотникъ двигается достаточно легко.

Баба въ этомъ молотѣ-фаэтонодсена наклонно къ плоскости симметріи станины сдѣлано это съ цѣлью дать возможность кузнецу, производя вытяжку полосы, подвергать ее попеременно поперечнымъ и продольнымъ ударамъ бойка. Для направленія бабы въ станинѣ сдѣланы направляющія которыя могутъ подтягиваться при помощи клиньевъ. Болты которые скрѣпляютъ направляющія опираются на стальныя упругія шайбы слѣдующія для смягченія ударовъ передающихся на болты

Кликъ для подтягиванія



Около сальника помѣщаются двѣ пружины предупреждающія удара бабы въ верхнюю часть станины.

Заводъ Бименна и Майлека строитъ большое число молотовъ различныхъ конструкцій сообразно съ тѣмъ назначеніемъ. На таб. 43, фиг 4-6 представленъ построенный этимъ заводомъ молотъ по типу Морганта въ 2700 кил. Распредѣленіе производится отъ руки. Конструкція станины не представляетъ ничего особеннаго за исключеніемъ того, что на этомъ заводѣ принято во всѣхъ соединеніяхъ прокладывать между стальной плиты 3,5 мм толщины для смягченія ударовъ. Плоско такіе подъ всѣми гайками въ болтовыхъ соединеніяхъ подкладываются упругія шайбы, приготовленныя изъ стали или изъ дерева особымъ образомъ обработаннаго (vulcanized fiber) Станины опираются на тяжелыя башмаки, соединенные между собой тягами $\frac{2}{}$ эксцентрическими $\frac{1}{}$.

Описанный молотъ имѣетъ діаметръ цилиндра 610 мм.

ход 1220 мм и диам. штока 250 мм.

На таб. 43 фиг. 1–3 представлен испытательный агрегат для завода молотъ въ 15000 кило для завода Steel Works of Park Brothers in Pittsburgh.

Станина этого молота состоитъ изъ четырехъ колонъ прямоугольнаго сѣченія склепанныхъ изъ листоваго и уголоваго фрезерованнаго (толщина фланца 28 мм) Колонны соединяются между собою балками, тоже склепанными изъ фланца въ 21 мм. На балкахъ поставлены склепанныя направляющія изъ листоваго фланца въ 15 мм. Закленки поставлены съ діам. въ 30 мм при чемъ головка ихъ соединяется со сферическимъ закруглені съ радіусомъ въ 5 мм. Станина опирается на чугунные башмаки, скрѣпленные между собой чугунными тягами діам. въ 110 мм.. Во всѣхъ болтовыхъ соединеніяхъ подъ гайками проложены упругія шайбы.

Распредѣленіе пара производится плоскимъ уравновѣшеннымъ золотникомъ, приводимымъ въ движеніе отъ руки. Около цилиндра находится предохранительный рычагъ, упираясь въ который баба автоматически передвигаетъ золотникъ если онъ почему либо поднимется слишкомъ высоко.

Этотъ молотъ имѣетъ діаметръ цилиндра въ 1010 мм. ход 2750 мм. Діаметръ штокового поршня 280 мм.

Фундаментная масса вѣсомъ около 100000 кило Фундаментъ состоитъ изъ цѣлаго куска и былъ отлитъ на мѣстѣ при чемъ время отливки продолжалось 4, 5 часа, затѣмъ отливка въ теченіи 6 недѣль оставалась въ землѣ, чтобъ дать ей возможность спокойно осѣсться

Фундаментъ состоитъ изъ слѣдующихъ частей

1) слой бетона.

2) слой дубовыхъ брусьевъ, 6700 мм длиной и 380 м. въ сѣче-

роны квадрата.

3) Другой слой дубовыхъ брусьевъ такого же размѣра, но положенныхъ накрестъ и сверлиться съ первымъ слоемъ болтами.

4) Слой чугунныхъ плитъ 4880 мм. длины, 3050 мм. шир. и 200 мм толщины.

5) Нѣсколько слоевъ дубовыхъ брусьевъ такого же размѣра какъ и передъ всею толщиной 3350 мм.

6) Чугунный отлогъ.

Описанный молотъ одинъ изъ самыхъ большихъ работающихъ съ верхнимъ паромъ и назначенъ для ковки стальныхъ слитковъ до 1400 мм въ діам.

На таб. 39, фиг 7 и 8 изображенъ молотъ, который строится заводомъ Вампто'а Вестфалія.

Его отличительная особенность въ томъ, что паровыя цилиндра крѣпятся прямо къ слову анкерными болтами. Для направленія бабы къ станинѣ привинчены стальныя планки.

Парораспредѣленіе производится простымъ или цилиндрическимъ золотникомъ. Парораспредѣлительный механизмъ состоитъ изъ отводящаго, одинъ конецъ котораго закрѣпленъ въ бабѣ, а другой конецъ упирается за золотниковую штангу, другой отводящій вращается на пальцѣ который въ свою очередь прикрѣпленъ эксцентрично къ валику: если поворачивать валикъ, то центръ вращенія рычага будетъ приближаться и удаляться отъ золотниковой тяги, кромѣ того онъ будетъ подниматься немного вверхъ и внизъ, а сообразно съ этимъ будетъ перемѣщаться средняя линія размаховъ молота.

Нѣкоторые строители въ своихъ молотахъ не дѣлаютъ направляющихъ для бабы. Какъ примѣръ подобнаго устройства можно привести молотъ строющійся на заводѣ Фрикъ-Лисъ (таб. 39, фиг. 4-6)

Как видно описания его составляет одно целое со рисунком. Падора-спредохранение производится прямо от руки

Отличительную особенность этого молота составляет предохранительное приспособление. Вместо обычного рычага который неудобен тем что при ударе по нем бабы рабочий должен поднять большой тяжесть, в этом молоте в верхней части цилиндра сделано углубление, в котором помещается предохранительный поршень. В боковой части этого углубления имеется небольшое отверстие, через которое проходит пар из главной трубы. Если рабочий поршень поднимется слишком высоко, то он закроет верхний канал и начнет всасывать находящийся перед ним пар. В известной степени всасания придет в движение верхний поршень, который тоже сейчас закроет отверстие и таким образом превратится в упругий буфер без всяких ударов возстановит равновесие

Чтобы стержень с бабой не вращался он с двух сторон сделан плоский

Молот подобной конструкции может сделать до 150 ударов в минуту.

На таб. 39. фиг 1-2 представлен молот завода Мюльгаузъ.

По конструкции он очень сходен с только что описанным Здесь вместо предохранительного поршня имеется предохранительный рычагъ.

Баба в этом молоте ничем не закрепляется а просто насаживается на стержень в горячем состоянии

На таб. 41 фиг. 8-9 представлен молот завода Шкода. Устройство фундамента ясно видно из чертежа. Парораспределение совершается при помощи рычага соединенного с бабой. Если

не желают пользоваться автоматическим распределением, но рукоятки приводят и действуют одной рукояткой. Пар приводится через клапан, который по произволу может быть открыт или закрыт рабочим. Все рукоятки необходимые для управления молотом сосредоточены близко около рабочего, что представляет большое удобство.

Этот молот имеет диам. цилиндра в 355 мм. и ход в 676 мм. Вся падающая часть около 600 кило.

Очень интересным по своей конструкции представляется молот завода Вейнкман & Co, Witten-an-der-Ruhr, Westphalia (таб. 39 фиг. 11–13)

Особенность этого молота, простота его парораспределения, которое производится самим молотом, для этого в цилиндре имеются 2 канала: один приводящий пар под поршень (на чертеже синий) и другой приводящий пар поверх поршня. Как происходит парораспределение легко понять из чертежа.

Подобная конструкция парораспределительного механизма очень удобна по своей простоте, как не требующая почти никакого ремонта, но вместе с тем этот молот представляет следующие недостатки:

1) Он может давать только малые размахи и давать удары сравнительно небольшой силы.

2) Он не может давать частых и слабых ударов, так как увеличение скорости движения в этом молоте достигается увеличением давления, а вместе с этим увеличивается величина размаха и связанная с ней сила удара

3) Вследствие большого трения в самых, а также вследствие того, что пар в этом молоте должен действовать с значительным расширением, давление на поршень должно быть по

крайней мере 4 часа на каждый килограмм двигающихся частей и поэтому при сравнительно малой площади охлаждения въ такой конструкции трудно менять большое давление въ котлѣ (не менѣе 4,5 атмос.), что не всегда удобно.

4) Вслѣдствіе большого діаметра штока и большой поверхности охлажденія происходитъ сильная конденсація, что сопряжено съ большимъ расходомъ пара.

Вообще молотъ такого типа можетъ примѣняться только для выѣзки полосъ, для машинной же ковки онъ не годится.

На таб. 38 фиг 6–8 представленъ молотъ завода Крезо. Регулированіе производится при помощи клина, въ которой ходитъ плитъ закрѣпленный на верхнемъ концѣ штока. Кулиса, черезъ коленчатый рычагъ передаетъ движеніе золотнику. Между этимъ золотникомъ и зеркаломъ паровой коробки помѣщается второй золотникъ, который передвигается ножнымъ рычагомъ. Отпуская или поднимая промежуточный золотникъ можно перемѣщать среднюю линію распредѣленія молота. Поворачивая ножной рычагъ, можно получать и смѣшанные удары. Для измѣненія силы ударовъ, какъ и во всѣхъ другихъ молотахъ, служитъ верхній рычагъ, закрывающій паровой впускъ и уменьшающій давленіе пара.

Наковальня и станина соединены со станиной въ одно цѣлое посредствомъ продольныхъ дубовыхъ прокладокъ для смягченія ударовъ.

Главные размѣры молота:

Вѣсъ падающихъ частей	312 кил.
Работа за вычетомъ треній	250 „
Вѣсъ наковальни и станины	1012 кил.
Діаметръ цилиндра	300 мм.
Ходъ поршня	500 мм.

Ходъ верхняго золотника . . . . . 22 мм.

Ходъ промежуточнаго золотника . . . . . 20 мм.

Весь всего молота . . . . . 8900 кил.

Во всѣхъ описанныхъ паровыхъ молотахъ ходъ поршня измѣняется въ зависимости отъ размѣровъ поковки. Если куется тонкая вещь, то поршень далеко не доходитъ до нижней части цилиндра и такимъ образомъ получается громадное вредное пространство, которое при ходѣ долженъ ходъ долженъ заполняться свѣжимъ паромъ, почти не участвующимъ въ работѣ и непроизводительно тратящимся совершенно непроизводительно большое количество пара. Для избѣжанія такого неудобства были предложены молота съ подвижной наковальней, которая изъ себя представляла гидравлическій цилиндръ, подымающійся опускающійся соотвѣтственно размѣрамъ поковки. Пробовали также дѣлать передвижные паровой цилиндръ, но всѣ эти конструкціи оказались неудобными на практикѣ.

Довольно удачно вліяніе вреднаго пространства устранено въ молотѣ Фарко. Въ этомъ молотѣ пространство надъ поршнемъ сообщается съ внутреннею стѣнкою, образуя общій резервуаръ, который всегда заполненъ паромъ. Паръ проникшій въ это пространство черезъ клапанъ регулирующій автоматически давленіе внутри резервуара поддерживая его приблизительно атмосферы на три менѣе давленія котла

Давленіемъ пара надъ поршнемъ послѣдній всегда прижатъ къ верхней крышкѣ цилиндра. Для того чтобы вызвать ударъ молота паръ изъ котла при помощи крана дѣйствующаго на золотникъ впускается надъ поршнемъ и преодолѣвая давленіе пара въ резервуарѣ сообщаетъ движеніе поршню внизъ и такимъ образомъ производитъ ударъ Въ это время паръ въ резервуарѣ сбрасывается. При открытіи верхняго крана паръ надъ поршнемъ расширяется и гонитъ поршень въ верхъ

Для того, чтобы не происходило удара верхняя часть цилиндра немного расширяется и въ ней одѣвают предохранительный поршень, дѣйствие котораго было уже объяснено. Изъ сдѣланнаго описания ясно, что въ этомъ молотѣ вреднаго пространства совершенно не существуетъ, сами не знаешь какимъ, и работа пара въ немъ происходитъ гораздо экономичнее.

Фундаменты паровыхъ молотовъ

Въ фундаментахъ паровыхъ молотовъ нужно различать 2 части одна изъ нихъ представляетъ собственно опору для станины парового молота, а другая поддерживаетъ отпускной и симметрично воспринимаетъ на себя всѣ удары молота.

Устройство первой изъ названныхъ частей не представляетъ ничего особеннаго и производится такъ же какъ и для другихъ машинъ. Устройство же второй части требуетъ особеннаго вниманія. Этотъ фундаментъ долженъ опираться на материкъ и пространство между материкомъ и стѣнами въ процессѣ время часто заполняютъ деревянными брусьями слоями рядами. Но подобное устройство рекомендовать нельзя: дерево какъ извѣстно подвержено гнѣли и кромѣ того будучи плохимъ упругимъ матеріаломъ дерево значительно ослабляетъ силу удара и понижаетъ коэффиціентъ полезнаго дѣйствія молота.

Гораздо лучше оказываются фундаменты, сдѣланные изъ бетона. Для этого во всю глубину фундамента приготовляется деревянный цилиндръ или конусъ (чер. 31 фиг. 20) который внутри и заполняется бетономъ. Приготовленный такимъ образомъ фундаментъ долженъ хорошо затвердѣть, на что въ большихъ молотахъ можетъ потребоваться время около года.

Если же материкъ залеганія слишкомъ глубокъ, то тогда удобнѣе приходится забивать сваи на нихъ уже начинаютъ класть металлическій фундаментъ, передавая свои давленія со стѣнъ дерева, какъ это

было уже описано.

Бывают некоторые случаи, чтобы увеличить площадь фундамента самую его поддерживающую стену соединяют с какою нибудь опорой для стопки. В этом случае самое удобное производить соединение при помощи железного ящика заложенного кладкой или бетоном (таб 31, фиг 11) При такой конструкции железная обшивка соединяет все вместе и к массе фундамента прибавляется площадь и масса самого молота, что увеличивает коэффициент полезного действия работы.

Такое же соединение практикуется и в паровых молотах при чем стул опирается непосредственно на стопку или соединяется с ней анкерами, как уже было указано при описании различных конструкций молотов.

Если весь стул выходит слишком велик то отливать его чугунными очень тяжелого и тогда стулу дают лишь несколько частей. Отдельные части идут уширяясь книзу, для того, чтобы передать давление на большую поверхность. Уширение они могут получать постепенно (таб. 31 фиг. 12) или же образуя уступы (фиг 11) первый из этих способов считается более удобным в виду того, что при больших ударах могут получиться края со острыми углами, которые легко откалываются. Плиты же составляющие стул по второму способу должны иметь достаточную толщину, иначе они будут плохо работать. Отдельные плиты скрепляются между собою анкерными болтами

Примеры устройства железных фундаментов для паровых молотов были приведены при описании молотов.

Устройство деревянных фундаментов для паровых молотов.

Составляют прокладную способность, которая во некоторых случаях может почти равняться стопкости самого молота. Само обстоя-

ство побудило инженеров строителей изыскать молот такой конструкции, который не требовал бы столь прочных фундаментов. И действительно Рамсботтому был предложен молот не требующий устройства каменного массивного фундамента. Идея его устройства состоит въ томъ (чертежъ 31 фиг 5), что ударяющіяся массы двигаются горизонтально и при своемъ столкновеніи уравновѣшиваютъ другъ друга, такъ что весь усилія отражаются на деформацію помѣщеннаго между ними предмета. Понятно, что при такомъ устройствѣ фундамента нужно только для подферныхъ сооруженій а не для восприятія ударовъ.

Но какъ ни хорошъ подобный молотъ въ теоретическомъ отношеніи (коэффиціентъ полезнаго дѣйствія удара $\eta = 1$), на практикѣ онъ оказался неудобнымъ, вслѣдствіе того, что невозможно правильно подстерегать ударяющій предметъ, а кромѣ того и не всякая почва можетъ допускать, чтобы удары на нее помѣщались съ двухъ сторонъ и потому распространеніе не получило.

Рѣзаніе металловъ

Въ большей части случаевъ фабрикаціи машинныхъ металлическихъ частей какъ окончательная отдѣлка или по крайней мѣрѣ пригонка одной части ко другой совершается рѣзаніемъ. Части предназначенныя для такого рода обработки получаютъ при первоначальномъ ихъ изготовленіи нѣсколько увеличенные размѣры, требуемые для припуски, разсчитанные по количеству обработки необходимой для данной части: чѣмъ чище должна быть окончательная отдѣлка или точная пригонка, тѣмъ больше должна припуски. Въ обыкновенныхъ случаяхъ величина этихъ припусковъ бываетъ отъ 2 до 6 мм; но въ нѣкоторыхъ случаяхъ бываютъ нужны большіе припуски, какъ напримѣръ при разсверливаніи паровыхъ и насосныхъ цилиндровъ, при чистой отточкѣ прокатныхъ и другихъ валовъ и пр. Величина необходимаго припуска можетъ простираться до 15 и 20 мм. діаметромъ въ случаѣ нужно брать такое не получающееся отливкой, а прямо высверливаніемъ если они должны были быть обработаны. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ рѣзаніе выходитъ и при первоначальномъ приготовленіи деталей, т.е. замѣняетъ собой лишь предварительныя пріемы обработки, какъ напримѣръ при фабрикаціи частей изъ кованаго металла, при выдѣлкѣ коленчатыхъ валовъ и пр. **Рѣзаніе металловъ другое или машинное совершается орудіемъ, которое представляетъ рѣзецъ или фрезу иногда ряда рѣзцовъ.** (фрезы, плиты, напилки) Форма рѣзца есть всегда клинъ, клиновый дѣйствіемъ которая углубляется въ металлъ. Условимся называть **угломъ рѣзанія** тотъ уголъ α (табл. 44 фиг 1) между передней гранью рѣзца и направленіемъ движенія, перпендикулярнымъ къ поверхности рѣзанія. Замѣтимъ, что эта поверхность можетъ и не совпадать съ обработанной поверхностью —

5 1 1
1 4 5
0.6 4
24 16

Уголъ α, между передней гранью ab и задней ac измѣряемый въ плоскости будетъ называться угломъ острія. Наконецъ уголъ β, между задней гранью и направленіемъ рѣзанія — угломъ наклона.

Изъ чертежа видно, что $\alpha = \alpha_1 + \beta$. Въ изслѣдованіяхъ о рѣзаніи практическій интересъ представляютъ вопросы о сопротивленіи рѣзанію, объ условіяхъ наивыгоднѣйшаго дѣйствія орудія и его рациональныхъ формахъ. Этими вопросами (собственно двумя первыми) занимались Joessel (Rapport sur des expériences relatives a forme et à l emploi des utils & ajustage etc... par Joessel) Tresca (Memoire sur la rabotage des metaux, par Tresca. — Bulletin de la Societe d'encouragement etc 1870) и Тиме (Сопротивленіе металловъ и дерева рѣзанію — Тиме 1870) и его же Mémoire sur le rabotage des metaux 1877) Отмѣтимъ на этотъ вопросъ ближайшимъ образомъ явленій рѣзанія

Явленія рѣзанія

Тиме замѣтилъ, что если производить опыты рѣзанія въ какомъ нибудь металлѣ, какъ напр. свинцомъ, то при медленномъ движеніи рѣзца можно наблюдать слѣдующее явленіе: оказывается, что впереди рѣзца (таб. 44 фиг. 2) происходитъ сжатіе металла, которое распространяется на нѣкоторую длину A отъ рѣзца по fg. Если на боковой поверхности металла провести линіи параллельныя dB и отложить на нихъ равныя между собою длины, то при дѣйствіи рѣзца, наблюдая измѣненія этихъ длинъ, мы убѣждаемся, что линія an, соединяющая a съ концомъ A ограничиваетъ предѣлъ распространенія сжатія въ сыромъ слоѣ. Далѣе этой линіи сжатіе не распространяется. По наблюденіямъ Тиме уголъ $tg\, aBn = \gamma$ почти постоянъ для различныхъ угловъ α, онъ очень мало увеличивается съ увеличеніемъ α отъ $45° - 90°$ и оказался находящимся въ зависимости отъ толщины t срѣзаннаго слоя

значение

При $\varepsilon = \frac{1}{16}''$ до $\frac{1}{2}''$

для свинца	$\alpha =$	45	55	65	75	90
	$\gamma =$	145	145	145	145	152
для железа, Ст. чугуна	$\gamma =$	145	145	150	150	155

Следовательно для углов α от 50 до 75°, также встречающихся в резцах γ изменяется только на 5°.

Стружка вязкого металла (для не вязких, как чугун, стальной стружки не получается) обыкновенно загибается в спираль причем наружная выпуклая ея поверхность получается гладкая медведь тогда как внутренняя шероховатая, а в крупной стружке явственно зубчатого вида. Кроме того при образовании стружки, заметается усадка, т.е. уменьшение ея длины сравнительно с длиною пути пройденного резцом. Все эти явления могут быть объяснены сдвигами неодинаково проявляющимися в металле в различных направлениях, самое же все резание состоит в сдвиге металла передней гранью резца и призывают разрушить разрезом в плоскости AB. Нужно заметить, что Treska при своих испытаниях дала преимущественно со свинцом для которого обыкновенно получается стальная стружка. Письма напротив для объяснения образования стружки обращался к металлам более твердым, как железо, чугун и др. и пришел к заключению, что стружка составляется скалыванием элементов. Согласно с этим все помянутые явления, замечаемые при резании объясняются просто и вполне удовлетворительно.

Положим резец с шириной которого в движении по направлению AB (таб 44 фиг 3) и снимает слой металла толщиною e, при ширине куска в равной ширине резца. Сначала действие силы P сдвиг

резца вдавливается въ металлъ на нѣкоторую глубину S при чемъ происходитъ сдвигъ металла по плоскости abв. Сдвигъ производитъ сила P_2 дѣйствующая или P по направленію перпендикулярному къ передней грани резца. Другая дѣйствующая P_1 прижимаетъ резецъ къ плоскости сдвига и производитъ треніе. Если K предѣльное сопротивленіе металла сдвигу то при установившемся движеніи резца:

$$P_2 = Kab \ldots\ldots (1)$$

Величина a есть величина перемѣнная, она увеличивается съ погруженіемъ резца, слѣдовательно P_2 а вмѣстѣ съ P также величины перемѣнныя, но въ каждый моментъ существуетъ равенство (1) Когда сдвигъ достигнетъ извѣстнаго предѣла, надрѣзанный элементъ (заштрихованный на чертежѣ) становится слабымъ въ отношеніи скалыванія, недавній сдвигъ и всякій за нимъ происходитъ скалываніе элемента именно въ плоскости, составляющей уголъ γ съ плоскостью Ab движенія острія. Сила производящая скалываніе будетъ нѣкоторая P_3 – проекція P_2 на направленіе скалыванія. Въ моментъ скалыванія должно существовать равенство:

$$P_3 = cbS \ldots\ldots (2)$$

гдѣ S – сопротивленіе, а c – высота скалыванія. За первымъ элементомъ слѣдуетъ сдвигъ второго, потомъ его скалываніе и т. д. Изъ отдѣлившихся элементовъ составляется стружка (таб. 44 фиг 4,5) гладкая съ наружной поверхности и шероховатая съ внутренней; она закалывается въ спираль, если металлъ обладаетъ достаточною вязкостью, какъ напр. сталь. При рѣзаніи металловъ вязкихъ хотя и получаются недорѣзанныя, какъ напр. чугунъ, стружки не плющатся и элементы отдѣлившіеся каждый особо, по мѣрѣ ихъ образованія. Закалываніе стружки объясняется уменьшеніемъ углубленія f_0 элемента вслѣдствіе сдвига отчего бока f_0 и g_x становятся не параллельными. Легко убѣдиться

простыми соображениями, что это сжатие и величина кривизны стружки должны быть тем больше, чем больше α и тем тоньше снимаемый слой. Действительно радиус кривизны как показали наблюдения Шмие зависит пропорционально толщины a снимаемого слоя и обратно пропорционально углу резания α. Для объяснения явления усадки (чаб. 44 фиг. 5) заметим, что длина срезанного слоя $l_0 = n\delta$ а длина стружки $l = n\alpha$, откуда $\frac{l}{l_0} = \frac{\alpha}{\delta}$ - Так как $\alpha < \delta$, то $\frac{l}{l_0} < 1$

Величина усадки зависит довольно значительна и зависит от угла α. Из треугольника, которого сторона α и δ имеем

$$\frac{l}{l_0} = \frac{a}{\delta} = \frac{\sin\gamma}{\sin(\gamma-\alpha)}$$

При $\alpha = 55°$ — γ - около $145°$ и $\frac{l}{l_0} = 0{,}57$

Очевидно скалывание элементов должно происходить при извлечении отношений между a и c в зависимости от свойств обрабатываемого металла. Замечая, что P_3 есть проекция P_2, имеем

$$P_3 = P_2 \sin[90 - (\gamma-\alpha)] = P_2 \sin(\gamma-\alpha)$$

Из выражений (1) и (2) можем написать:

$$P_3 = R\,ab\sin(\gamma-\alpha) = S\,cb$$

Откуда имеем:

$$\frac{c}{a} = \frac{R}{S}\sin(\gamma-\alpha)$$

При $\alpha = 55°$ .... $\gamma = 145°$ ... $\gamma - \alpha = 90$ и $\sin(\gamma-\alpha) = 1$ и $\frac{c}{a} = \frac{R}{S}$ .... более для чугуна, нежели для железа. Из чертежа видно, что $e = c\sin\gamma$ $c = \frac{e}{\sin\gamma}$, следовательно:

$$\frac{e}{a} = \frac{R}{S}\sin\gamma$$

т.е. для данного материала, а и е увеличиваются вместе с е пока-
зывают срезанного слоя и потому элементы скалывания будут
иметь кривые и удлиняться тем более е

Сопротивление резанию

При всяком фактическом резец должен преодолевать сопротивление пре-
мо противоположное его движению и равное P (чаб. 44 фиг 6), которое

сопротивление от трения острия о плоскость среза и равное $f P_1$ направлено назад в сторону противоположную движению и сопротивление от трения металла о переднюю грань резца $= f P_2$ направленное назад углом α к линии движения резца. Его проекция на направление движения будет

$$f P_2 \cos\alpha$$

Сопротивление резанию будет сумма всех этих сопротивлений, т.е.

$$P_0 = P + f P_1 + f P_2 \cos\alpha$$

но $P = P_2 \sin\alpha$ и $P_1 = P_2 \cos\alpha$

Подставляя эти значения в выражение для P_0, получим

$$P_0 = P_2 \sin\alpha + f P_2 \cos\alpha + f P_2 \cos\alpha = P_2 (\sin\alpha + 2f \cos\alpha) \quad \ldots\ldots (3)$$

Так как значение P_2 известно (см. ур-ие (1)), то P_0 может быть определено. Но определение P_0 в функции α неудобно, так как неудобно измерение величины α. Заменим P_2 через P_3, для чего из выражения

$$P_3 = P_2 \sin(\gamma - \alpha)$$

определим P_2 ... $P_2 = \dfrac{P_3}{\sin(\gamma-\alpha)}$. Подставляя в выражение (3) получим

$$P_0 = \frac{P_3(\sin\alpha + 2f\cos\alpha)}{\sin(\gamma-\alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Из формул. (2) $c = \dfrac{s}{\sin\gamma}$;

$$P_3 = S c b = \frac{S e b}{\sin\gamma} = \frac{S W}{\sin\gamma}, \text{ где } W = eb \text{ - есть площадь сечения}$$

стружки и

$$P_0 = S W \cdot \frac{\sin\alpha + 2f\cos\alpha}{\sin\gamma \cdot \sin(\gamma-\alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

или

$$P_0 = \varphi S W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

где

$$\varphi = \frac{\sin\alpha + 2f\cos\alpha}{\sin\gamma \cdot \sin(\gamma-\alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

При различных величинах α и соответственных величинах γ из приведенной ранее таблицы приняв $f = 0{,}15$ со сталью найдем

для	$\alpha =$	45°	55°	65°	75°	90°
	$\varphi =$	1,62	1,72	2,07	2,16	2,65

Из этих чисел можно сделать заключение, что φ, а следовательно и сопротивление резанию P_0 возрастает вместе с α для α от 45° до 90°. Наименьшая допускаемая величина α в практике для резания метал-

ловъ отъ 45°. Рѣзецъ съ меньшимъ угломъ рѣзанія оказывается непрочнымъ быстро притупляется и искрашивается во время работы, отчего сопротивленіе рѣзанію должно увеличиться. Кромѣ того опытъ показываетъ, что при углѣ меньшемъ 50° рѣзецъ имѣетъ стремленіе углубляться въ металлъ. Такимъ образомъ уголъ около 55° или 60° оказывается наивыгоднѣйшимъ для рѣзанія. Дальше мы увидимъ, что непосредственные опыты надъ сопротивленіемъ подтверждаютъ это предположеніе. Въ формулѣ (8) $P_o = \varphi S W$ для сопротивленія скалыванію могутъ быть приняты слѣдующія величины

для фельза	$S = 35$ кгр на $1^m/_m \square$	пропорціональн.
„ чугуна	$S = 12$ „ „ „	сопротивленію
„ стали	$S = 60$ „ „ „	растяженія
„ мѣди и бронзы ...	$S = 16$ „ „ „	

Обозначая φS черезъ K, напишемъ $P_o = KW$ ... (8), гдѣ K коэффиціентъ сопротивленія рѣзанію, зависящій отъ α и рода обрабатываемаго металла. Принимая $\varphi = 1{,}85$ для средней величины $\alpha = 55° - 60°$ получимъ слѣдующія величины коэффиціента сопротивленія рѣзанію:

для фельза ..... $K = 67$ кгр
„ чугуна ..... $K = 22$ „
„ стали ..... $K = 110$ „
„ мѣди и бронзы ... $K = 27$ „

По наблюденіямъ произведеннымъ и динамометромъ коэффиціенты дѣйствительно оказываются вообще больше, что объясняется частью затупленіемъ рѣзца, которое бываетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше рѣзецъ приходится работать, частью же тѣмъ, что коэффиціентъ треніе f принятъ нами одинаковымъ для всѣхъ металловъ и при работѣ со смазкою, между тѣмъ какъ онъ различенъ для различныхъ металловъ. Кромѣ того чугунъ и частью бронза обрабатываются безъ смазки.

По Пиме опытные коэффициенты трения при $\alpha = 55°$ имеют слу-
дующія среднія величины:

Для железа . . . . . $K = 80$ klgr
„ чугуна . . . . . $K = 47$ „
„ твердой стали . . . . $K = 133$ „
„ меди и бронзы . . . . $K = 87$ „

При испытаніях Пиме трѣзанія железа и стали производилось со смазкой чугуна и бронзы безъ смазки

Работа трѣзанія

Сопротивленіе трѣзанію есть величина переменная и измѣняется отъ
о до $P_0 = KW$. Чтобы замѣтить законъ измѣненій P_0 въ выраженіи (3)

$$P_0 = P_2(\sin\alpha + 2f\cos\alpha) = Rab(\sin\alpha + 2f\cos\alpha)$$

замѣнимъ а черезъ δ (таб 44 фиг 5) Изъ чертежа видно, что $a = \frac{\delta \sin f}{\sin(f-\alpha)}$
слѣдовательно $P_0 = Rb \cdot \frac{\delta \sin f}{\sin(f-\alpha)} (\sin\alpha + 2f\cos\alpha)$,
т.е P_0 есть функція δ вида $A\delta$, такъ какъ кромѣ δ всѣ остальныя
величины постоянныя Такимъ образомъ измѣненія P_0 въ періодѣ трѣзанія
можно представить слѣдующею діаграммою (таб 44 фиг 8)

При углубленіи рѣзца въ металлъ сопротивленіе возрастаетъ отъ
о. Когда рѣзецъ углубится на δ, сопротивленіе P_0 - въ этотъ моментъ элементъ
скалывается и сопротивленіе падаетъ до о. При дальнѣйшемъ движеніи
онъ вновь углубится и т. д. Площадь каждаго треугольника abc предста-
вленною діаграммою выражаетъ элементарную работу скалыванія одно-
го элемента. Выраженіе этой работы есть $\frac{P_0\delta}{2}$. Работа трѣзанія въ се-
кунду. $\frac{P_0 v^{metr}}{2} = 75N_1$ и $N_1 = \frac{P_0 v^{met}}{150}$, но $P_0 = \varphi SW = KW$ слѣдовательно

$$N_1 = \frac{KW^{met} v^{metr}}{150} \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

гдѣ N_1 работа въ паровыхъ силахъ расходуемая собственно на трѣзаніе
металла. Средняя величина сопротивленій трѣзанію

$$P_0 = \frac{P}{2} = \frac{KW}{2} \quad \ldots\ldots (10)$$

W = объему срѣзаннаго металла. Если q – объемъ срѣзаннаго металла въ куб. $^{m}/_{m}$ въ часъ, то

$$N_1 = \frac{KW^{cmt}v^{cmt}}{150} = \frac{Q^{сек}K}{150} = \frac{Kq}{150.3600} = 0{,}0000019\,Kq \ldots (11)$$

Если Q сумма вредныхъ сопротивленій станка, отнесенныхъ къ срѣзу величина которыхъ можетъ быть принята постоянною, то

$$Qv = 75N_0 \text{ и } N_0 = \frac{Qv}{75} \ldots (12)$$

гдѣ N_0 – работа въ паровыхъ силахъ, расходуемая на вредныя сопротивленія станка. Полная работа станка во время срѣзанія будетъ

$$N = N_0 + N_1 = \frac{1}{75}v\left(\frac{P_0}{2} + Q\right) \ldots (13)$$

Въ такомъ случаѣ, гдѣ сопротивленіе Q станка неизвѣстно можно брать среднюю величину коэффиціента полезнаго дѣйствія машины орудій $\mu = 0{,}6$ Въ такомъ случаѣ $N = \frac{N_1}{0{,}6}$

Для примѣра возьмемъ случай срѣзанія фрезы, площадь сѣченія которой $W = 6\,^{m}/_{m}\,\square$ скорость срѣза $v = 0{,}1\,^{mtr}/_{sek}$, то по формулѣ (9)

$$N_1 = \frac{KWv}{150} = \frac{80.6.0{,}1}{150} = 0{,}32 \text{ силы}$$

Принимая коэффиціентъ полезнаго дѣйствія машины орудія $\mu = 0{,}6$, получимъ

$$N = \frac{N_1}{0{,}6} = 0{,}53 \text{ силы}.$$

Это работа, потребная для приведенія въ движеніе машины орудія во время срѣзанія

Наивыгоднѣйшій уголъ срѣзанія

Мы уже замѣтили, что уголъ α срѣзанія не можетъ быть менѣе 50° въ случаѣ срѣзанія металла, такъ какъ при меньшемъ углѣ резецъ его не принимается и углубляется въ металлъ. Опредѣленіе величины сопротивленія срѣзу и отысканіе наивыгоднѣйшаго угла срѣзанія очевидно можетъ только путемъ опыта. Достаточно подробные опыты съ этою цѣлью произведены были въ одной англіи Tozzel'ем съ другой Ithim'ом. Первый производилъ свои опыты съ токарнымъ станкомъ, второй со строгальной машиной.

Въ первомъ случаѣ опредѣлялась динамометромъ работа рѣзанія, во второмъ случаѣ опытнымъ сопротивленіе рѣзанію посредствомъ рычага съ грузомъ, которымъ приводилась въ движеніе планшайба строгальной машины. Въ этомъ второмъ случаѣ рѣзаніе совершалось очень медленно и позволяло въ этомъ случаѣ между прочимъ наблюдать образованіе стружки. Испытанію подвергались различныя металлы и рѣзцы получали различные углы. Результаты этихъ и другихъ испытаній оказались довольно близки между собою, они затѣмъ были въ видѣ таблицъ, на основаніи которыхъ можно было найти наивыгоднѣйшіе углы рѣзанія, для которыхъ работа рѣзанія наименьшая. Jassel изъ своихъ таблицъ находитъ слѣдующія величины наивыгоднѣйшихъ угловъ

для железа $\begin{bmatrix} \alpha = 54^\circ \\ \beta = 3^\circ \end{bmatrix}$ $\alpha_1 = \alpha - \beta = 51^\circ$

для чугуна $\begin{bmatrix} \alpha = 55^\circ \\ \beta = 4 \end{bmatrix}$ $\alpha_1 = 51^\circ$

для бронзы $\begin{bmatrix} \alpha = 69^\circ \\ \beta = 3 \end{bmatrix}$ $\alpha_1 = 66^\circ$

По таблицамъ приведеннымъ у Thime сопротивленіе рѣзанію мѣняется очень мало при углахъ α отъ 45° до 55°, такъ

для железа при $\alpha = 45^\circ$ средняя величина $K = 77$ кил.

" " $\alpha = 55^\circ$ " " $K = 78$ "

" " $\alpha = 65^\circ$ " " $K = 96$ "

для бронзы при $\alpha = 45^\circ$ " " $K = 35$ "

" " $\alpha = 55^\circ$ " " $K = 37$ "

" " $\alpha = 65^\circ$ " " $K = 48$ "

" " $\alpha = 75^\circ$ " " $K = 55$ "

для чугуна при $\alpha = 45^\circ$ " " $K = 34$ "

для чугуна при $\alpha = 55°$ средняя величина $K = 47$ мм.

" " " $\alpha = 65°$ " " $K = 52$ "

" " " $\alpha = 75°$ " " $K = 57$ "

Поэтому Тиме приходит къ заключенію, что наивыгоднѣйшая величина α должна быть вообще отъ 45° до 55° но углы 55° слѣдуетъ предпочесть, такъ какъ при такомъ углѣ рѣзецъ не загорается и работаетъ выходитъ чище. Затѣмъ говоритъ Тиме, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ уголъ α долженъ быть увеличенъ для того чтобы меньше притупливался рѣзецъ и на основаніи своей практики окончательно даетъ слѣдующія величины α для различныхъ случаевъ.

для железа, бронзы и мягкаго чугуна ..... $\alpha = 55°$

для крѣпкаго чугуна и для снимания верхняго слоя (корки) чугуннаго литья } ..... $\alpha = 60° - 75°$

Уголъ β не даетъ такъ какъ Тиме не придаетъ ему серьезнаго значенія именно потому, что въ выраженіи P_0 не входитъ β.

Англійскіе практики въ томъ числѣ Smith (On an improved tool and holder by Fovel Smith) принимаютъ

для железа и мягкой стали ..... $\alpha = 54°$ } $\beta = 4°$

" чугуна и твердой стали ..... $\alpha = 64°$ }

Такимъ образомъ въ мастерской требуются рѣзцы только двухъ сортовъ. Для бронзы уголъ α долженъ быть больше 55°, поэтому тиме при рѣзаніи бронзы рѣзецъ мало загорается.

Вліяніе скорости на наивыгоднѣйшій уголъ рѣзанія

Первые опыты Тейлора произведены имъ при нѣкоторой скорости и различныхъ сѣченіяхъ стружки пропорціональныхъ для всѣхъ случаевъ. Затѣмъ предстояло рѣшить вопросъ остановится ли этотъ величина наивыгоднѣйшихъ угловъ при другихъ скоростяхъ и другихъ размѣрахъ стружки. Для устраненія этого сомнѣнія Taylor предпринялъ вторую ряду опы-

тов для которых взяты были два резца с углами близкими к наивыгоднейшим для обоих наивыгоднейшими, а именно $\alpha_1 = 48°$ $\beta = 6°$ и $\alpha_1 = 51°$ и $\beta = 3°$. Сначала они производили различные скорости, а разницы между этой опытной величиной наивыгоднейшими. Затем при одной и той же скорости резания изменяли была площадка стружки (ширина сечения постоянной и для всех случаев находилась работа резания. Оказалось, что при всех скоростях, от 15 м/м до 111 м/м наименьшая работа была получена при резце с углами $\alpha_1 = 51°$ и $\beta = 3°$. Второй ряд опытов показал, что при различных площадках стружки от 0,31 м/м до 0,57 м/м наименьшая работа соответствовала тем же резцу. Допуская, что такие результаты достаточно доказательны, можно сделать заключение, что наивыгоднейшие величины углов α и β не зависят от скорости или площади стружки. Однако нельзя совершенно полагаться на эти опыты. Они относятся только к двум резцам с углами α_1 довольно близкими и которых угол $\alpha = \alpha_1 + \beta$ равны. Площадка стружки во всех случаях была очень мала и если такая встречается на практике, то разве только в случаях сверления и окончательной отделки. Между прочим эти опыты показывают, что угол β резца не остается без влияния на работу резания; из приведенных результатов прямо следует, что работа резания вообще различна для одного и того же угла α при различных углах β. Наивыгоднейшая скорость резца соответствующая наименьшей затрачиваемой работе на срезание определенного объема металла была также определена Foessel'ем путем диаграммистрических построений. По таблицам в которых сгруппированы результаты этих опытов, следующие скорости оказываются наивыгоднейшими

для железа $v = 55 \frac{м}{м} = 2,2°$

для чугуна $v = 40^{м/м} = 1,6''$

бронзы $v = 65^{м/м} = 2,6''$

Скорости для стали не даны.

В действительности приведенные числа не представляют наивыгоднейшей скорости в экономическом смысле так как расходы на двигание орудия составляют только часть всех расходов на производство работы. Расходы эти составляют: плата рабочему процессу на стоимость орудия, двигателя привода и пр. и на погашение капитала. Посмотрим какое влияние эти накладные расходы могут оказать на наивыгоднейшую скорость. Действительная или абсолютная наивыгоднейшая скорость должна определяться условием, чтобы работа снятия данного количества металла в виде стружки представляла наименьшую стоимость. Пусть v скорость резца, P_0 сопротивление резанию, Q — вредное сопротивление относящееся к резцу, N — работа для движения орудия в паровых лошадях в секунду, q — объем снятых стружек. c — стоимость снятия единицы объема стружек, c_1 — стоимость работы паровой лошади для движения станка в секунду; c_2 — стоимость выражающая все упомянутые накладные расходы в секунду. Тогда:

$$c = \frac{c_1 N + c_2}{q} \quad \ldots\ldots\ldots (13), \text{ но}$$

$$N = \frac{1}{75} v \left(\frac{P_0}{2} + Q\right); \qquad P_0 = kw \quad \text{и} \quad q = vw$$

Подставляя в выражение (13), получим

$$c = \frac{c_1 \frac{1}{75} v \left(\frac{kw}{2} + Q\right) + c_2}{wv} = c_1 \frac{1}{75} \left(\frac{k}{2} + \frac{Q}{w}\right) + \frac{c_2}{wv}$$

Относительно Q нужно заметить, что вредные сопротивления в машинах орудиях могут быть рассматриваемы как состоящими из двух частей, одна накладная в зависимости от w, как напр. трение в опорах следящей машины, приводящейся в движение электромотором в период действия резца, другая все часть не зависящая от w, как напр. трение в ходах все частях в период обратном

хода резца, трение в частях механизма сообщающего резцу боковое перемещение. Таким образом можем принять $Q = Q_1 + Q_2$ где составляющая $Q_1 = aW$ (пропорциональна W) а Q_2 не зависит от W; подставляя Q_1 и Q_2 вместо Q в последнее выражение будем иметь:

$$C = C_1 \frac{1}{75}\left(\frac{\kappa}{2} + a + \frac{Q_2}{W}\right) + \frac{C_2}{vW} \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

В этом выражении во второй его части v входит только в последний член дробителем, следовательно увеличение v выгодно для уменьшения C. Предель увеличения v определяется условием, чтобы резец во время работы не нагревался свыше температуры при которой начинает пропадать сообщенный ему закал. Для увеличения v без вредных последствий для резца употребляют смазку (вода, мыльная вода, масло и др.) В практике для стали и чугуна в большей части случаев скорость v получает величину от 100 м/м до 200 м/м

Из формулы (14) следует еще, что C уменьшается с увеличением W, следовательно увеличение площади сечения стружки безусловно выгодно в смысле удешевления работы, но разумеется только до предельного сопротивления $P_0 = kW$ безопасного для данной машины-орудия. Так как C-уменьшается благодаря увеличению W гораздо с увеличением v, то во всех случаях, где увеличение W возможно, напр. при грубой обточке крупных частей стараются прежде всего брать крупную стружку до возможного предела, при чистой же отделке и при обточке мелких частей, когда W не может быть велико и определяется условиями самой работы, увеличение скорости резания становится необходимым условием экономии.

Отсюда уже можно сделать следующий вывод: машины орудия назначенные для первого рода работы, должны стремиться на большое усилие в виду возможности увеличивать размеры стружки; наоборот машины орудия назначенные для чистой и чистой работы дол-

ными быть приспособлены для большой скорости и разсчитаны на небольшія усилія обусловливаемыя малыми размерами стружки. Въ дѣйствительности такого подробнаго дѣленія машинъ не бываетъ или встрѣчается рѣдко. Обыкновенно машины строятся на крупную или мелкую работу но данная деталь получаетъ и грубую и отдѣлочную обработку на одной и той же машинѣ, чѣмъ избѣгается перестановка деталей и экономится время. Замѣтимъ, что большая скорость рѣзца, выгодная въ экономическомъ, иногда по необходимости должна быть ограничиваема. Впрочемъ всего при крупной стружкѣ и большой скорости рѣзецъ нагрѣвается до того что при обработкѣ предметовъ изготовленныхъ неправильнаго поперечнаго, полученныя отковкой или литьемъ неровности представляютъ препятствія скорому движенію рѣзца, дѣйствуя на него ударомъ и затупляютъ и искривляютъ остріе. Въ этихъ случаяхъ предварительная обработка рѣзаніемъ производится при малой скорости, затѣмъ когда сравняются неровности, скорость и размѣры стружки могутъ быть увеличены до наивыгоднѣйшихъ. Такимъ образомъ выборъ величинъ d и w, наиболѣе принадлежащихъ къ каждому частному случаю обусловливается многими частными соображеніями и въ такихъ случаяхъ могутъ быть полезны указанія практики.

Здѣсь приложена таблица скоростей для разныхъ случаевъ, составленная Тэйлоромъ по наблюденіямъ его сдѣланнымъ на механическомъ заводѣ въ Англіи.

Таблица Тиме

Скорости резцов для различных работ

Названіе машинъ орудій и обрабатываем. матер.	v — скорость резца въ 1 секунду		Примѣчанія
I Машины орудія для обработки матер.			По причинѣ машинъ разныхъ родовъ обрабатываемыя вещей и мягкости замѣны одного рѣзца другимъ, скорость въ нѣкоторыхъ токарныхъ станкахъ для успѣха работы въ 2–3 раза болѣе нежели въ самодѣйствующихся станкахъ.
1) Токарные станки (ручные) съ подручникомъ или съ подставкой			
Обточка	"	m/m	
Сталь	4"–6"	100–150 m/m	
Чугунъ (серый)	8–10	200–250	
Желѣзо	8–12	200–300	
Мѣдные сплавы	25–50	625–1250	
Сверленіе			Скорость при сверленіи менѣе нежели при обточкѣ и это потому что сверленіе производится при меньшемъ діаметрѣ, нежели обточка, спод. при v = 50" и большомъ діаметрѣ отверстія потребовалось бы слишкомъ большое число оборотовъ станка.
Литая сталь	4–6	100–150	
Чугунъ (серый)	8–10	200–250	
Желѣзо	8–12	200–300.	
Мѣдные сплавы	10–15	250–375	
Самодѣйствующіе токарные и винторѣзные станки			При очень твердой литой бронзѣ v = 1"–2". Для бѣлометаллическихъ сплавовъ скорость подачи и глубина такъ и для чугуна. Чтобы сталь
Обточка и сверленіе			

Название машин орудий и обрабатыв. матер.	Скорость резца в г 1"		Примечания
Литая сталь	$1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$"	37 — 62 м/м	или смазкою и подсыпая струю —
Стальной чугун	2 — 4	50 — 100	ки, литье V более прибегают —
Бронзо	3 — 6	75 — 150	ся к наименьшему пределу. При
Медные сплавы.	5 — 7	125 — 175	сложе начисто, причем требует —
			ся особенная тщательность в
			работе и в особенности при боль
			шой величине обрабатываемой
			поверхности $v = 1\frac{1}{2}$ и далее $2\frac{1}{2}$"
			для чугуна и бронзы.
Нарезка винтов и гаек квадратной и треугольной резьбой	. . . . .		По причине сложности подоб
			ной работы и часто большой
			длины винта, скорости при
Бронзовых	2" — 3"	50 — 75 м/м	нарезке винтов берутся отно
	средним числом		сительно малые. Тогда относят
	$2\frac{1}{2}$"	62 м/м	ся также приспособления метчиков,
Стальных	1 — $1\frac{1}{2}$	25 — 38 м/м	плашек, плашечников и т. п. из
	средним числом			
	$1\frac{1}{2}$"	38 м/м	твердой стали.
Из медных сплавов	5 — 7"	125 — 175 м/м	
Высверливание на то карных станках из бронзовых предметов литых и чугунных скобелем (ссвер,			При малых диаметрах зна чительную трудность представ ляет большое число оборотов для скорости бывают значительно малые. Наибольшее число оборотов в 1" должен токарный стан-

Название станков, орудий и обрабатыв. матер.	Скорости резца в 1"	Примечания
		какч. = 500 – 600; самодей. инструмент средней величины = 250 – 300 в 1"
Полировка накрда-ком с помощью стальных фасонных чугунных медных и пр. предметов	100" – 200" 2500 m/m – 5000 m/m средн. число 150" 3750 m/m	При малых диаметрах заготов-ки цель по выкладанной причине. Въ большей части при полировки станокъ пускаютъ на самой быстрой ходъ.
3 Наиболѣе чистовыя токарныя станки: скорости резцовъ = $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$ скорости резцовъ на самодѣйствующихъ токарныхъ станкахъ. При вѣрезаніи чугунныхъ паровыхъ и воздухоходныхъ цилиндровъ.	Средн. число $1\frac{1}{2}$" – 2" 38 – 50 m/m	По причинѣ тщательности работы и часто весьма большой поверхности цилиндровъ скорости берутся малыя. Вѣрезаніе какъ-то совершается въ одного прохода и дѣйствіе машины не прерывается во все время, которое при большихъ цилиндрахъ доходитъ до 2 недѣль. При этихъ скоростяхъ резца во все время работы станокъ почти холодный.
4 Сверлильныя машины средней и малой величины.	Скорости резцовъ тѣ-же, что и при токарныхъ самодѣйствующихъ станкахъ.	

Названіе машинъ орудій и обрабатываем. матер.	v — скорость рѣзанія въ 1"	Фрикціонная.
5. Нарѣзка болтовъ и гаекъ съ квадратн. и треугольн. нарѣзкой посредствомъ метчиковъ и вкладышей на болтонарѣзныхъ станкахъ:		По причинѣ малой вращающей способности метчиковъ и вкладышей срав-нительно съ обыкновенными резца-ми скорости берутся маленькія. При большихъ скоростяхъ часто срываетъ рѣзьбу.
— дюймовыхъ	1 — 2" 25 — 50 m/m среднее число 1½" 38 m/m.	
изъ мѣднаго сплава.	2½ — 5" 62 — 125 m/m	
6. Машины орудія съ круглыми фрезами (фрезами): зуборѣзныя фрезовыя типоночныя, для отдѣлки граней болтовъ и гаекъ и т. п.		Фрезы отъ разогрѣванія тупятся въ особенности при чугунѣ и сталь какъ приготовленныя изъ слабой и до-рогой, но на мягкихъ фабрикахъ предпочитаютъ ставить болѣе толстую стружку, т. е. работать съ большими подачами и съ меньшею скоростью v = 4" - 6" какъ при токарныхъ станкахъ. При дюймѣ не смотря на смазываніе масломъ при v = 12' фрезы сильно раз-гарѣваются.
для чугуна	8 — 10" 200 — 250 m/m.	
" дюймовыя	10 — 15 250 — 375	
" бронзы	25 625	
7. Строгальныя станки болтовъ снимаю-щіе помощью штруперку	2 — 2½" 50 — 62 m/m	За отсутствіемъ опытныхъ данныхъ перешли на скоростей невозмож-на. На строгальныхъ большихъ ма-

Название машин, предметов и обрабатываемого материала	Подача — скорость резца в 1"	Примечания
средняя	3–4" 75 — 100 m/m	мягкая обрабатывается легко, точение чугунных и деревянных предметов, которому дано большое количество мелких и средних предметов в машинах относительно редки.
2) Малые строгальные машины typical machines (shaping machine) и долбежные машины.		По прочим машинам различных обрабатываемых предметов допускаются большие скорости подачи, сообразуясь условиями работы.
Сталь	4–5" 100 m/m – 125 m/m	
Мягкий чугун . . .	6–8 150 – 200	
Бронза	6–10 150 – 250	
Медные сплавы . . .	12–18 300 – 450	
II Специальные работы		
1) Полировка деревянных деревянных и стальных предметов на токарн. станках помощью точильного камня или наждачного круга.	1 25–30;	metr. 7,5 – 9
2) Скорость на окружности полированного кру-		

Названіе машинъ орудій и обрабатываемаго матер.	v — скорость рѣзанія въ 1"		Примѣчанія
говъ и шлифовальныхъ круговъ	т 60 — 70	метр. 18 — 21	
3) Скорость при окружной точкѣ инструментовъ	10 — 15	3,— 4,5	Относительно малыя скорости въ точильныхъ камняхъ имѣютъ цѣлью предупрежденіе разогрѣванія а слѣдовательно потерю закалки инструмента. Съ этой цѣлью точила всегда мокрые.
4) Специальные токарные станки.			
для обточки прокатныхъ валовъ (изъ полированной чугуна) и нарѣзка на нихъ кулачевъ. а) Обточка цилиндрическихъ поверхностей обыкновеннымъ рѣзцомъ и чистовъ.	" 3	m/m 75	
b) Обточка цилиндрическихъ поверхностей валовъ широкимъ рѣзцомъ	1½ — 2 ;	38 — 50	
c) Нарѣзка кулачевъ широкимъ рѣзцомъ по профилю кулачевъ	1½" — 2½"	38 — 62	Вслѣдствіе большого сопротивленія широкихъ рѣзцовъ при большихъ скоростяхъ происходитъ сотрясеніе въ станкѣ и работа получается нечистая.

Названіе машинъ-орудій и обрабатываем. матер.	v – скорость рѣз-ка въ 1"	Примѣчанія
d) Обточка твердыхъ поверхностей гладкихъ валовъ (полированныхъ для мѣстового дѣйствія) отливокъ въ чугунныхъ изложницахъ	" m/m 1/8 – 1/4 ; 10 – 19	
5 Сверлильныя машины-орудія		Скорость при сверленіи гильзъ значительно менѣе нежели при обточкѣ наружныхъ поверхностей по слѣдующимъ причинамъ:
a) Чугунныя пушки (отливаются по американскому способу въ охлажденіи)		1) Каналъ требуетъ наибольшей тщательной работы
Обточка	2 1/2 – 3 1/2 62 – 87	
Сверленіе	3/4 – 1 1/4 19 – 31	2) Перемѣна рѣзцовъ и установка ихъ гораздо трудныя при сверленіи нежели при обточкѣ.
b) Стальныя изъ чистой обуховской отливки	m/m	
Сверленіе	1 – 1 1/2" 26 – 38	3) Вмѣщеніе весьма большой длины канала и относительно малаго его діаметра можно при малой скорости возможно легко достигнуть весь каналъ въ одного прохода безъ перемѣны рѣзцовъ. При работѣ все покойно и при большихъ скоростяхъ происходитъ дрожаніе сверла.
Обточка	3 – 5 75 – 125	
c) Мѣдныя пушки (изъ отливка) по Вибо		
Обточка	5 – 7" ; 125 – 175 m/m	
Сверленіе	8 1/2 – 4 1/4 87 – 106	

По Watson'у [1] изъ практики американскихъ заводовъ средняя величина скоростей:

для чугуна .. $v = 95^{m/m}$

„ чугуна .. $v = 65-70^{m/m}$

„ бронзы .... $v = 125^{m/m}$.

Въ таблицахъ Rose [2] даны скорости при обточкѣ.

Таблица Rose скоростей при обточкѣ.

(скорости въ $^{m/m}$.)

діаметръ обтак. предм.	Сталь	Желѣзо	Чугунъ	Бронза	Медь
$25^{m/m}$ и менѣе	100	175	190	600	1750
отъ 25 до $50^{m/m}$	90	125	175	500	„
„ 50 „ $75^{m/m}$	90	„	„	„	„
„ 50 „ 100 „	„	125	150	400	„
„ 50 „ 125 „	„	„	„	„	50
„ 75 „ 150 „	75	„	„	„	„
„ 100 „ 150 „	„	115	125	350	„
„ 125 „ 300 „	„	„	„	„	1100
„ 150 „ 300 „	„	100	100	30	„
„ 300 „ 500 „	„	90	100	„	750

Что касается до выбора площади сѣченія стружки для случая грубой обточки какъ видимъ W можетъ быть взято наибольшее, какое допускаетъ прочность данной машины орудія, что конечно можетъ быть опредѣлено опытомъ для каждой машины.

---

1) Philadelphia 1871: The modern praefice American engenur by E. P. Watson.

2) The complete practical machinist, by Jochura Rose: Philadelphia 1876.

Данные изъ своихъ опытовъ даетъ слѣдующія среднія величины W для всѣхъ металловъ

	Наибольшее усиліе — P_0	средн W	средн v
Машинныя орудія малыхъ размѣровъ до	300	4 $^{m}/_{m}\square$	125 $^{m}/_{m}$
" " среднихъ " "	1100	12,5 — 14	100
" " большихъ " "	6000	48	75

Приведенныя числа среднихъ скоростей (подробныя находятся въ предыду-щихъ таблицахъ) показываютъ между прочимъ въ какомъ отношеніи при-нимаются въ практикѣ увеличеніе скорости рѣзца съ увеличеніемъ площади сѣченія стружки. Впрочемъ во многихъ случаяхъ W ограничивается такъ же какъ и скорость условіями самой работы. При вытачиваніи напр. паро-выхъ цилиндровъ и т. п. W и v берутся значительно менѣе наивыгодныхъ для того, чтобы рѣзецъ, какъ можно менѣе нагрѣвался и тупил-ся и чтобы послѣдній слой могъ быть снятъ съ одного прохода, безъ на-точки рѣзца.

При обточкѣ тонкихъ частей, особенно при обточкѣ на центрахъ размѣры стружки уменьшаются по другимъ соображеніямъ именно для избѣжанія прогибанія части вслѣдствіе дѣйствія на нее большихъ усилій, вызываемыхъ крупными размѣрами стружки.

При отдѣлочной обработкѣ экономическія соображенія получаютъ меньшее значеніе нежели при обработкѣ грубой такъ какъ главная за-дача, которая при этомъ преслѣдуется состоитъ въ томъ, чтобы придать поверхности точный и гладкій видъ. Поэтому и размѣры стружки въ этомъ случаѣ значительно менѣе. Съ одной стороны это требуется для того, чтобы риффли, т. е. слѣды установочныхъ рѣзцовъ на поверхности, выходили менѣе съ другой стороны потому, что при большомъ усиліи вытачиванія крупнаго стружкою рѣзецъ и даже ко-нусы самыхъ орудій могутъ получать микротворія

угрузия резца, с которыми должна измениться и правильная форма обрабатываемого предмета. Поперечные размеры стружки при отделочной обработке доходят иногда до очень малых размеров, напр. при ручной обточке W бывает значительно менее 1 □ мм. Вообще чем чище предполагается обработка, тем более приходится отступать от наивыгоднейших размеров стружки и тем менее экономична выходит работа. Остается в этом случае один только путь к удешевлению работы — увеличение скорости резца. Вследствие чистая отделочная обработка резцом требуется довольно редко. Круглые точеные части отделываются на станке напильником, наждачным или наждачным иногда также путем обдувания и строгания части, если требуется чистая отделка.

Рассмотрим теперь, какое соотношение между a и b — размерами сечения стружки выгодно при данном сечении стружки. Условимся называть толщиною стружки ее измерение a (чертеж 44 фиг. 8) по направлению бокового перемещения резца или величину этого перемещения для одной стружки (при обточке это будет боковое перемещение резца соответствующее одному обороту обтачиваемого предмета (чертеж 44 фиг. 9). Оба эти измерения будем принимать равными, не обращая внимания на боковую усадку стружки. Другое измерение b назовем шириной стружки. При правильной форме резца с плоскими гранями он может получить только два рабочих ребра действующих в двух взаимных плоскостях (по толщине a и по ширине b стружки. Как увидим далее для обоих ребер невозможно одинаково выгодное углы резания. Поэтому для одного ребра углы резания придаются наивыгоднейшую величину для другого же ребра — иногда углы будут отступать от наивыгоднейшего. Оказывается следовательно, что для экономической работы первое

ребро должно производить большую работу нежели второе, т. е. изъ двухъ измѣреній e и b одно то которому будетъ дѣйствовать первое ребро должно быть больше другого. Чтобы рѣшить вопросъ, которое изъ двухъ измѣреній e и b должно быть больше, замѣтимъ, что для рѣзца съ двумя рабочими ребрами, боковое перемѣщеніе его возможно имѣть въ одну сторону напр. справа налѣво какъ обозначено стрѣлкой на чертежѣ.

При значительной толщинѣ слоя S, который назначенъ къ снятію (напускъ) срѣзываніе совершается въ нѣсколько пріемовъ, причемъ каждый разъ снимается нѣкоторый слой, толщиной b, черезъ послѣдовательное срѣзываніе стружки шириной b и толщиной e. Направленіе рѣзанія будетъ перпендикулярно при этомъ къ плоскости чертежа. Когда срѣзанъ первый слой Bxb, орудіе должно быть передвинуто въ первоначальное положеніе, чтобы начать второй слой, который и срѣзается въ формѣ стружки, въ снятіи ехb нѣтъ боковое перемѣщеніе въ чью либо сторону.

Такъ идетъ работа въ самоточкахъ и строгальныхъ машинахъ[1] продольныхъ и поперечныхъ. Подобное же происходитъ въ большей части случаевъ долбленія и при обработкѣ фрезами вслѣдствіе односторонняго вращенія фрезы. (Въ сверлильныхъ машинахъ и въ сверлильныхъ съ передвижнымъ сверломъ работа идетъ иначе и никакой перестановки орудія не требуется) Напередвиженіе орудія затрачивается нѣкоторое время, вслѣдствіе чего накладные расходы на снятіе даннаго слоя увеличиваются. Эту потерю можно уменьшить уменьшая число необходи-

---

[1] Иногда придаютъ рѣзцу при рѣзаніи ребра, причемъ онъ можетъ работать при боковомъ перемѣщеніи въ обѣ стороны. Хотя при этомъ работа идетъ быстрѣе, но въ слѣдствіе плоскихъ граней углы рѣзанія далеко отклоняются отъ наивыгоднѣйшей величины и сопротивленіе рѣзанію

имеет переменную величину, т. е. число слоев $m = \frac{\varepsilon}{b}$ или что все равно увеличивая b. Наименьшая потеря во времени будет при $b = \varepsilon$ если это возможно. И так в большинстве случаев оказывается выгодно при данном W брать больше b и соответственно уменьшать e. Заметим, что это нередко прочим согласно и со требованиями чистой работы, этим как фаски при этом выходят менее. Поэтому где возможно стараются брать ширину b стружки близкою к ε оставляя только некоторый слой для отделочной обработки; при этом возможная толщина стружки e определяется из b и W

Для грубую обработку нельзя производить с одного прохода выбирают b или e; по Rose средняя величина e для обработки грубой может быть 1 m/m — 1,25, а для отделочной $e = 0{,}8 - 1{,}25$ m/m и только для чугуна, получающего отделку плоским резцом e до 6 m/m

Форма резца

При таких условиях резание будет совершаться главным образом в плоскости определяемой шириной b стружки и направлением движения резца и главное режущее ребро будет соответственное ребро a f (стаб. 44 фиг 10) при угле резания α в очени резца плоскостью образованной вышей плоскости. Но ребро ad также может в некоторой плоскости, следовательно для соблюдения выгодной работы оба угла α и α' (в боковой проекции) должны иметь наивыгоднейшую величину угла резания. Это важное условие выполняется только отчасти, т. е. резец при этом получает форму четырехгранной призмы с

выпадение этого значительно увеличивается.

Резец с прямо режущими ребрами невозможно требуется вогнутой но не плоской передней грани, тогда только углы резания могут получить желаемую величину [см. далее резцы Ловейля]

выдающимися впередъ передними резцами а, которая оказывается очень непрочно и быстро притупляется. Чтобы устранить это неудобство приходится оберегать фрезерѣ въ одной изъ плоскостей при условіи невыгодномъ, т. е. придавать наивыгоднѣйшую величину только одному изъ режущихъ угловъ другой же α^1 будетъ обще близокъ къ прямому. Потеря которая при этомъ является при небольшой ширинѣ стружки въ отношеніи къ ширинѣ ея будетъ вообще незначительна. Впрочемъ эту потерю можно до нѣкоторой степени уменьшить, давая уголъ fad не прямымъ или близкимъ къ прямому, а тупымъ. Для этого у резца скашивается сторону af въ продолжен (черт. 44 фиг. 11) и эта сторона становится режущимъ ребромъ. Въ этомъ случаѣ при болѣе прочномъ передненомъ резцѣ, уголъ α^1 будетъ приближаться къ α — углу при ребрѣ af, т. е. къ наивыгоднѣйшему. Новое ребро ad резца для прочности самого резца должно значительно длиннѣе толщины с стружки. Оно не должно въ плоскости ac, а становится къ ней наклонно подъ очень небольшимъ угломъ, для того чтобы это ребро не терось объ плоскость уже отдѣланную. При такой постановкѣ обрабатываемая плоскость получаетъ фаски, ширина и глубина которыхъ увеличивается выносомъ съ толщины стружки. Плоскость выходитъ болѣе гладкою при закругленіи угла а резца. (черт 44 фиг 13) Легко видѣть (черт 44 фиг 13), что чѣмъ больше радіусъ кривизны закругленія и чѣмъ тоньше стружка тѣмъ менѣе получаются фаски. Это закругленіе должно выносить съ собою и самый резецъ болѣе прочный и потому обыкновенно вопрекаются въ резцовъ, хотя углы резаній для различныхъ точекъ закругленія будутъ неодинаковы, а слѣдовательно будутъ отступать отъ выгодной величины.

При поперечномъ резцѣ и его установкѣ уголъ α^1 для главнаго

ребра af измеряется шаблоном, вырезанным из жести (таб 44 фиг 14) Угол наклона β (или $90-\beta$) для этого ребра может быть измерен шаблоном относительно передней плоскости тп суппорта (таб 44 фиг 15), к которой резец прикрепляется и которая напр. в строгальных машинах перпендикулярна к направлению резания.

Угол α^1 для другого режущего ребра ad и его угол наклона измеряется подобным же образом, напр. относительно плоскости плавформы в строгальной машине.

Огертанный резец mptaf придает ему форму приближающуюся к форме тела равного сопротивления изгибанию (таб. 44 фиг. 10) при укреплении его в ап к суппорту.

Другие условия, которым должен удовлетворять формы резца состоят в следующем

В машинах в которых резец работает не непрерывно, а периодически, начиная резание с каждым ходом вновь, как напр. в строгальных и долбежных машинах резец должен начинать свое действие на металл не сразу по всей ширине стружки, а постепенно ослабляя таким образом силу удара. Предохранительность эта становится тем более необходимой, чем больше в этот момент скорость движения резца (В продольных машинах скорость резца постоянна во всю длину хода, в поперечных переменна и принимая хода резца = 0) Это условие выполняется до некоторой степени тем, что режущее ребро резца становится не перпендикулярно к линии его движения а под некоторым наклоном (Предполагается, что передняя грань обрабатываемого предмета перпендикулярна к линии движения резца) Наклон может быть в ту или другую сторону – для данной цели безразлично. Разница будет только в том, что у резца типа II

(таб 44 фиг 16) его окончность а слабые, несущие уступца типа III.
(С другой стороны для резца II условія резанія бываютъ наивыгоднѣйшія. Поэтому они больше пригодны для мягкихъ металловъ (отъ меди до бронзы мягкая сталь) тогда какъ резецъ III по преимуществу для металловъ твердыхъ (чугунъ, твердая сталь, частью бронза)[1])

Далѣе требуется чтобы образующаяся при резаніи стружка отходила свободно и не затрудняла дѣйствія резца. Если стружка не искривляется сама отъ недостатка вязкости металла, то въ случаѣ резца I она завивается въ цилиндрическую спираль и упирается въ боковую плоскость резанія, впереди резца, увеличивая такимъ образомъ сопротивленіе резанію (таб. 44 фиг. 17) Въ случаѣ резца III типа стружка получается въ видѣ винтовой спирали, которая опускается внизъ и упирается въ обрабатываемую плоскость (таб. 44, фиг. 18) Наконецъ при резаніи II типа, получается винтовая спиральная стружка, завивающаяся вверхъ и удаляющаяся отъ обѣихъ плоскостей (таб. 44 фиг. 19) Слѣдовательно резецъ II типа одинъ удовлетворяетъ поставленному выше требованію. Это требованіе имѣетъ главнымъ образомъ значеніе для вязкихъ металловъ, дающихъ длинную стружку; поэтому для такихъ металловъ резецъ II типа имѣетъ несомнѣнное преимущество передъ двумя остальными. Для хрупкихъ металловъ какъ напр. для чугуна, почти пригодны и другіе два типа — заключеніе совершенно согласное съ результатами предыдущихъ соображеній. Замѣтимъ, что для полученія стружки съ достаточнымъ извивомъ вверхъ для резца II типа, уголъ δ долженъ

---

[1]) Для рѣзца дѣйствующаго непрерывнымъ движеніемъ, какъ напр. въ токарномъ станкѣ, всѣ три типа въ разсматриваемомъ отношеніи одинаково годны но по отношенію къ затрачиваемой работѣ резанія типъ II выгоднѣе остальныхъ и потому конечно, долженъ предпочитаться имъ.—

быть определены опытным. Путь резания совершается только в одной плоскости наши резцы II и III типов одинаковы годны для всех металлов, если принимать во внимание. Так как оба эти резца могут безразлично употребляться при отделывании кромок металлических листов – работа, которая встречается, например в котельном деле (табл 44, фиг. 20)

Установка резца

Для большей прочности резца и как увидим для получения чистой работы требуется, чтобы резец был закреплен к суппорту, как можно больше к обрабатываемой части, т.е. его свободная выступающая от суппорта часть была короче. При всем том неизбежно некоторое отгибание его во время работы сопротивлением, которое является при резании. И как это сопротивление меняется периодически для каждого элемента стружки, то отгибание резца проявляется его колебаниями или дрожанием. Следствием этого бывает более или менее нечистая работа: обрабатываемая поверхности получает волны по направлению резания, которые будут тем заметнее, чем более при отгибании резца его конец a (табл. 44, фиг. 21) выходит из обрабатываемой поверхности ab. Изгиб резца сильно применяемого к его концу проявляется во всех точках его свободной части ac; наибольший изгиб будет в последней точке c укрепления резца и линия ac будет нормаль к кривой aa', которую опишет конец a резца. При малом удалении конца обрабатываемой плоскости будет тем меньше, чем короче часть ac резца, а при данной длине ac она будет наименьшей, когда дуга aa будет касательна к плоскости в a, т. е. когда точка изгиба на-перпендикуляре, проведенном из a к направлению ab-резания. При этом условии резец должен получать некоторый зазор (табл 44, фиг 22 и 23) который придается ему опиловкой. Заметим, что здесь

будетъ еще движеніе въ направленіи къ боковой плоскости отъ резца, но оно не отзывается на чистотѣ обрабатываемой плоскости а только на плоскости фрезанія. Затѣмъ когда для повторенія истираемая фреза отойдетъ его передняя грань, положеніе конца d измѣнится и фрезецъ теряетъ свою выгодную форму, которая опять возстановится только отковкой. Къ сожалѣнію это неизбѣжно въ такихъ фрезахъ и только, чтобы дозволить большее стачиваніе нужно иногда конецъ фрезы нѣсколько впередъ перпендикуляра ас. Фрезецъ съ выступающею передней гранью (таб 44 фиг 23) представляетъ большее удобство для наточки не фасонфрезецъ изображенный на таб 44 фиг 22 Для фрезовъ токарныхъ сверловъ точка прикосновенія фрезца должна лежать на направленіи радіуса проведеннаго къ послѣдней точкѣ укрѣпленія въ суппортѣ. Эта послѣдняя точка можетъ имѣть произвольное положеніе, но по устройствѣ самой машины должна приблизительно находиться на горизонтальномъ радіусѣ. Если точка а лежитъ на горизонтальномъ радіусѣ (таб 44, фиг. 24) то на томъ же радіусѣ должна находиться и точка с и резецъ помѣщается задомъ. Представленный на этомъ чертежѣ резецъ съ профилемъ ребромъ аа' употребляется для чистой обточки фасонныхъ и стальныхъ частей и въ нѣкоторыхъ случаяхъ для чугуна Его углы х и в отнятыя отъ касательной въ точкѣ а - Ребро аа' измѣняемо боковому перемѣщенію или дѣлаетъ съ нимъ небольшой уголъ для того, чтобы фрезаніе совершалось этимъ ребромъ, а угловое закругленіе имѣющія мѣсто выгодные углы не участвовали въ резаніи При такомъ положеніи точка а, выгодная выгодная высота суппорта = высотѣ центровъ станка. При этой высотѣ употребленіе прямыхъ резцовъ крайне невыгодно и пользованіе загнутыми фрезцами становится обязательнымъ.

Отроитель машинъ имѣлъ въ виду, что не всѣ пользуются фрезами

правильной формы и что во многих случаях употребляются резцы ... у которых придают угловую высоту меньшую высоты центров по средней толщину листа, примерно на $1'' - 1\frac{1}{4}''$ при чем точка а действительно будет лежать приблизительно на горизонтальной линии и для прямого резца. Вообще все для такого суппорта выгодное положение точки а определяется по предыдущему условию радиусом проведенным через точку с (таб. 44 фиг 25

Наточка плоского резца достигается сглаживанием грани ав, легко заметить, что положение точки а при этом будет понижаться; поэтому, чтобы пользоваться резцом возможно долгое весь отковки, конец а делают иногда немного выше радиуса ос, когда же резец оканчивают подкладывают клеводушки и суппортные подкладки. Прямой резец получается небольшой выпуклой или выемку, необходимую для образования правильного режущего угла.

Все эти плоские резца употребляются для чистой обточки деталей из стали и бронзы; их угол а получается большую данной как выгодной для получения гладкой поверхности. Работа идется с смазкой (мыльной водой и проч) толщина стружки самая незначительная. Тупые резцы иногда обрабатывается на чисто плоским резцом, при значительном боковом перемещении резца. (до 8 мм) и со смазкой - Для чистой обточки употребляют иногда прорезной резец (таб. 44 фиг 26). Он имеет двоякий изгиб и отводен прорезным в значительной степени, главным образом в верхней части своего конца; вследствие этого перемещение точки а при отгибании резца будет по кривой близкой к касательной в этой точке. Положение точки а должно быть выше линии ос без всякого неудобства Внутренняя часть конца должна быть срезана деревянным клином для регулирования способности резца прорезаться, что дает средство

достигнуть наивыгоднейшего отклонения конца а резца, т. е. по кривой касательной къ ав. Уголъ α должен быть близким къ прямому для избежанія излишней повторяемости, такъ что при наточкѣ резца сталкиваніемъ передней грани ав точка а понизится очень мало и резецъ почти не измѣнитъ своей формы. Работа идетъ непрерывно со смазкой Резцы эвольвентные для грубой обточки получаютъ боковую подачу ребра большею частью наклоннаго къ направленію бокового перемѣщенія наружно режущаго строгальнаго станка. Изгибъ резца опредѣляется приведенными выше соображеніями. Формы этихъ резцовъ представлены на таб 44 фиг. 27, таб 45 фиг. 1 и 2). Изъ нихъ фиг. 27 представляетъ резецъ для высокаго суппорта, фиг. 1 — для низкаго, фиг 2 — резецъ съ режущимъ ребромъ, перпендикулярнымъ къ боковому перемѣщенію употребляется для обточки боковой поверхности цилиндрическаго тѣла. Режущія грани его обнаруживаютъ въ сѣченіи плоскостью АВ, опредѣленной нормалью къ поверхности резанія и направленіемъ резанія (таб. 45 фиг. 3). Углы ихъ не совсѣмъ одинаковы для разныхъ точекъ режущаго ребра, всѣмъ этимъ ихъ скоса этого ребра. Для наточки резца сталкиваютъ его боковыя грани ав (таб 45 фиг 3) по всей длинѣ профиля такъ чтобы передняя грань (таб 45 фиг 1 и 2) Кромѣ разсмотрѣнныхъ резцовъ употребляются преимущественно въ токарномъ дѣлѣ, такъ называемыя подрѣзки и фасонные резцы. Подрѣзки служатъ для выточки въ надлежащихъ уступовъ — прямыхъ, глухихъ, скругленныхъ и сообразно съ назначеніемъ получаютъ свой профиль такъ (таб 45, фиг 4) Фасонные резцы употребляются для обточки поверхностей даннаго криваго профиля. Разумѣется работа эта можетъ быть исполнена и простымъ резцомъ по шаблону, но не такъ отчетливо и медленно. Фасонный резецъ заточивается по шаблону, который въ свою очередь изготовляется по чертежу данной детали. Резцовъ въ вог-

путями кривыми стараются избегать, так как наточка его затруднительна и во всяком случае требует специальных выпуклых камней, тогда как с вышеуказанными профилями наточиваются на простом цилиндрическом точиле (вращающийся камень) На таб. 45 фиг 5) представлен один из таких фасонных резцов с выпуклым профилем. Передняя грань его плоская для удобства наточки резца, следовательно углы резания для различных точек профиля различны: разница будет тем больше, чем больше угол и кривизна профиля, тем следовательно при ленте благоприятная обстоятельства резец будет работать. Наивыгоднейшую величину для α придают резцу в некотором среднем сечении по AB или же в двух сечениях A_1B_1 и A_2B_2 симметричных относительно AB; в последнем случае разница между различными величинами α будет наименьшая - Для приготовления все резца с одинаковыми углами резания требуется придать его передней грани вид вогнутой кривой поверхности, неудобной для приготовления и наточки обыкновенным путем (таб. 45 фиг 6) - Резцы с длинным профилем невыгодны во первых потому что представляют большие площади поверхности подвергающего трению и требуют следовательно частой наточки. Вследствие этого во первых грубую обточку криволинейного профиля делают простым резцом, а отделку фасонным, во вторых для каждой кривой стараются употреблять несколько резцов с небольшим (и т.е с коротким профилем, как это делается напр. (таб 45 фиг 7) при обточке вильчатого маятника. Здесь уступчатая форма поверхности обточена простым резцом при помощи суппорта, а гладкая поверхность, нарезанная внутри первой - двумя фасонными резцами I и II

Резцы долбежных машин.

Рассмотренные типы резцов относятся ко строгальным маши-

нать и пижарными станками или самотоками. Фрезы долбежных машин находятся в нескольких иных условиях и получают иную форму. Здесь передняя плоскость параллельна направлению фрезания всем часто профиль такого фреза, а иногда и ширина его обусловливается размерами вырезаемых пазов, длина же фреза определяется глубиною долбления. Поэтому фрезы долбежных машин бывают более или менее длинны, считая от первой точки до укрепления фреза, а часто очень тонки, так что способны отгибаться из плоскости фрезания и углубляться в металл. Сопротивление оказываемое фрезу металлом есть P_z (чер. 45, фиг. 7) перпендикулярное к передней грани. Другие силы действующие на фрез во время работы фрезания будут: трение этой грани fP_z направленное по ab и трение задней грани о плоскость ad вследствие нажатия фреза к этой плоскости горизонтальною проекцией P_z. Эти силы при значительной длине фреза l могут отгибать фрез и произвести зарезание в плоскости ad. Для того, чтобы этого не случилось, предполагая, что собственное сопротивление фреза отгибанию незначительно нужно, чтобы эти силы были взаимно-равны по горизонтальной линии cd, т. е. чтобы

$$P_z \cos\alpha - fP_z \sin\alpha = 0$$

или

$$\cos\alpha : \sin\alpha = f, \text{ т. е. } \operatorname{ctg}\alpha = f$$

При $f = 0{,}15$ (средняя величина для всех металлов без смазки) получим $\operatorname{ctg}\alpha = 0{,}15$ и $\alpha = 80°$ — угол резания для фреза, поперечные размеры которого очень малы.

Для резцов, которых поперечные размеры достаточны, чтобы оказать некоторое сопротивление отгибанию, принимают для всех металлов $\alpha = 70°$ и иногда для бронзы и до $80°$. При таком угле α и небольших размерах стружки, ограничивающей употребление.

плоскими резцами обработка долблением не может быть так продолжительна и экономична, как обработка строганием. Въ свою очередь строганіе и долбленіе вслѣдствіе періодичности дѣйствія рѣзца и проходящей отъ того потери времени, значительно уступаютъ въ выгодности обработкѣ на токарномъ станкѣ, гдѣ дѣйствіе рѣзца непрерывно. Поэтому во всѣхъ случаяхъ, гдѣ представляется возможность замѣнить долбленіе строганіемъ, а строганіе обточкой, есть малофасонныя поверхности да плоскую такую замѣну. Можно впрочемъ и при долбленіи приближаться къ условіямъ выгоднаго дѣйствія увеличивая поперечные размѣры сѣченія рѣзца, гдѣ самая работа это допускаетъ. При этомъ конецъ и спинка могутъ быть крупнѣе и уголъ β ближе къ наивыгоднѣйшему. Такъ при долбленіи наружныхъ поверхностей можно дѣлать весь рѣзецъ изъ толстой стали (таб 45, фиг. 8) – При вырѣзаніи бороздъ для шпонки во втулкѣ или конуса можно употреблять рѣзецъ съ тонкимъ сѣченіемъ, а тонкій конецъ его образовать оттачиваніемъ изъ точки соотвѣтственнаго профиля паза (таб 45 фиг 9)

Вставные рѣзцы

Цѣльные рѣзцы приготовляются изъ квадратной стали отковкой; правильныя грани и режущія ребра придаются имъ сначала отшиваніемъ и потомъ наточкой послѣ закалки. При затупленіи рѣзца стачивается одна изъ его граней или двѣ смежныя. Это можетъ повторяться до тѣхъ поръ пока рѣзецъ не потеряетъ въ значительной мѣрѣ свою правильную форму, послѣ чего его форма должна быть опять возобновлена отковкой – При повторяющейся нѣсколько разъ отковкѣ и закаливаніи портится матеріалъ рѣзца и тратится много времени

Для правильнаго веденія производства весьма важно довести

фрезы до непрерывной работы, невозможности менее занимать рабочих по исправлению инструмента и избежать связанныя съ этимъ остановокъ машины фрезы. Съ другой стороны это достигается специализированіемъ инструментальнаго дѣла въ рукахъ одного рабочаго, который приготовляетъ натачиваетъ и вообще приводитъ въ порядокъ фрезы всѣхъ машинъ съ другой стороны это цѣль достигается также употребленіемъ вставныхъ фрезъ. Вставной фрезой состоитъ изъ фасонной оправки съ нарѣзными отверстіями, которыя признаются удобными для фрезы и небольшой стальной части простой формы — собственно фрезы, которая вставляется въ оправку и закрѣпляется въ ней какимъ либо способомъ. Натачивается только вставная часть, она не подвергается отковкѣ, а по мѣрѣ стачиванія измѣняетъ свое положеніе въ оправкѣ. На механическихъ заводахъ, уже имѣющихъ употребленіе вставныхъ фрезъ, они встрѣчаются преимущественно двухъ типовъ — одинъ принадлежитъ Витворту, другой принадлежитъ Смиту. Первый имѣетъ треугольный профиль и приготовляется изъ прямогранной стали (таб 45, фиг 10), профиль второго симметрическій и приготовляется изъ круглой стали разсѣченіемъ полосы плоскостью наклонною къ оси (таб 45, фиг. 11) И тотъ и другой употребляются преимущественно въ слесарномъ дѣлѣ но оба могутъ быть применены также и для строгальныхъ машинъ. Сталь изъ которой приготовляется трехгранный фрезецъ получается прокаткой, одинъ уголъ в округляется. Кусокъ разрѣзается на части такимъ образомъ, что уголъ рѣзанія въ плоскости MB, заключающей нормаль къ обрабатываемой поверхности и направленіе рѣзанія, получаетъ наивыгоднѣйшую величину. Для прямой части режущаго ребра cb дно всѣхъ его точекъ двоякъ рѣзаній будетъ одинаковъ и только для закругленія въ b (которое не велико) этотъ уголъ нѣсколько уклоняется отъ выгодной величи-

ны. Укрѣпленіе рѣзца въ отверстіи достигается двумя наѣзными винтами f и g, которые нажимаютъ половины разрѣзанной головки и слѣдовательно удерживаютъ рѣзецъ на мѣстѣ только тремя, которое при крупной отрѣзкѣ можетъ оказаться недостаточнымъ. Это создаетъ практическое неудобство прежняго рѣзца, которое въ рѣзцахъ Смита можетъ быть въ нѣкоторыхъ случаяхъ устранено. Для наточки рѣзецъ вынимается изъ отверстія, откашивается его передняя грань bc d, такъ какъ ребро bc прямое, только опредѣляетъ положеніе образующей поверхности рѣзанія. Изъ приведеннаго описанія видно что такой рѣзецъ можетъ работать при боковомъ его перемѣщеніи только въ одну сторону, какъ и всякій рѣзецъ съ плоскими гранями правильно постраченный. Поэтому для нѣкоторыхъ работъ нужно имѣть рѣзцы со скосами въ разныя стороны — рѣзцы правый и лѣвый

Вставная часть рѣзца Смита (таб 45 фиг 11) получается изъ круглой прокатной инструментальной стали сѣченіемъ куска подъ угломъ α, къ оси.

Такой рѣзецъ вставляется въ круглое отверстіе отверстія такъ, что образуетъ уголъ β съ направленіемъ рѣзанія (таб 45 фиг 12) и закрѣпляется въ отверстіи различными способами. Для некрупныхъ отрѣзокъ предпочитаютъ укрѣпленіе наѣзнымъ винтомъ (таб. 45 фиг. 13 и 14), который дозволяетъ свободное измѣненіе положенія рѣзца въ отверстіи при его установкѣ. При рѣзаніи крупной отрѣзкой Смитъ рекомендуетъ другое закрѣпленіе болѣе надежное. Въ этомъ случаѣ отверстіе въ головкѣ отверстія дѣлается глухое (таб. 45 фиг. 12). Для установки рѣзца служитъ винтъ a, ввернутый въ дно для закрѣпленія рѣзца наѣзнымъ винтомъ b, какъ и въ первомъ случаѣ. Помощь укорачиванія рѣзца отъ наточки вывертываетъ низкій винтъ a при очень короткомъ рѣзцѣ употребляются прокладки c, d! — Рѣзецъ и отверстіе установливаются такимъ образомъ (таб 45,

фиг. 15), что проекция угла между большою осью ad эллиптического сечения резца и направлением его бокового перемещения, на плоскость перпендикулярную ко направлению резания (плоскость чертежа), имеет величину 45°. Понятно что при такой установке резец может получить перемещение по двум направлениям ac и ad взаимно перпендикулярным и в обоих случаях будет находиться в одинаковых условиях резания. При точении, напр, при перемещении по ac будет происходить обточка цилиндрической поверхности; при перемещении по ad обточка плоскости.

Для всех возможных работ и в этом случае необходимо иметь два резца — правый и левый (таб 45, фиг. 16) (как при точении, так и при строгании). Оба могут быть употреблены для обточки поверхности aca₁, кроме того один для обточки правой плоскости, другой для обточки левой. По устройству круглый резец Смита проще трехгранного; здесь проще и форма-стали и способ пригонки в державке. Его недостаток — неодинаковые углы резания для разных точек режущего ребра вследствие того, что это ребро кривое, а передняя грань плоская. С другой стороны благодаря именно кривому ребру обрабатываемая поверхность выходит более гладкая нежели при употреблении трехгранного резца. Потеря происходящая от недостаточности углов резания будет тем больше, чем длиннее режущее ребро. Чтобы оценить эту потерю возьмем крайний случай. Наибольшая длина bd (таб 45, фиг. 17) режущего профиля, какой дает Смит и более чем она очевидно не может быть, соответствует $\frac{1}{4}$ окружности круглого сечения резца, т. е. когда ширина стружки = радиусу этого сечения. Для угла $\gamma = 45°$ в круглом сечении, соответствующий ему угол в эллиптическом сечении будет некоторый угол γ' (таб 45 фиг 18) Если $a'f$ и $b'g$ параллельны направлению резания, то углы резания для точек a_1 и b_1 будут α и α_0. Чтобы

найти зависимость между углами α, α_0 и γ проведем из a' линию $a'd'$ параллельную $b'c$ (таб 45, фиг 19 тогда получим трехгранный угол с вершиной a', для которого линейные углы будут α_0, α, γ'. Заметим, что угол между гранями углов γ' и α – прямой (таб. 45, фиг. 18), так как первая есть передняя плоскость резца, а вторая проходит через большую ось эллипса и через ось резца следовательно

$$\cos\alpha_0 = \cos\alpha \cdot \cos\gamma'$$

Так как угол между плоскостями, в которых лежат углы γ и γ' есть $90 - \alpha$ (таб 45, фиг 20), то между этими углами существует зависимость:

$$\cos\gamma = \cos\gamma' \cdot \sin\alpha$$

откуда

$$\cos\gamma' = \frac{\cos\gamma}{\sin\alpha}$$

Подставляя в предыдущее выражение, получим

$$\cos\alpha_0 = \operatorname{ctg}\alpha \cdot \cos\gamma$$

Угол α при большей оси эллипса придается величина наивыгоднейшая. Положим для резания фрезы $\alpha = 55°$, при $\gamma = 45°$; α получит величину $\alpha_0 = 60$, т. е. в крайних точках b' и d' профиля углы резания будут больше наивыгоднейших на 5°. Для углов резания в 55° коэффициент φ (приведенный радиус) = 1,7 а для угла в 60° — $\varphi = 2$ (приблизительно) Отношение их 1,16, т. е. в крайних точках b' и d' сопротивление будет больше на 16% вследствие круглой формы резца.

Не нужно забывать, что в таких невыгодных условиях находится резание только для двух крайних точек профиля, при одной из которых (b' на фиг 17, или b на 18 таб. 45) толщина стружки равна 0. Для всего же профиля увеличение сопротивления можно принять не более как в 10% для самых крупных стружек, возможных для резца данной толщины[1]

---

[1] По динамометрическим испытаниям Martig'a для круглого резца Самара работа резания выходила на 11% больше, нежели для обыкновенного резца.

Чтобы еще уменьшить силу попереку полезно было бы брать въ α' уголъ нѣсколько менѣе наивыгоднѣйшаго, тогда для двухъ точекъ профиля углы будутъ имѣть наивыгоднѣйшую величину, а для крайнихъ точекъ будутъ менѣе разнящіяся отъ наивыгоднѣйшаго. Смитъ даетъ для своего рѣзца:

$\alpha = 54°$ для фосфоза

$\alpha = 64°$ для чугуна

$\beta =$ отъ $4° - 7°$ (болѣе обыкновеннаго)

Чтобы болѣе удалить стержень рѣзца отъ обрабатываемой поверхности. Для менѣе крупныхъ операцій неблагопріятныя условія будутъ главнымъ образомъ въ b (таб 46, фиг 1) гдѣ толщина операціи z о и потеря должна быть замѣтно менѣе (вѣроятно около 5%) Вообще выгодно брать рѣзецъ такой толщины, для котораго уголъ соотвѣтствующій предѣлу рѣзанія приближается къ 45% (таб 46 фиг 1). Для самыхъ тонкихъ операцій Смитъ рекомендовалъ брать рѣзецъ не круглаго, а эллиптическаго поперечнаго сѣченія. Не трудно убѣдиться, что условія рѣзанія будутъ при этомъ менѣе благопріятны нежели для круглаго рѣзца. Кромѣ того такой рѣзецъ трудно приготовить и укрѣпить къ стержню и муфтѣ готовитъ его изъ стали спеціально прокатанной. Вслѣдствіи Смитъ отказался отъ такого рѣзца и въ настоящее время готовитъ цилиндрическіе рѣзцы отъ $\frac{5}{8}$" до $1\frac{1}{4}$" въ діаметрѣ; наибольшая возможная толщина операціи для послѣдняго будетъ $\frac{5}{8}$" – современно-достаточная для самыхъ крупныхъ работъ на механическомъ заводѣ. По испытаніямъ произведеннымъ сопротивленіе рѣзанія для его рѣзца менѣе нежели для рѣзца прежняго, въ чемъ, какъ мы сейчасъ видѣли можно со-

---

при очень крупной операціи ($W = 22^{m}/_{m.}\square$) при одинаковыхъ приблизительно обстоятельствахъ. Много конечно зависитъ здѣсь отъ большей или менѣе правильности формы того и другого рѣзца.

линовкаться. Достоинство этого резца заключается совсѣмъ въ другомъ въ простотѣ его формы, его приготовленія и приточки въ стержень. Для нарѣзки крупныхъ резцовъ. Смитъ проектировалъ механическое точило (таб. 46 фиг 2) Резецъ при нарѣзкѣ устанавливается на суппортѣ подъ требуемымъ угломъ и перемѣщается параллельно оси точильнаго камня. Такимъ образомъ работа нарѣзки значительно упрощается и производится съ большою точностью. На заводѣ Смитта нарѣзка всѣхъ резцовъ поручается одному рабочему который специализируется и совершенствуется на этой работѣ. Для провѣрки угловъ у резцовъ на заводѣ употребляются шаблоны (таб 46. фиг. 3) Мы видѣли, что однимъ призматическимъ резцомъ можно рѣзать безъ перестановки только по одному направленію, крученые же резцы Смитта по двумъ направленіямъ перпендикулярнымъ. Существуетъ типъ вставного резца, при помощи котораго можно рѣзать по двумъ направленіямъ перпендикулярнымъ, имѣя только положеніе резца въ стержнѣ, но безъ перестановки послѣдняго на суппортѣ. (таб 46 фиг 4) Вставная часть имѣетъ призматическую форму и въ сѣченіи видъ трапеціи (таб. 46 фиг 5) Профиль резца произвольный но обыкновенно для грубой обточки резцы затачиваетъ на двѣ грани, которыя острое ребро а нѣсколько скругляется. Для затачиванія резца стачиваются эти двѣ боковыя грани, передняя же грань остается непрерывною. Резецъ имѣетъ одно рѣжущее ребро, напр. ab, у котораго уголъ рѣзанія α измѣряется въ плоскости abv. Этотъ уголъ находится въ зависимости отъ угловъ α_1 и α_2 которые должны имѣть такія величины, при которыхъ α будетъ имѣть величину наивыгоднѣйшую. Такъ какъ будетъ взятъ α_1 къ 90°, тѣмъ прочнѣе будетъ укрѣпленіе резца въ стержнѣ. Резецъ укрѣпляется въ стержнѣ посредствомъ болта fg, въ прорѣзъ котораго резецъ входитъ (таб 46 фиг 6) При такомъ укрѣпленіи резецъ можетъ быть повер-

нуть вместе с болтом около вертикальной оси Sg и установлен во всякое положение. При положении I (таб 46 фиг.4) резец обтачивает боковую поверхность предмета при II положении он обтачивает плоскость. Для обтачивания плоскости III требуется другой резец у которого передняя грань скошена в другую сторону (таб 46, фиг 7) и для которого рабочее ребро будет ad (фиг. 5) а не ab. Если взять резец прямоугольного сечения, то оба ребра ab и ad могут быть рабочими ребрами с углами α в плоскостях AB и $A'B'$. Но для того, чтобы эти углы имели наивыгоднейшую величину, необходимо значительно уменьшить угол α_0 в плоскости Sg. Принятая в основу последний случай рассуждения, приведенные для резца (вместо положения написать (таб 46, фиг 5)

$$\operatorname{ctg}\alpha = \operatorname{ctg}\alpha_0 \cdot \operatorname{ctg}\gamma \text{ или}$$

$$\operatorname{ctg}\alpha_0 = \frac{\operatorname{ctg}\alpha}{\operatorname{ctg}\gamma}, \text{ где } \gamma = 45^\circ$$

При $\alpha = 56^\circ$ для чугуна, α_0 получается 37°. При таком значительном наклоне резца его окончность выходит недостаточно прочна, почти также непрочно и его укрепление в стержне. Вставные резцы применяются также и в долбежных машинах и здесь употребление их оказывается особенно полезно. Действительно при сложных размерах, которые можно придать стержню можно увеличивать размеры стружки и следовательно делать работу более экономичною (таб 46 фиг. 8, 9) представляют употребительные формы вставных резцов долбежных (фиг 8) резец для вырезывания пазов (фиг. 9) для обрабатывания поверхностей детали. В последнем случае стержень может быть сделан произвольно прочных размеров, что допускает снимать крупную стружку, но вместе с тем требует и правильной установки резца относительно стержня (линия cb должна проходить через точку a добавив резца, так как с увеличением стружки и уменьшением α увеличиваются и отклонения резца из плоскости резания.

В этом последнем случае боковое перемещение резца будет перпендикулярно к длине резца (в первом случае по длине резца) и потому угол резания будет измеряться в плоскости AB (таб 46, фиг. 9)

В машинах с возвратным ходом, таковы строгальная и долбежная обратное движение резца сопровождается трением его об обрабатываемую поверхность, отчего резец нагревается и угол наклона β увеличивается. Чтобы трение это происходило при наименьшем возможном числе в строгальных машинах доска суппорта к которой укреплен резец, подвымливается на шарнире. Этот шарнир удерживает резец в известном положении во время резания и дозволяет ему отклоняться из своего положения при обратном ходе.

В долбежных машинах такое устройство невозможно и потому преследуя сказанную цель, полезно ввести шарнир между стержнем и вставным резцом (таб 46, фиг 10) Резец вставляется в пластинку ab в шарнирах c и укрепляется в ней винтом d. При нисходящем движении резца, сначала действием трудности P, а затем сопротивлением резания, пластинка упирается верхнею плоскостью fg в упор резца стержня, при обратном движении, вследствие трения резца о плоскость mn, пластинка поворачивается на шарнире и вместе с резцом откидывается вниз.

Вставные резцы Бавиля (Baville)

На Парижской выставке 1878 г. были представлены некоторыми фирмами резцы Бавиля. Они употребляются в настоящее время уже на многих европейских заводах. Есть заводы которые фабрикуют как вместе со станками одновременно. Во устройстве своих резцов Бавиль преследует следующие цели: в токарных станках удобство поворота резца при установке; в строгальных и долбежных уменьшение истирания резца при обратном ходе и употреблении

2-ая группа при одном инструменте для резания при движении в обе стороны

Резец токарного станка

Вставной резец штампуется из стали, получает трапецеидальное сечение и выступающее вперед режущее ребро (таб 46 фиг 11). Такой резец вставляется в поворотную часть ее (таб 46 фиг 12) державки и вместе с нею может поворачиваться около вертикальной оси, посредством резец закрепляется винтом E с прижимной гайкой т. Для вращения резца служит зацепление зубчатой дуги с винтом b на горизонтальной оси. Во всякой произвольной позиции поворотная часть и резец закрепляются гайкой fg с коническим винтом g. Головка державки составлена из двух половин (чтобы вставить поворотную часть), соединенных винтом a и кольцами J, J вторично надетыми в горячем состоянии. Державка делается из стали и работа его приготовления должна быть очень тщательна, чтобы получить прочное орудие при всей его сложности.

Форма резца такова, что может быть приготовлена только штамповкой; за то при этой форме всех его режущих ребра ab (таб 46 фиг 11) углы резания могут быть сделаны одинаковы для всех его точек. Укрепление резца в державке очень надежное, так как продольная сила в этом случае очень незначительна и действует на винт уничтожается упором резца в дно отверстия. Установка резца у Тавиля не совсем выгодна для чистоты работы, так как точка F, а и центр сечения обтачиваемого предмета не лежат на одной прямой.

Резец строгальной машины.

Стальной державка ab (таб. 46, фиг. 13) имеет пустую головку вставляется в призмы B с отверстиями внутри для помещения резцов. Резцы

ставливаются въ положеніи отрѣзковъ одно другому такъ что они могутъ рѣзать при двухъ противуположныхъ направленіяхъ движенія. Особливо этому призму имѣютъ шарниры a, a, около которыхъ они могутъ поворачиваться, дозволяя каждой своему рѣзцу отклоняться въ періодъ его порожняго хода. Такое устройство (шарнирное) въ настоящемъ случаѣ необходимо, такъ какъ не можетъ быть замѣнено отклоненіемъ самого стержня около шарнира суппорта, которое возможно только въ одномъ направленіи. Но устройство это доставляетъ еще нѣкоторую выгоду, понятную самимъ въ томъ, что нажатіе рѣзца въ направленіи струганія при порожнемъ ходѣ находитъ въ этомъ случаѣ значительно менѣе, нежели при употребленіи простыхъ рѣзцовъ такъ какъ обусловливается высотой сравнительно небольшого выпуклаго рѣзца и дѣйствіемъ слабой пружины, тогда какъ въ простыхъ рѣзцахъ дѣйствіемъ всего рѣзца и доски суппорта, подвѣшенной на шарнирѣ.

Сверленіе

Сверленіе есть одинъ изъ видовъ рѣзанія. Орудіе употребляемое при этомъ носитъ названіе сверла. Представимъ себѣ глухое цилиндрическое отверстіе которое высверливается въ металлѣ (таб 46 фиг 14) Сверленіе будетъ состоять въ непрерывномъ срѣзываніи слоя толщиною паралельно по всей площади отверстія. Для такой работы сверло должно имѣть рѣжущія ребра для рѣзанія въ боковой поверхности отверстія и одновременно въ плоскости дна. Изъ нихъ послѣднія будутъ совершать главнѣйшую часть работы, которая пропорціональна суммѣ площадей всѣхъ срѣзанныхъ слоевъ т.е.

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{h}{e} = A$$

тогда какъ боковыя ребра производятъ работу пропорціональную боковой поверхности отверстія, т.е. $\pi d h = B$

Чтобы судить, насколько первая работа болѣе второй сравнимъ величины A и B:

$$\frac{A}{B} = \frac{\pi d^2 h}{4e\, \pi d h} = \frac{d}{4e}$$

Например при $d = 30$ мм, $e = 0,1$ мм/м

$$\frac{A}{B} = \frac{30}{0,4} = 75$$

Поэтому ребра, действующие в плоскости дна мы можем назвать главными режущими ребрами и для них особенно важно соблюдение условий выгодной работы.

Условия выгодной работы сверления вообще состоят в следующем режущия части орудия должны получить правильные углы по отношению дна наклона. Форма сверла должна быть такова, чтобы стружка, сама начинают дело с вязкими металлами не цеплялась бы в краях сверла или в бока отверстия и не изнашивала бы сверло. Стружки или опилки (для хрупкого металла) должны выводиться из отверстия самим сверлом, для того чтобы не застопоривали сверло в отверстии. Такие требования, которым должно удовлетворять сверло. Всем этим требованиям не одно из употребительных сверл не удовлетворяет вполне, однако есть более совершенные сверла и сверла менее совершенные. Разберем их в некотором порядке. Сверло вставляется свободно в головку шпиндельной машины оно не имеет прочного в ней укрепления к тому два режущих сверла всегда удлиненная при небольшом поперечном размере. Поэтому сверло легко уклоняется от своего правильного положения в ту или другую сторону. Для сохранения оси вращения всякое сверло имеет выступающую часть, которая первая углубляется в металл и устанавливает ось вращения для сверла

Перовое сверло имеет для этого угловую заточку, которой вершина a (таб 46, фиг. 15) лежит на оси вращения ab. Это вызвано углублением делает форму конической поверхности, главный режущия ребра суть ad и ac. Угол наклона между этими f, проявленный по обыкновению берется около 110°. Другия режущия ребра для

резания во боковой поверхности будут cf и dg имеющая для на более толщины снимаемой стружки, но они делаются длинное потому что при наточке сверла спачивают грани ac и ad, следовательно длина сверла уменьшается и ребра fe и dg укорачиваются Если сверло приготовляемая только отковкой, то оно обыкновенно получает вполне правильную форму и в этом случае его боковые ребра делаются наклонными к оси сверла (т. е. с небольшим уклоном кверху) для того чтобы они не терлись о бока отверстия. При наточке такого сверла его диаметр будет уменьшаться и первоначальные размеры его должны возобновляться по временам отковкой. На благоустроенных механических заводах сверла готовятся обточкой после отковки из цилиндрической стали; это дает возможность придать сверлу правильную форму тыла вращения, при которой боковые ребра без всякого неудобства могут быть делаемы параллельны оси сверла (таб 46, фиг. 16) как это делается напр. на заводе Сименса - При наточке такого сверла его диаметр не изменяется и сверло работает без отковки до тех пор пока не истончится вся плоская его часть. Углы резания для боковых ребер cf и dg должны измеряться в плоскости перпендикулярной к оси. В сечении этою плоскостью мы видим, что углы эти более прямого $\alpha_0 > 90^\circ$ (угол β_0 может получить большую величину, он делается несколько больше его обыкновенной величины). Следовательно резание боковыми ребрами производить при условиях невыгодных. Еще менее выгодны условия резания для главных ребер ad и ae Углы резания должны измеряться в плоскости, заключающей нормаль к конической поверхности дна и направление резания, т. е. в плоскостях EF, EG MK и ML и др. (таб. 46, фиг. 15, 17) Сечение такого сверла плоскостью показывает следующее: для крайней точки C ребра $\angle \alpha$ будет $= \alpha_0$; для других точек α будет вообще более, чем ближе точка к вершине

угла α и чем больше толщина сверла. При тяжелых этих работа идет не плохо и выгодно, но сверло быстро разогревается и довольно работать им с большою скоростью или при помощи трущихся, которая позволит достигать иногда для сверл едва $\frac{1}{10} - \frac{1}{20}$ мм. Для уменьшения этого угла следовало бы брать сверло возможно тоньше, что невыгодно в отношении прочности сверла. Существует другое средство уменьшить α, для этого делают ассиметричную заточку около режущих ребра (таб. 46, фиг 17) При этом главным образом можно придать надлежащий угол по крайней мере для некоторых средних точек) которые были рекомендованы ранее сообразно со свойствами обрабатываемого металла. Такие же выемки можно делать и для боковых ребер но одновременно их делать для нижних и боковых ребер невозможно или бесполезно, так как ассимобки перекрывшись не дают режущего ребра в тех местах их пересечения. Необходимо заметить, что по мере стачивания краев такого сверла приходится возобновлять ассимобки, что требует перековки сверла. Таким образом первый недостаток перового сверла может быть устранен, хотя это и связано с некоторыми практическими неудобствами; но перовое сверло обладает другим очень важным недостатком, который сводится в следующем: осевому поступательному движению сверла поверхность дна вырезает сопротивление перпендикулярное к наклонным ребрам: оно разлагается на два: параллельное оси сверла и перпендикулярное к оси (таб 46. фиг. 17) - Первая уничтожается сопротивлением сверла и стенок машины, вторая будучи симметрично расположена относительно оси уравновешивается вполне, если обрабатываемый материал обладает однородностью. Но так как нельзя рассчитывать на однородность в обыкновенных случаях, то сверло будет испытывать боковое давление, которое вследствие непрочного укрепления сверла в стер-

ферь и его способности отгибаться, откинутся сверло въ сторону наименьшаго сопротивленія и высверливаемое отверстіе получится направленное. Это неудобство устраняется при $\beta = 180°$, т. е. когда половинки наклонныя ребра измѣнятся въ перпендикулярныя къ оси. Такой формы сверло наз. центровымъ сверломъ. Оно имѣетъ по направленію оси небольшой пирамидальный выступъ или центръ a (таб 46 фиг 18) назначенный для удержанія оси вращенія сверла. Такъ какъ къ углубленію сверла углубляется и его центръ, то очевидно онъ долженъ имѣть рѣзущія ребра и представляетъ слѣдовательно нѣчто иное какъ маленькое перовое сверло со всѣми его недостатками только въ меньшей степени вслѣдствіе меньшихъ его размѣровъ. Углы рѣзанія α_0 для боковыхъ реберъ тѣже что и для перового сверла при одинаковыхъ размѣрахъ, но углы α главныхъ реберъ въ настоящемъ случаѣ одинаковы для всѣхъ точекъ ребра и не превышаютъ 90° Эти послѣдніе углы измѣряются въ плоскостяхъ параллельныхъ къ оси. Они могутъ быть уменьшены до наивыгоднѣйшей величины заточкою фасокъ, какъ это дѣлается для перового сверла. Есть средство уменьшить α_0 до 90° или нѣсколько менѣе, если провести переднія грани изъ оси сверла или сдѣлать ихъ вогнутыми (таб. 46, фиг 19) Впрочемъ при вогнутыхъ граняхъ затруднительно приготовленіе фасокъ для нижнихъ, т. е. главныхъ реберъ. Не трудно убѣдиться что центровое сверло также обладаетъ извѣстною долею неустойчивости относительно сохраненія оси вращенія. Въ самомъ дѣлѣ сопротивленіе рѣзанію для рѣзущихъ реберъ можетъ оказаться неодинаковымъ по обѣ стороны оси вращенія вслѣдствіе неоднородности обрабатываемаго матеріала. Въ такомъ случаѣ сверло кромѣ вращательнаго движенія будетъ стремиться къ боковому поступательному, а такъ какъ боковыя ребра сверла и его центръ способны рѣзать, то сверло выйдетъ изъ первоначальнаго положенія и отверстіе получится неправильное. Для

устойчивости сверла необходимо симметрично, чтобы какая либо часть не меньше фаски режущих реберъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ получить отверстіе большого діаметра по возможности правильное, высверливаютъ сначала отверстіе меньшаго діаметра перовымъ или центровымъ сверломъ, развертываютъ его разверткой, если оно окажется неправильнымъ и потомъ развертываютъ до требуемаго діаметра центровымъ сверломъ съ плоскимъ цилиндрическимъ направляющимъ стержнемъ, котораго діаметръ равняется діаметру перового сверла (таб 46, фиг. 20) Такимъ длиннымъ направляющимъ стержнемъ, тѣмъ правильнѣе можетъ быть высверлено. Подобныя сверла употребляются вообще для развертыванія отверстій, между прочимъ для вывертыванія углубленій подъ цилиндрическую головку винта (таб 46, фиг 21 и 22).

Разсмотрѣнныя сверла, если имѣютъ въ виду точную работу должны быть приготовлены непремѣнно обточкой и заточкой дополучаютъ требуемыя скосы для образованія угловъ рѣзанія. Оконечность сверла, которою онъ вставляется въ головку держателя машины должна быть заточена коническая, а не пирамидальная, которую невозможно или крайне затруднительно прилагать плотно въ головку. Центровое сверло представляетъ нѣкоторое затрудненіе для заточки на точильномъ камнѣ (и поэтому его затачиваетъ подпилкомъ), перовое затачивается очень легко весьма удобно. Другими условіями поставленными ранѣе оба разсмотрѣнныя сверла не удовлетворяютъ. Отрубки вязкаго металла упираются въ переднія грани сверла и изгибаются, опилки не выводятся изъ отверстія, а накопляются въ немъ, пока не заполнятъ его совершенно и тогда выдавливаются изъ отверстія образованіемъ новыхъ опилокъ. Разумѣется опилки въ отверстіи, увеличеніемъ во вращеніе сверломъ должны оказывать значительное добавочное сопротивленіе. Такимъ образомъ увязаетъ между бѣками сверла и стѣнками отверстія и заторможаваютъ сверло настолько

что въ нѣкоторыхъ случаяхъ при сверленіи глубокаго отверстія въ чугунъ сверло останавливается и сломитъ ремень машины. Это послѣднее неудобство въ нѣкоторой мѣрѣ устраняется употребленіемъ винтоваго сверла. **Винтовое сверло** въ первый разъ появилось въ Америкѣ, поэтому носитъ названіе такъ американскаго. Представимъ себѣ точеный цилиндрическій стержень, окончность котораго заточена конусомъ. Въ этомъ стержнѣ сдѣланы два винтовые желоба приблизительно полукруглаго профиля симметрично расположенные относительно геометрической оси стержня. Такое сверло будетъ представлять винтовую пилу съ двузаходной нарѣзкой (таб 47 фиг. 1) которая назначается выводить стружки изъ отверстія. Винтовые желоба пересѣкаютъ коническую окончность стержня и линіи ихъ сѣченія съ цилиндромъ и съ конусомъ даютъ режущія ребра abc и dcf для рѣзанія въ конической поверхности дна. Углы рѣзанія для первыхъ реберъ находятся въ плоскости перпендикулярной къ оси винта (таб. 47 фиг 2). Въ сѣченіи тѣла винта такою плоскостью получимъ углы α_0 и β_0. Послѣдній покрывается оболочкой цилиндрической поверхности. Профиль желоба въ этомъ сѣченіи можетъ быть дуга круга или всякая кривая, касательная къ ней въ точкѣ т. Величина угла α_0 не произвольна, она находится въ зависимости отъ наклона винтовой линіи и угла α для главныхъ реберъ gd и ag. Этому послѣдующему предъявляется наименьшая величина. Уголъ α измѣряется въ плоскости перпендикулярной къ образующей gd или ag конуса. (Сѣченіе конуса этой плоскостью опредѣлитъ углы α и β (таб 47. фиг. 3) для данной точки к ребра gd (углы отмѣриваются отъ касательной кВ къ окружности описываемой точкой к). Для всякой другой точки этого ребра уголъ α будетъ имѣть другую величину, которая увеличивается съ приближеніемъ къ оси винта и наоборотъ. Для того, чтобы средняя величина α для различныхъ точекъ главнаго ребра gd приближалась къ на-

наивыгоднейшей величины; уголъ при точкѣ d слѣдуетъ взять нѣсколько меньше этой наивыгоднейшей величины, впрочемъ немного, такъ какъ главная работа будетъ именно для точки d, какъ болѣе удаленной отъ оси. Шагъ винта достаетъ около 5d (гдѣ d діам. сверла) что соотвѣтствуетъ углу наклона винтовой линіи къ оси около 60°. Уголъ при вершинѣ конуса отъ 90° до 100°. Ширина желоба = ширинѣ винтовой ленты = $\frac{1}{4}$ окружности. Если сдѣлать сѣченіе сверла плоскостью EF (таб 47, фиг. 1 и 4) перпендикулярной къ касательной tw, средней винтовой линіи, то въ сѣченіи получается профиль желоба. Если взять рѣзецъ или фрезу съ такимъ профилемъ, то при помощи ихъ можно получить сверло съ требуемыми углами рѣзанія. Чтобы разыскать этотъ профиль замѣтимъ, что сѣкущія плоскости EF и CD перпендикулярны къ плоскости чертежа и наклонены одна къ другой подъ угломъ 15° (60°–45°) Если мы примемъ ихъ за параллельныя, то вмѣсто плоскости CD (черезъ точку D) (таб 47, фиг 1) можемъ разсматривать E'D' (фиг 4) (черезъ точку d'). Опредѣлимъ сѣченіе этой послѣдней плоскостью. Истинное сѣченіе цилиндра будетъ эллипсъ aνοι, почти такого же какъ и сѣченіе плоскостью EF. Найдемъ точки o и p на эллипсѣ (на эллипсѣ, соотвѣтствующія точки e' и d'. Черезъ эти двѣ точки должна проходить кривая сѣченія желоба, кромѣ того въ точкѣ o эта кривая должна давать уголъ α Касательная mn въ вершинѣ будетъ перпендикулярна къ ao. Отложивъ уголъ α отъ касательной получимъ os, къ которой кривая должна касаться въ o. Для простоты исполненія рѣзца эту кривую примемъ за дугу круга. Тогда центръ ея будетъ лежать на ov перпендикулярной къ os. Такимъ образомъ дуга fto можетъ быть вычерчена. Чтобы разыскать теперь сѣченіе плоскостью EF, найдемъ точки x и z на эллипсѣ (на кругѣ), соотвѣтствующія точкамъ x' и z', отложимъ найденную глубину желоба и получимъ точку y. Если проведемъ

через точку x, y, z дугу круга, то увидим, что при взятом нами угле α около 60° ширина желоба = $\frac{1}{4}$ окружности и проч. эта дуга почти равна половине окружности. Проектируя точки K и L горизонтально по очкам на плане (на круге и отложивши глубину желоба получим кривую этого очка и угол α. — При помощи фрез с профилем Аух, который обыкновенно принимается за полукруг, желоб может быть нарезан следующим образом (чертеж 47, фиг 5): ось фреза ставится под углом 60° к оси сверла; фрезе сообщается вращательное движение сверло медленное вращательное и вместе поступательное по направлению оси, причем одному повороту сверла соответствует осевое перемещение на величину шага винта. Иногда желоб может быть нарезан на самом точке подобно двуоборотному винту фрезою соответствующую профиля. — Относительно скоса β, следует заметить, что он получается снашиванием боковой поверхности сверла наждачным кругом совершенно так, как желоб нарезается фрезою. Чтобы не портить боковых режущих ребер снашивание начинают отступя от этого ребра на один или два миллиметра, что делает ребро как бы несколько затупленным. Скос β ребер ad и ad получается при наточке сверла. Наточка состоит в снашивании конической поверхности так, чтобы удерживать угол β по возможности одинаковой величины для всех точек ребра сохраняя вместе с тем правильное положение геометрической оси относительно ребер ad и ad. При ручной наточке на камне достигнуть этого весьма трудно хотя для облегчения этой работы сверло обыкновенно получает осевую черту.

На Филадельфийской выставке 1876 года Семерен представил точильный круг с некоторым приспособлением при помощи которого сверло устанавливается в известном наклонном положении к кругу; при поворачивании сверла около его оси этим снарядом можно при-

дать сверлу ход, но не с одинаковым углом β для всех точек. На этой же плоскости представлен был Van Haagen'ом чрезвычайно остроумный снаряд для этой же цели, который исполняет работу вполне совершенно.

В снаряде Van Haagen'а ось сверла и точильного круга находится в одной горизонтальной плоскости (таб. 47, фиг. 6). Точильный круг кроме вращения получает еще осевое поступательное движение, для чего сперва он сам опирается по всей плоскости и не плотно на цилиндрической форме. Сверло имеет 3 движения: вращательное около своей оси ac, качательное около вертикальной оси d и поступательное вдоль своей оси. Все три движения управляются вращением за рукоять b. Первое движение должно дать круглую коническую поверхность, первое совершенно должно дать коническую поверхность со иной, для каждого однако углы β не будут одинаковы; при трех движениях должно быть получен ход с постоянным углом β. Для осевого перемещения точильного круга служат cde и шатун ef. Вращение оси ek передается на ось gh, заканчивающей свое вращение от привода. Для смачивания точильного камня на конце k оси ek служит маленький центробежный насос, который берет воду из плоской чугунной тумбы, служащей подставкой аппарату и резиновой трубкой подает воду на точильный круг, откуда вода стекает опять в ванночку. Круг защищен кожухом и по мере стачивания должен выдвигаться из переднего кожуха вместе со своею осью. Весь механизм устанавливается на стойке, поддерживаемой тумбою и легко должен быть перенесен во всякое место к приводу. Винтовое сверло не переключается для наточки стачивается только коническая оконечность его, также диаметр сверла, если оно цилиндрическое, не изменяется во все время службы его, которая продолжается до тех пор, пока сверло не сточится

современно или пока не сломается

Некоторые заводы делают винтовую сверла немного коническими, увеличивая диаметр сверла по его окончности — въ видахъ большей свободы вращения для его вращенія въ глубокомъ отверстіи; но если сверло сдѣлано тщательно прочно и крѣпко укрѣпляется въ шпиндель (конусомъ Морзе) (табл 47, фиг 1) то въ послѣдней нѣтъ особой надобности тѣмъ болѣе, что все цилиндрическое сверло неудобно, такъ какъ измѣняетъ діаметръ съ каждой.

Разсмотрѣнные типы сверлъ всѣ имѣютъ одну невыгодную особенность. Они изнашиваются въ стружки все количество, заключаемое массѣ въ отверстіи, затрачивая на это пропорціональную работу; между тѣмъ для полученія отверстія было-бы достаточно прорѣзать узкую кольцевую выемку, оставивъ часть металла въ срединѣ не тронутою и сберегая такимъ образомъ значительно работу двигателя. При отверстіяхъ не слишкомъ малаго діаметра (гдѣ замѣтнымъ кажется это всего болѣе мудрено) это можетъ быть сдѣлано тѣмъ-же способомъ, какъ и вставными сверлами.

Представимъ себѣ стальную трубку съ боковой вырѣзкой (табл 47, фиг. 7); эта вырѣзка образуетъ рѣзецъ а, способный рѣзать при вращеніи трубки по указанному стрѣлкой направленію. Такія трубчатыя сверла употребляются на заводѣ Cleve Locomotive Works при высверливаніи отверстій (отъ 40 m/m и болѣе) въ котельномъ металлѣ и болтахъ (при глубокомъ отверстіи трубка вязнетъ въ кольцевой выемкѣ). Такъ какъ трубка не сохранитъ цѣлости центра, то для направленія ея оси во время сверленія употребляютъ кондукторный шаблонъ abcd съ отверстіемъ въ которое трубка входитъ. Шаблонъ укрѣпляется скобами къ высверливаемому металлу и такимъ образомъ не одно, а нѣсколько отверстій разсверливаются такъ, какъ они должны помѣщаться въ металлѣ. Употребленіе

такого шаблона устраняется между прочим необходимость разметки центра; если высверливается несколько центров съ одинаковымъ расположеніемъ отверстій (стѣнка огневой коробки паровоза). Для каждаго отверстія получается данный своеобразный кольцевой прорѣзъ и сверло С, который подается подачей на сварку пакетовъ.

Нельзя не замѣтить, что такое сверло съ одной режущей будетъ не уравновѣшено и окажетъ значительное боковое давленіе на шаблонъ. Трубка съ двумя симметричными боковыми вѣнчиками (таб 47, фиг 8) и слѣдовательно съ двумя резцами предотвратитъ усовершенствованіе трубчатаго сверла въ вышеуказанномъ смыслѣ.

Но оба эти сверла имѣютъ тотъ недостатокъ, что встрѣчаютъ значительное сопротивленіе о бока вѣнчика, такъ какъ при вращеніи части не имѣютъ надлежащихъ скосовъ (ср. β)

Вставныя сверла.

Сверла этого типа употребляются для различныхъ работъ. Сверло (таб 47, фиг. 9) заимѣетъ описанныя ранѣе сверла съ направляющимъ отверстіемъ и служатъ для разсверливанія отверстій оставшихся при надъ головкой болта. Вставная часть представляетъ двойной резецъ aa, который вставляется въ вѣнчикъ полаго стержня и закрѣпляется чекомъ b. Самъ стержень вставляется въ шпиндель сверлильной машины, какъ и всякое сверло (конусомъ). Сверло представленное на (таб 47 фиг 10) и употребляется для сверленія крупныхъ отверстій на небольшую глубину, напр. въ котельныхъ листахъ.

Сначала въ листѣ высверливаютъ отверстіе небольшого діаметра d для помѣщенія тонкаго конца стержня, который направляетъ дальнѣйшее вставного резца. Резецъ abc имѣетъ крючковидную форму, вставляется въ отверстіе головки стержня и закрѣпляется чекомъ ef. Въ поперечномъ сѣченіи по AB и профили боковъ резца могутъ имѣть ско—

ся В, которые значительно облегчают движение ползуна в пазах и делают это сверло более совершенным сравнительно с прутковыми в отношении полезного действия. Так как такого действия ползуна можно здесь никакого изменения, то следовательно одним и тем же сверлом можно получать отверстия различного диаметра между ближними пределами Ø10 об 47 фиг 11 представляет сверло с двумя вставными ползунами и с центром, а следовательно работает без предварительного сверления. Центр ав представляет стальной цилиндр с конической оконечностью, включенный в отверстие головки сверла. Между центром и днищем отверстия помещена стальная пружина, которая выдвигает центр и ставит его в положение, показанное на чертеже. Ползуны привертываются к боков сверловой головки каждый одним винтом, но для большей прочности скрепления ползуны врезаны в головку и отверстия над ними винты одеваны продолговатыми, что позволяет поднимать или опускать ползун, перемещая его в прорезе-головки. При установке сверла вставляют его центр в накерненное углубление и устанавливают ползуны так, чтобы оси касались плоскости вертикального предмета. По мере углубления ползунов центр перемещается в отверстие головки, не изменяя положения оси сверления. Только в последний момент, когда ползуны проходят всю толщу положение центра может несколько измениться но это, конечно не может значительно влиять на правильность сверления. Штифтик с увлекает центр во вращение вместе с головкой и кроме того дает продольное перемещение центра. Так как центр этого сверла не работает, т. е. не составляет части режущего орудия, как это делается в цельном центровом сверле, это сверло достаточно обеспечено от бокового перемещения, которое возможно при цен-

правомъ и неправомъ сверлахъ. Сравнительно съ вставными сверлами разсмотрѣнными ранѣе, это сверло имѣетъ то преимущество, что не требуетъ предварительнаго сверленія, хотя можетъ быть менѣе надежно относительно правильности получаемаго отверстія.

Сверла съ подвижного осью.

Для высверливанія пазовъ, напр. подъ шпонку на валу или продолговатаго отверстія въ головкѣ шатуна для помѣщенія чеки служатъ сверлильныя машины, въ которыхъ сверлу кромѣ вращательнаго движенія и по направленію оси поступательнаго получаетъ еще боковое перемѣщеніе. Когда при двухъ первыхъ движеніяхъ сверло углубится въ металлъ на нѣкоторую небольшую глубину, ему придаютъ третье движеніе причемъ получается борозда съ закругленными краями, которой длина l (таб 47 фиг 12) равняется длинѣ бокового перемѣщенія, а ширина b = діаметру сверла. Устройство такого подвижного сверла правильно приспособленнаго къ работѣ отличается отъ описанныхъ во первыхъ описуемымъ центромъ, который не неподвиженъ и во вторыхъ устройствомъ вѣнчика и около оси въ ребрахъ дѣйствующихъ въ плоскости дна. Послѣдней снабжается съ цѣлью избѣжать самыхъ невыгодныхъ для этихъ реберъ (наименѣе выгодные углы находятся около оси), свойства же работы должны такую величину (таб 47, фиг 13) представляетъ такое сверло для неширокихъ бороздъ (таб 47 фиг 14) представляетъ сверло для бороздъ болѣе широкихъ. Послѣднее есть во всѣхъ отношеніяхъ орудіе болѣе совершенное, для котораго скорость подачи можетъ быть выгоднѣе чѣмъ для первыхъ, потому какъ для первыхъ это связано съ устройствомъ зацѣпки f и g со всѣми ея недостатками, указанными ранѣе. Главныя дѣйствующія ребра здѣсь боковыя ab и cd, для которыхъ слѣдовательно правильные углы болѣе необходимы, нежели для нижнихъ реберъ, которыя дѣйствуютъ въ плоскости дна. Для сверла перваго типа подвижку

скорое движение продольная заточка g, передняя поперечная f. Для сверла второго типа и тоже и другими ребрами можно придать углы сжимающей величины. Длина сверла должна быть возможно короткая, в виду бокового сопротивления испытываемого сверлом при перемещении.

Длина l винтового ребра не может быть меньше половины бокового перемещения сверла при одном его обороте для первого сверла и не менее $\frac{1}{z}$ этого перемещения для второго сверла если z число его резцов. Это перемещение всегда очень велико, так что указанное условие выполняется при широких размерах сверла. Оба сверла готовятся обточкой

Фрезы

Кроме рассмотренных очень употребительных орудий в настоящее время много также в употреблении для обработки сложных частей особые орудия, называемые фрезами. Фреза представляет тело вращения получаемое обточкой из стали (таб 47, фиг 15) с нарезанными на поверхности его зубьями, из которых каждый составляет резец. Представим себе стальной цилиндр (таб 47, фиг 15) каждый на сторону и меньший на поверхности подобные зубья с углами соответствующими углам резания. Если сообщить такому фрезу вращение по указанию стрелки, а обрабатываемому предмету поступательное движение в сторону противоположную, то зубья будут срезывать элементы подобные a и этим способом может быть обработана плоскость AB, ширина которой равна ширине фреза последовательно этот способ может заключить строгание и всегда его сравнительно с последними будут состоять в следующем:

1) Непрерывное действие взамен периодического, так как один резец не раньше прекращает работу как при начале действия второго резца если только толщина слоя b не слишком мала.

2) Обрабатываемая плоскость получается весьма ровные поперечные

фрезы и вовсе не получаешь предполагаемых, однако что выходящие вообще более гладкой, нежели обработанная строганием.

3) Фрезою можно быть получена почти всякая мыслимая поверхность (таб 47, фиг 16) недоступная для обработки строганием, несколько таких поверхностей могут быть приготовлены совершенно одинакового вида, если обработаны одними и теми же фрезою. Последнее обстоятельство очень важно в случае починки и в случае производства большого числа одинаковых частей. Главные все выгоды употребления фрезов заключаются в применении их к некоторым специальным работам. Ограниченное употребление их до последнего времени объясняется сравнительно плохою частью самого орудия, но с тех пор как усовершенствовались способы их приготовления и главным образом способы наточки употребление фрезов гораздо распространилось, в особенности в Америке. Другой недостаток фрезов состоит в том, что режущие фреза отступают от надлежащей формы; оказывается, что при большом числе резцов, необходимом для непрерывности действия орудия и для получения гладкой поверхности, резцы получаются недостаточно прочны при угле менее 80°, угол же в 60° совершенно недостаточен при обыкновенных размерах фреза. Поэтому углу α придают величину от 80° до 85° и иногда даже до 90°

Для непрерывного действия необходимо (таб 47, фиг 17), чтобы при положении одного зуба в b, другой находился бы в a, т. е. обозначая шаг ab через t, толщину слоя через e и диаметр фреза через D имеем: $\frac{e}{t} = \frac{t}{D}$ или $t^2 = eD$; $t = \sqrt{eD}$

Следовательно t уменьшается вместе с e при данном D

Диаметр фреза в большинстве случаев произволен, но такие как фрезы делаются цельными из стали, то для удобства их закалки

для обыкновенных случаев D около 60–70 м/м не больше. Для специальных работ употребляют фрезы и значительно большого диаметра и значительно меньшого.

Скорость v на окружности фрезы изменяется отъ 150 м/м до 500 м/м; средняя около 200 м/м. Полагая e = 1 м/м и D = 65 м/м получимъ

$$t = \sqrt{65} = 8 \text{ м/м}$$

Шагъ обыкновенно дается около этой величины. Плотность работы фрезы зависитъ отъ величины поступательнаго движенія фрезы (или обрабатываемаго предмета) при одномъ его оборотѣ (f); именно величина волны $\kappa = \frac{f}{z}$, гдѣ z число зубцовъ фрезы

Если c скорость этого поступательнаго движенія, n число оборотовъ фрезы въ одну минуту, то $f = \frac{60c}{n}$ и $\kappa = \frac{60c}{n.z}$ или

$$\kappa = \frac{60.c\pi D}{60v.z} = \frac{c}{v}t$$

Полагая c = 2 м/м, найдемъ, что

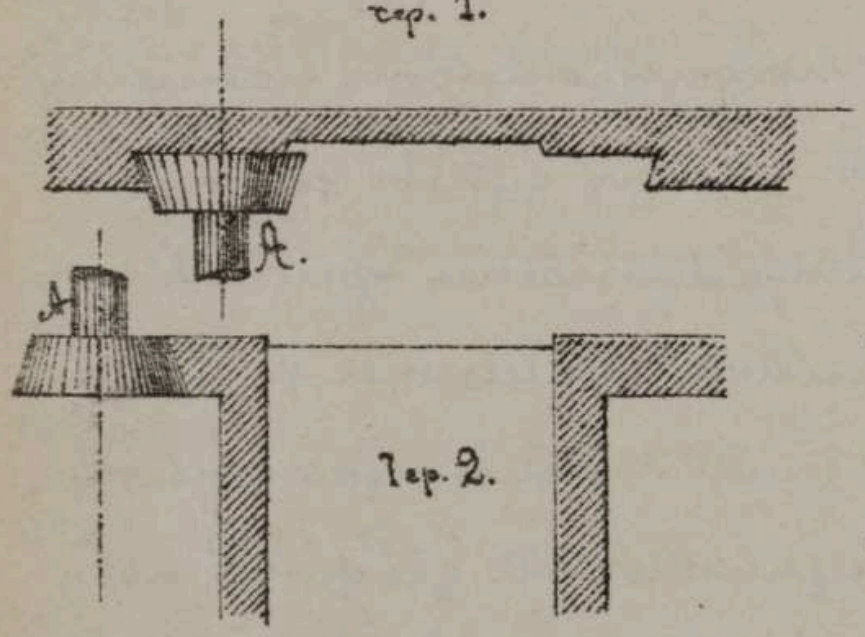
$$\kappa = \frac{2.8}{200} = 0{,}08 \text{ мм.}$$

Въ случаѣ если толщина e менѣе 1 м/м зубья фрезы не будутъ работать непрерывно. Неудобства, которыя могутъ изъ этого произойти, будутъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше ширина фрезы. Для широкихъ цилиндрическихъ фрезовъ предполагаютъ полезнымъ дѣлать зубья наклонными къ оси. Если уклонъ зубьевъ сдѣлать равнымъ шагу t (стр 47, фиг 18), то непрерывность дѣйствія орудія обезпечивается вполнѣ для всякой малой величины e. Направленіе поступательнаго движенія фрезы (или перемѣщеніе работы) по отношенію къ направленію его вращательнаго движенія повидимому возможно въ обѣ стороны, но практически возможно только одно направленіе противоположное вращенію.

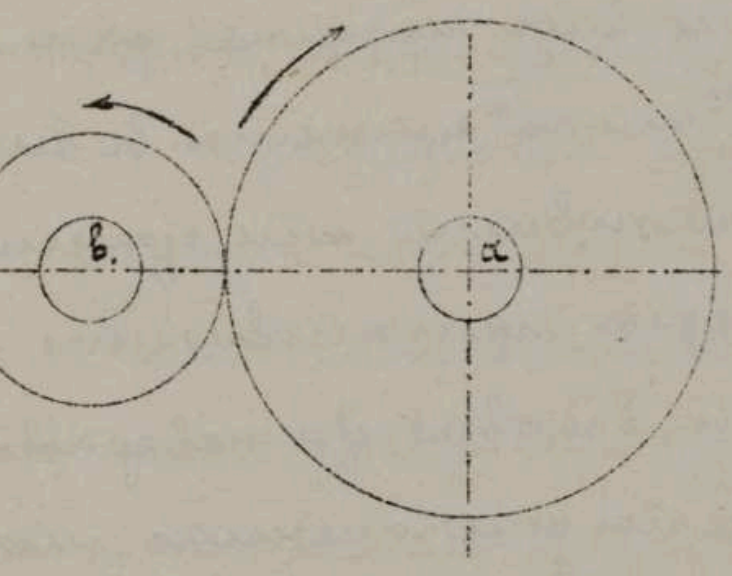
Фрезы имѣютъ много спеціальныхъ примѣненій: они употребляются напр. для нарѣзки зубьевъ колесъ, для приготовленія винто-

выхъ и другихъ зверей, клепчиковъ, развертокъ и пр. и причемъ профиль выемки опредѣляетъ форму фрезы. Цилиндрическія фрезы употребляются напр. для прострагиванія шпоночныхъ бороздъ (таб 47, фиг 19) при этомъ фрезъ получаетъ зубья съ тремя режущими ребрами ав, вс и ad для рѣзанія въ трехъ плоскостяхъ борозды. Подобныя же фрезы могутъ быть употреблены для обработки самой шпонки или другой подобной части призматической формы, требующей соблюденія точныхъ размѣровъ особенно когда приготовляются нѣсколько одинаковыхъ частей. На таб 47 фиг 20 представлена обработка шпонки. Двѣ фрезы d и B насажены на оси ав на разстояніи с одинъ отъ другого, разстояніе устанавливается трубчатой прокладкой D. Фрезы закрѣплены на оси гайкой g съ шайбой f и удерживаются на оси трѣніемъ; фрезы большого діаметра закрѣпляются еще шпонкой. Кольцевая проточка тж въ отверстіи фрезы сдѣлана для облегченія пригонки фрезы къ оси. Вращаясь вмѣстѣ съ осью фрезы обдѣлываютъ двѣ боковыя плоскости шпонки, придавая ей требуемую ширину. Двѣ другія плоскости могутъ быть обработаны со второго пріема, когда шпонка повернута на прямой уголъ, разстояніе между фрезами измѣняется прокладкой между ними. При помощи конической фрезы производится самая точная пригонка частей цилиндра, какъ это показано на черт. (1.) Двѣ части цилиндра: доска и направляющія обрабатываются одними и тѣми же фрезами A, слѣдовательно получаются плоскости съ одинаковымъ наклономъ. На 2мъ чертежѣ представленъ цилиндръ фрезъ только повернутыми. Существуютъ два ви-

черт. 1.



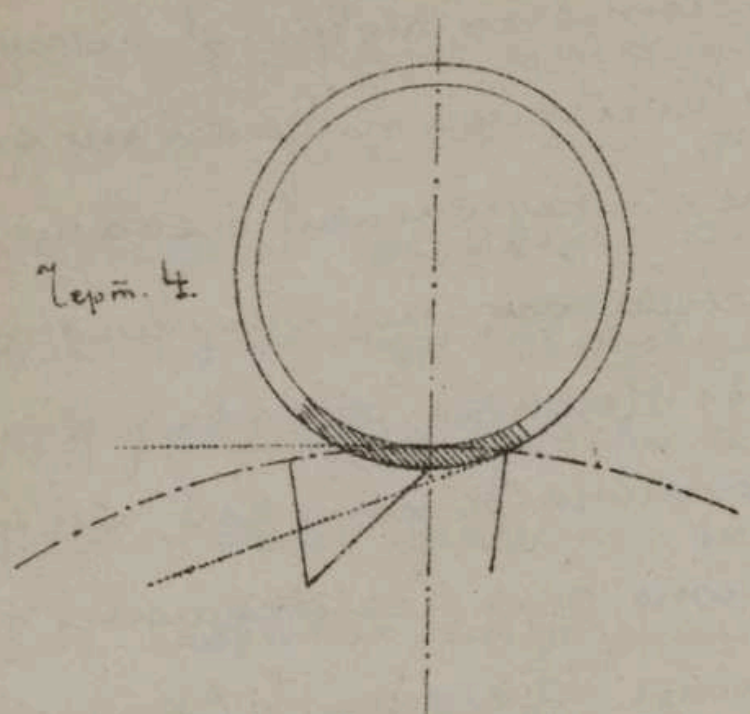
на фрезовы различающиеся между собою по способу приготовления и заточки. Все описанные фрезы относятся ко первому типу и приготовляются при помощи таких же фрезовых зенкующихся вообще треугольный профиль (чер 3.) съ угломъ γ соответствующимъ углу между зубьями (таб 47, фиг 19) Нарѣзка фрезовъ производится на фрезовой машинѣ въ которой оба фрезера и обрабатываемый и работающій имѣютъ всѣ необходимыя движенія для нарѣзки зубьевъ съ произвольнымъ профилемъ (фрезы сложнаго профиля, какъ на таб 47 фиг 16) состоящихъ изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ фрезовъ) Послѣ нарѣзки такой фрезъ закаливается операція, которая требуетъ особеннаго искусства и выполняется на особой машинѣ особымъ кругомъ, такъ какъ при закалкѣ фрезъ коробится и легко измѣняетъ свою форму. При выбѣркѣ фрезъ а и наждачный кругъ в насаживаются на параллельныхъ осяхъ и получаютъ вращательное по направленію стрѣлокъ (чер)



Наждачный кругъ постепенно подводится къ фрезу и сначиваетъ его съ поверхности насколько это требуется для выбѣрки (обыкновенно очень немного). Для выбѣрки цилиндрическаго фрезера достаточно вращательнаго оси и поперечнаго перемѣщенія одной изъ нихъ. Если же зубья фрезера имѣютъ кривой профиль, то одна изъ осей должна кромѣ того имѣть свое положеніе въ горизонтальной плоскости. Затѣмъ такой же машинѣ сначивается задняя грань зуба для образованія угла β наклона. Здѣсь употребляется наждачный кругъ очень небольшого діаметра и фрезъ становится относительно наф-

дачного круга извѣстнымъ образомъ (черт. 4.) · Послѣ заточки одного зуба фрезъ поворачивается на своей оси на уголъ соотвѣтствующій числу зубьевъ и т. д. Форма @ зуба не должна переходить въ линію окружности центровъ. Діаметръ полуфасоннаго круга соображается съ величиной угла наклона р. Совершенно такимъ же путемъ и наборъ

Черт. 4.

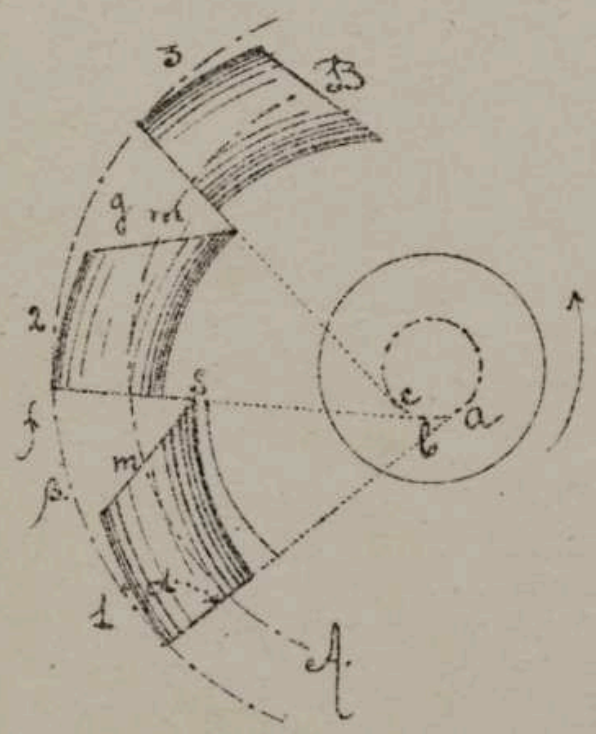


. же машины затачивается фрезъ послѣ того какъ онъ затупился въ работѣ, т. е. заточка будетъ состоять въ снимании задней грани · Такія фрезы просты для изготовленія и для заточки, если имѣютъ цилиндрическую форму, коническую или двухъ конусовъ, какъ на (черт), но при кривомъ профилѣ, какъ на (таб. 47, фиг. 16) съ заточкой измѣняется видъ профиля, да и самая заточка будетъ сложна. Въ фрезахъ 2го типа* имѣется въ виду устранить это неудобство - По способу приготовленія они существенно отличаются отъ первыхъ; (Сначала фрезъ приготовляется обточкой, какъ они затѣмъ калибруются фрезомъ; боковыя же поверхности зубьевъ обрабатываются строганіемъ на специальномъ станкѣ и такимъ образомъ, что строгающій рѣзецъ перемѣщается по дугамъ круга, описаннаго изъ нѣкотораго центра а для 1го зуба. Изъ центра в для 2го и т. д.; эти центры равноудалены отъ оси фрезы и между собой Машина имѣетъ слѣдующее устройство: рѣзецъ помѣщается на рычагѣ, котораго ось вращенія устанавливается противъ одного изъ центровъ, напр. а, рѣзецъ можетъ перемѣщаться по длинѣ рычага и при качаніи послѣдняго двигаясь при каждомъ поворотѣ рычага отъ окружности къ центру на опредѣленную величину. Оси описываемыхъ рѣ-

* Черт. на страницѣ 511

чемъ нежели въ плоскостяхъ параллельныхъ между собою и къ средней окружности фрезы. Вследствіе положенія центровъ a, b, c вин-тов фрезы, задняя поверхность fg зуба получаетъ требуемой скосъ подъ наклономъ β; по той же причинѣ и боковыя поверхности kl и пр зубьевъ получаютъ нѣкоторые скосы β' (въ сѣченіи зубьевъ цилиндрическими поверхностями AB), если только профиль зубьевъ будетъ въ вершинѣ (кп) уже чѣмъ при основаніи lp. Если бока kl и пр параллельныя прямыя то скосы не получатся и зубъ не можетъ хорошо фрезить. Поэтому слѣдовательно фрезъ 2-го типа действительно пригоденъ только въ томъ случаѣ когда зубъ имѣетъ профиль подобный указанному на чертежѣ (для нарѣзки зубьевъ колесъ) полукруглый и пр. и въ этомъ случаѣ онъ очень удобенъ. Для наточки такого фрезы затачиваютъ переднюю грань fs зуба удерживая направленіе ея по радіусу изъ собственнаго центра b; при этомъ профиль зуба не измѣнится, хотя діаметръ фрезы будетъ уменьшаться. Заметимъ что уголъ α для ребра кп будетъ здѣсь нѣсколько больше прямого, а уголъ α' для ребра kl, пр — прямой.

Приготовленіе фрезовъ 2^го типа требуетъ специальной машины слѣдовательно заводъ пользующійся фрезами не всегда можетъ приготовить ихъ своими средствами. Ихъ готовятъ въ настоящее время Семмерсъ, Brown & Sharp въ Америкѣ и на нѣкоторыхъ другихъ заводахъ.



Издатель: Аллер-Фрезе.

Котяхъ.

И.Т.У.

ТЕХНОЛОГІЯ

ДЕРЕВА

ЛЕКЦІИ

А. П. Гавриленко

курсъ I сп. кл.

1893-94 г.

Издание разрѣшаю: Лавринскій.

Предметъ Технологіи дерева состоитъ въ разсмотрѣніи свойствъ дерева, наиболѣе употребляемаго въ техникѣ и въ изученіи способовъ и орудій для его обработки. Изъ деревьевъ употребляются чаще породы пихтовыя и прямоствольныя. Дерево представляетъ собою весьма распространенный и, сравнительно, дешевый строительный матеріалъ. Оно весьма легко подвергается обработкѣ, дурно проводитъ теплоту и отъ измѣненій температуры, весьма мало измѣняется въ своихъ размѣрахъ (если хорошо высушено), особенно въ направленіи длины своихъ волоконъ. Однакоже смотря на всѣ эти поименованныя качества, употребленіе его въ машиностроеніи весьма ограниченно, по причинѣ его недостаточной крѣпости и способности измѣнять форму и размѣры приготовленныхъ изъ него штукъ, вслѣдствіе высыханія; сверхъ того, дерево не приложимо, напримѣръ, для устройства тѣхъ частей машинъ, которыя должны подвергаться дѣйствію высокой температуры, сильному трѣнію и тому подобное; наконецъ деревянныя части машинъ, при значительныхъ усиліяхъ, выходятъ весьма объемистыи и слѣдовательно въ извѣстномъ смыслѣ неудобны.

Технологія дерева.

Строеніе дерева. Дерево, какъ и всякое растеніе, состоитъ изъ клѣтокъ, которыя въ молодомъ, еще не погибшемъ деревѣ, наполнены растительными сокáми, служащими для питанія клѣтокъ; въ составъ этихъ соковъ входятъ различныя органическія вещества, какъ-то: камедь, сахаръ, бѣлковина и др. Въ только что срубленномъ и не высушенномъ деревѣ, соки эти способны бродить, и обусловливаютъ тѣмъ гніеніе дерева.

Древесныя клѣтки имѣютъ вообще форму удлиненную по длинѣ ствола; группируясь въ этомъ направленіи, онѣ образуютъ древесныя волокна. Другія клѣтки, соединяясь, сливаются между собою и такимъ об-

разомъ образуютъ трубочки или канальцы, наполненныя сокомъ и располагающіяся между древесными волокнами; когда содержимое канальцевъ высыхаетъ, они запоминаются воздухомъ и обращаются, въ такъ назы-ваемыя древесныя поры. Древесныя волокна связаны между собою менѣе прочно, чѣмъ клѣточки отдѣльнаго волокна; вслѣдствіе чего сопротивленіе дерева щепанію, гораздо слабѣе, чѣмъ сопротивленіе его раздрыву по длинѣ волокна. Стволъ дерева, почти, для всѣхъ Европейскихъ породъ, имѣетъ одинаковое строеніе. Деревья хвойныхъ породъ отличаются отъ лиственныхъ, главнымъ образомъ, строеніемъ коры. Если сдѣлать поперечный разрѣзъ ствола дерева, то въ строеніи его различаемъ, главнымъ образомъ, три слѣдующихъ слоя: (Табл. I, фиг. 1 и 2) a - сердцевина, b - древесина, c - кора.

Средняя часть ствола, есть сердцевина и состоитъ изъ крупныхъ, съ тонкими стѣнками клѣточекъ паренхимы; по краямъ ея, клѣточки замѣтно менѣе. Въ старомъ или взросломъ деревѣ сердцевина имѣетъ темновато-бурый цвѣтъ. За сердцевиной слѣдуетъ древесина, состоящая изъ клѣточекъ менѣе крупныхъ, но съ болѣе толстыми и грубыми стѣнками, чѣмъ въ клѣточкахъ сердцевины. Вся масса древесины состоитъ изъ концентрическихъ, кольцевыхъ слоевъ, которые ежегодно нарастаютъ по одному съ наружной стороны древесины (отъ коры), такъ что по числу этихъ колецъ можно судить о возрастѣ дерева; и ихъ называютъ на этомъ основаніи годовыми кольцами. Во всѣхъ породахъ дерева по мѣрѣ приближенія къ сердцевинѣ кольца эти становятся уже и плотнѣе, что происходитъ отъ того, что, образуясь ранѣе другихъ, они постепенно обрастаніемъ новыхъ колецъ наплываютъ и такимъ образомъ уплотняются. Въ различныхъ породахъ дерева годовыя кольца эти различаются болѣе или менѣе рѣзко: въ породахъ жаркаго климата они выступаютъ несравненно слабѣе, чѣмъ въ породахъ умѣренныхъ странъ, что обусловливается почти одинаковою нап-

раженностью жизненной силы растенія въ тропическомъ климатѣ. Ширина годовыхъ кольцевъ бываетъ различна для различныхъ породъ, также, какъ и цвѣтъ; она бываетъ различна даже и для одной и той же породы, растущей на различныхъ почвахъ; наконецъ она не одинакова, даже, въ одномъ и томъ же стволѣ, что зависитъ отъ распредѣленія питательныхъ веществъ въ почвѣ, положенія ствола относительно солнца (именно слои, обращенные къ югу-шире) и т.д. Между корой и древесиной находится тонкое и мягкое кольцо, состоящее изъ клѣточекъ съ очень тонкими стѣнками и богатыя растительными соками. Это такъ называемое камбіальное или образовательное кольцо, служащее для питанія древесины и коры. Оно большею частью бесцвѣтно или слегка желтовато.

Затѣмъ слѣдуетъ кора, которую можно разсматривать, какъ состоящую изъ трехъ слоевъ: 1) лубъ, который въ молодыхъ деревьяхъ состоитъ изъ отдѣльныхъ продольно-расположенныхъ кусковъ, раздѣленныхъ между собою веществомъ средняго слоя коры; въ старыхъ деревьяхъ миственныхъ породъ онъ обращается въ сплошное кольцо. Лубяной слой непосредственно примыкаетъ къ образовательному кольцу. 2) Средняя часть коры состоитъ изъ крупныхъ клѣточекъ паренхимы; въ молодыхъ и взрослыхъ деревьяхъ онъ окрашенъ хлорофилломъ въ зеленый цвѣтъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ средняго слоя коры можно замѣтить каналы или смоляные ходы, проводящіе постную смолу. 3) Наружный слой коры-корка, болѣе или менѣе толстая, гладкая или шероховатая, смотря по породѣ дерева. Въ нѣкоторыхъ породахъ вмѣсто корки является слой кожицы.

Въ возрастомъ дерева средняя часть коры теряетъ свой зеленый цвѣтъ и получаетъ пробковое строеніе, кора постепенно грубѣетъ, дѣлается неспособной растягиваться, раздаваться, и по мѣрѣ роста ствола трескается и отпадаетъ кусками; унося, такимъ образомъ, и часть смоляныхъ ходовъ, взамѣнъ

которыхъ въ это время уже въ древесинѣ образуются новые. Кромѣ всего этого въ массѣ древесины замѣчаются такъ называемые сердцевинные лучи, выходящіе изъ сердцевины, приблизительно, по направленію радіусовъ и проникающіе нѣжной слой коры; многіе изъ нихъ, при этомъ, неправильно прерываются на своемъ пути или вовсе не достигаютъ коры.

Сердцевинные лучи располагаются въ горизонтальныхъ плоскостяхъ. Если-бъ-лать меридіональное сѣченіе ствола дерева, то случается, что въ плоскости сѣченія, располагаются нѣсколько сердцевинныхъ лучей, которые плоскости сѣченія сообщаютъ особый цвѣтъ, а въ нѣкоторыхъ породахъ, какъ напримѣръ, дубъ и букъ,- особый блескъ, что. указываетъ на ихъ плотность (Табл I, фиг. 3). Всѣ породы дерева богаты содержаніемъ воды, которую онѣ, всасывая изъ почвы, проводятъ канальцами и порами. Отсюда понятно, почему молодое дерево и дерево рыхлыхъ породъ имѣетъ болѣе, нежели старое и вообще, плотное дерево. Всѣ деревья весною и лѣтомъ содержатъ большее количество воды, нежели осенью и зимою, вслѣдствіе превосходства жизненной силы въ эти времена года. Количество воды въ деревѣ зависитъ отъ породы, а также климата, почвы и другихъ причинъ. Среднимъ числомъ можно считать слѣдующее процентное содержаніе H_2O по вѣсу въ свѣже-срубленномъ деревѣ:

береза — отъ	30% —	до 35%
дубъ и букъ — - -	35% —	до 40%
ель и сосна — -	37% —	до 50%
липа — -	47% —	до 60%

Свѣже-срубленное дерево, оставленное лежать на воздухѣ высыхаетъ, и легкія породы сохнутъ быстрѣе, чѣмъ твердыя, а такъ какъ они, вообще, содержатъ воды, сравнительно больше, чѣмъ породы твердыя. Какъ-бы долго не лежало дерево на воздухѣ, въ немъ всегда остается 20% — 25% воды - почти безразлич-

но для всѣхъ породъ. Если просушка дерева на воздухѣ производится въ не большихъ кускахъ, то она ускоряется и дѣлается, кромѣ того совершеннѣе: содержаніе воды доходитъ до 10%–15%. Что же касается искусственной просушки, то посредствомъ ея можно довести количество воды до 10%, но ни въ какомъ случаѣ не менѣе. Такимъ образомъ, дерево при просушкѣ можетъ терять отъ 35%–50% H_2O. Высушенное дерево способно опять впитывать влагу, но настолько, что для дерева, находящагося на воздухѣ, это количество воды достигаетъ около 20%, такъ что это послѣднее процентное содержаніе можно считать предѣломъ сухости дерева въ воздухѣ. Удѣльный вѣсъ различныхъ породъ не одинаковъ, что же не касается до удѣльнаго вѣса древесныхъ волоконъ, то онъ почти для всѣхъ породъ одинъ и тотъ-же. Оказывается, что они не одинаковъ для различныхъ мѣстъ одного и того же дерева и значительно зависитъ отъ количества, находящейся въ деревѣ, воды и слѣдовательно, можетъ быть уменьшенъ просушкою. Напримѣръ:

	Свѣже-срубленъ.	Высуш. на возд.
Кленъ	0,84–1,2	0,61–0,75
Дубъ	0,93–1,28	0,65–0,92
Береза	0,8–1,09	0,59–0,74
Сосна	0,77–1,2	0,46–0,76

При усушкѣ дерево уменьшается въ своемъ объемѣ, а при почернѣніи влаги разбухаетъ. Уменьшеніе размѣровъ дерева при усушкѣ не одинаково по всѣмъ направленіямъ: по направленію радіуса усадка или уменьшеніе размѣровъ, меньше всѣхъ по направленію годовыхъ колецъ и самая меньшая усадка по направленію длины ствола.

Такъ при просушкѣ на воздухѣ кленъ даетъ слѣдующую усадку:

По длинѣ волокна ——— 0,07%

— направл. радіуса ——— 3,35%.

по направлен. годов. концъ — 6,59%.

Такимъ образомъ, если приготовить балку прямоугольнаго сѣченія изъ сырого матеріала и если она при этомъ вырѣзана такъ, что сердцевина не находится въ ея срединѣ, то при высыханіи измѣняется не только ея размѣры, но даже и форма поперечнаго сѣченія. Слѣдовательно, балку нужно вырѣзать такъ, чтобы ея геометрическая ось совпадала съ осью годовыхъ концъ и гдѣ этого сдѣлать нельзя, то нужно брать дерево по возможности сухое.

Растрескиваніе дерева при высыханіи объясняется неравномѣрностью его высыханія и неодинаковою усадкою его по различнымъ направленіямъ. Дѣйствительно, если бы древесный край и просыхалъ бы даже равномѣрно по всей своей толщинѣ, то и тогда, вслѣдствіе неодинаковой усадки оказалось, что діаметръ краяа уменьшается не пропорціонально уменьшенію по окружности, а меньше и слѣдствіемъ являются трещины (Табл. I, фиг. (4-8)).

При обыкновенныхъ же условіяхъ, сушки дерева, высыхаетъ, обыкновенно, прежде всего верхній слой и одного этого уже достаточно для того, чтобы вызвать появленіе трещинъ. Неудобство неодинаковой просушки дерева можетъ быть устранено, если предварительно не снимать съ него коры. Тогда дерево просыхаетъ только съ торцевой стороны и такимъ образомъ можно, отчасти, избѣгнать появленія трещинъ. Мы говоримъ, отчасти, потому, что трещины являются не только отъ неравномѣрнаго просыханія, но также и вслѣдствіе неодинаковой усадки, къ устраненію которой мы не имѣемъ средствъ. Но такой способъ просушки неудобенъ во первыхъ потому, что требуетъ, сравнительно, много времени; во вторыхъ, подъ корой заводятся черви которые сильно портятъ дерево. Если сушится балка, приготовленная изъ древеснаго краяа, то трещины, вслѣдствіе неравномѣрной усадки, являются, обыкновенно, по направленію діагонали. Дерево въ меньшихъ кускахъ даетъ и меньшія трещины, а у мелкихъ даже совсѣмъ могутъ

не быть, если только просушка происходила не очень быстро. При приготовлении предметов правильной геометрической формы, заботятся о том, чтобы геометрическая ее ось совпадала с осью годовых колец. Если мы приготовим такими образом цилиндр, положим, цилиндр, то при усушке он сохранит свою форму, и получится тоже цилиндр, только меньших радиусов. Доска, вынутая из дерева от высыхания теряет свой плоский вид, делается вогнутою или, как говорят коробится. (III аз I фиг. 9) При этом выпуклость доски, если-об ее стороны будем в одинаковых условиях, будет от той стороны ее, которая в дереве была ближе к оси ствола. Явление это можно объяснить следующим образом. Очевидно, что изменение формы дерева в направлениях перпендикулярных к оси ствола, зависит от поперечного сжатия (при высыхании), или расширения (при намачивании) волокон. Если дерево из которого выпиливается доска, имело большой диаметр, и доска была взята далеко от оси ствола, то можно положить, что она составлена из однородных волокон, т.е. таких которые все при высыхании получают одинаковое поперечное сжатие. Положим, что часть abc конца закл. в себе 40 волокон, а по толщине доски (bd) всего 10 волокон. Положим, что доска настолько сохнет, что каждые 10 волокон доски занимают длину 9 волокон сухой. Тогда от высыхания волокно d поднимается на высоту одного волокна и займет место волокна c. Длина abc конца, заключающего 40 волокон, укоротится на длину равную 4 диаметрам волокон, т.е. в 4 раза больше, чем укоротилась толщина bd доски. Таким образом волокна a и c в сухой доске займут место волокон a' и c' внутрь, последовательно, концы a и c основания доски подвинутся больше, чем середина ее d.

Чем короче длина abc, относительно толщины доски, тем кривизна a'd'c' будет меньше. Если доска будет вырезана из середины бревна, то она равномерно не коробится и только на концах садится немного вовнутрь,

тыми на средину.

Таким образом прирастание узкого края доски, мы получим, в этом смысле, только одну кромку доску; остальные же носят высыхания более или менее выходят покоробленными (Таб. I, фиг. 10а) Доска подвергается короблению и подгибе, хотя в меньшей степени. При этом она также закругливается. Такое коробление является тогда, когда волокна доски расположены не параллельно ее кромкам, что может произойти от неправильности в самом дереве, или это бывает с плохо сделанной выпилки.

Коробление избегается, когда предметы приготовляется из отдельных кусков, волокна которых перекалываются. Этим средством столяры пользуются при приготовлении филёнчатых щитов, а также и моделей.

Гниение дерева. Собственно древесина волокна не легко поддаются гнению, так что свойство дерева, по которому оно издавна славилось и видь своих волокон при гнении, должно быть приписано действию древесного сока, который приходя в брожение при известных условиях, заражает и разрушает твердые части древесного ствола. Условия, благоприятствующия гнению дерева суть: присутствие влаги, доступ воздуха в поры дерева, прекращение жизненной деятельности в дереве и температура выше 0°. Две последния причины не могут быть удалены, действие же первых двух может быть парализовано употреблением следующих приемов: 1) устранение влаги из дерева и предохранение его от сырости, 2) защита от атмосферного воздуха, 3) устранение растительных соков, способствующих гнению и наконец 4) уничтожение способности сока разлагаться. Соответственно этому для предохранения дерева от гниения в возможно большей мере, можно подвергать дерево: 1) Сушению: а) на открытом воздухе, в) при высокой температуре отапливаемых сушилок, с) в разреженном пространстве; 2) Окраске масляной краской или лаком; 3) вываливанию с углем

удаленія растительныхъ сковъ и 4) пропитываніемъ веществами, уничтожающими разложеніе сковъ. Естественное сушеніе дерева производится въ сараяхъ или подъ навѣсами, гдѣ дерево складывается такъ, чтобы воздухъ циркулировалъ между стволами; дерево кладутъ въ клѣтку (Шаз. фиг. 10).

Просушка дерева этимъ путемъ идетъ медленно (около года), далеко тогда, когда для небольшихъ подѣлокъ дерево растилено на небольшіе бруськи; для крупнаго производства, предполагающаго большіе запасы дерева, эта медленность не составляетъ неудобства, но для мелкаго она безусловно невыгодна. Такъ какъ просушиваемое на открытомъ воздухѣ дерево даетъ трещины на торцевыхъ частяхъ, незащищенныхъ корой, то эти части защищаютъ искусственно, закрывая ихъ болѣе или менѣе толстой бумагой, или покрывая лакомъ. Краски иногда ставятъ стойкомъ, такъ какъ просушка ихъ идетъ въ этомъ случаѣ скорѣе и совершеннѣе, но способъ этотъ невыгоденъ, какъ потому, что требуетъ высокой температуры, такъ и потому, что употребленіе его сопряжено съ затратой значительной работы и времени, если принять во вниманіе стоимость краски и условія выгодной циркуляціи воздуха.

Искусственный способъ просушки. Искусственное сушеніе дерева производится при высокой температурѣ въ закрытыхъ камерахъ, которыя отапливаются и вентилируются различными способами (если опускать здѣсь способъ искусственнаго сушенія, требующій разрѣженнаго пространства, какъ рѣдко употребляемый въ практикѣ).

Высушиваніе дерева производится или непосредственнымъ прикосновеніемъ съ продуктами горѣнія, или же соприкосновеніемъ его только съ нагрѣтымъ воздухомъ сушильной камеры, при чемъ циркуляція продуктовъ горѣнія происходитъ около стѣнокъ этой послѣдней съ наружной стороны. Въ послѣднее время встрѣчается и такая сушилка, гдѣ отопленіе производится пат

роль. Во всякой этих сушилках правильная просушка требует постепенного повышения температуры до определённой степени и поддержания ея во все остальное время сушения, в противном случае, дерево будет давать много трещин. Обыкновенная температура сушилок (30°-40°)R, но иногда доводят ее до 80°, как напримѣръ, при просушкѣ шпал предъ пропитываніем нефтяными растворами, замедляющими разложеніе растительных соковъ. Радикальную сушилку „Napier, (Табл. I фиг. II) которой предложил ся въ Англіи, для просушиванія корабельного дерева. Она строится изъ кирпича и представляетъ камеру A со сводами, снабженную толстыми войлоками. Здѣсь a - топка, c - толстая дверь, b - колосники, h - порогъ, g - предпорогъ, f - дверь для закладки дерева (иногда сушильная камера снабжается еще и другой, подобной дверью съ противоположной стороны) и d отверстіе трубы i, въ которое уходятъ насыщенные водяными парами и испаряемые продукты горѣнія. Въ сушилках этого типа устраивается необходимое устройство особой вентиляціи, такъ какъ пары воды уносятся вмѣстѣ съ дымомъ. Дерево кладется въ топку для лучшей циркуляціи горячих газовъ, причем наиболее толстыя краянея составляются верхніе ряды балок. Причиной такого расположенія слоевъ дерева служитъ неравномѣрность нагрѣванія камеры въ различныхъ ея частях: верхъ и лѣвая сторона нагрѣваются больше, чѣмъ низъ и сторона, близкая къ двери f. Про протяженіи 50 часовъ вынимаются верхніе слои, остальные сушатся еще въ продолженіе 14-15 часовъ; послѣ этого вынимаются средніе и нижніе слои, и высушенная партія дерева замѣняется новою.

Введеніе сушилокъ съ циркуляціонным отопленіемъ нельзя приписать какому нибудь отдѣльному лицу, или отнести къ опредѣленному періоду времени: онѣ давно и почти исключительно употребляются при постройкѣ желѣзныхъ дорогъ. Устройство изображенное слѣдующее: (Табл. I фиг. 12) изъ кирпи-

та атмосфера камера А ея двойными стенками, причем промежуточное между ними пространство служит для нагнетательною частью трубы, по которому идущий горячий воздух изъ топки,- меньшую часть его составляющий, подогрѣвающій поду камеры. Въ верху камеры устраивается душникъ, сообщающійся съ дымовой трубой для выхода воздуха, насыщеннаго водяными парами. Приточное свѣжаго воздуха не требуетъ особаго устройства, такъ какъ дверь, черезъ которую дерево вводится въ сушильную камеру плотно ея закрываетъ.

Дымъ идетъ сначала въ, потомъ переходитъ въ боковые вертикальные каналы, откуда достаточно охладившись уходитъ въ дымовую трубу.

Не смотря на довольно сложное устройство, мы все-таки предпочитаемъ сушилку Карпова, такъ какъ въ первой устраняется неравномѣрность высушиванія и возможность сгоранія высушиваемаго дерева, что составляетъ весьма серьезное неудобство во всякой сушилкѣ, въ которыхъ высушиваніе дерева производится непосредственнымъ прикосновеніемъ его продуктами горѣнія (мы разумѣемъ, въ особенности, топки, часто встрѣчающіяся случай, когда топка производится дровами).

Наиболѣе раціональное устройство сушилокъ съ паровымъ отопленіемъ представляемыхъ на (Табл. I фиг. 19 а,в,г) не требуетъ особенныхъ пояснений, замѣтимъ только, что здѣсь циркуляція пара по трубамъ происходитъ перпендикулярно къ длинѣ помѣщенія; кромѣ того, для большей утилизаціи теплоты пара его заставляютъ стоять въ трубахъ до конденсаціи. Приточка пара изъ парового котла совершается періодически и регулируется краномъ.

Считаемъ не излишнимъ для притока обогащеннаго кислородомъ воздуха, насыщеннаго водяными парами уносимыми черезъ вытяжную трубу. Объемъ 1,25 атмосферы можно нагрѣть сушилку до 60° R, по крайней мѣрѣ болѣе медленно

температуру, если мы не принуждены экономить и совершенству работы предпочитать экономию.

К искусственным способам сушения, надо отнести еще один, весьма давний и распространенный способ, — мы говорим о сушении дерева на поташах. Поташи состоят из ряда не толстых балок, расположенных поперек здания, обыкновенно на высоте 3 или 3½ аршина от пола, если они помещение не имеют потолка, тогда высоте строганых перекладин. Просушивание происходит при температуре около 15° R. Для отапливаемого помещения оказывается выгодным устройство вентиляционной трубы. Этот способ сушения вообще выгоден для небольших брусков дерева, досок, теса и т. п. и много применим в случаях больше толстых брусьев, помещая кроме того значительные продольные разрезы.

Вымелачивание дерева. Просушка дерева производится с целью увеличить прочность его посредством удаления из него пор влаги, способствующей разложению растительных соков; весьма естественно сделать предположение, что удаление из дерева самых соков, например, с помощью их вымелачивания, есть еще более действительное средство улучшения качества дерева, как строительного материала. Предположение это оправдалось весьма многими опытами, произведенными главным образом в Западной Европе, где вымелачивание, в настоящее время, часто применяется при подготовке дерева для крупных технических сооружений (кораблей, железных дорог, телеграфов и т. п.)

Вымелачивание дерева производится: 1) в холодной или горячей воде и 2.) паром.

Вымелачивание в холодной воде. Известно, что очищенный весь получает способность долго не гнить, тогда как из далека спиав-

нелое дерево можно считать вполне достаточно выщелаченным и не требующим дальнейшей обработки, с успехом удаления растительных соков. Если же выщелачивание этим путем (надо сказать естественным) не можно произвести, например, по причине непродолжительного пребывания дерева в воде, то выщелачивание это производится искусственно. Искусственное выщелачивание в холодной воде производится в следующем порядке. Дерево очищается от коры и спускается в реку, при чем комлями оно направлено против течения; полученный плавень обрезать нельзя чтобы нибудь повредить и потом завертывают для того, чтобы его не можно унести течением.

Вследствіем капиллярности вода вступает в ствол дерева, растворяет растительные соки и уносит их, выходя с верхнего ствола.

Такое выщелачивание дерева продолжается 2-3 месяца, так что бывшее в начале дерево кладут в реку, а в конце вынимают.

Дерево, недавно срубленное, выщелачивается скорее и лучше, чем старое, а потому, если желают выщелачивать дерево, то срубают его весной, чтобы не заставлять его долго лежать на открытом воздухе. Что касается выщелачивания в горячей воде, то оно употребляется в практике только в исключительных случаях, так как приготовление его сопряжено с употреблением значительного количества топлива и устройством крупных и весьма сложных аппаратов с циркуляцией горячей воды.

Выщелачивание паром (Табл. 1. фиг. 14.) Для выщелачивания дерева паром устраивается обыкновенно деревянный ящик из толстых досок, связанных металлическими планками, при чем для открывания ящика ставятся еще в нескольких местах болтами. В передней из боковых стенок вделывается манометр, а в дне ящика кран

для спуска сушильщика пара. В ящик ставится на двух довольно тонких брусках достаточной длины. Закрепив дерево в ящике, плотно закрывают этот последний, и также завертывают спускной кран. Затем впускают в ящик пар, посредством крана и внимательно следят за тем, чтобы давление пара в ящике не превышало 1 атм., так как деревянный ящик не выдержал бы более высокого давления или стал бы пропускать его в щели.

Через несколько времени кран открывают: из ящика идет сначала чистая вода, потом жидкость бурого цвета, что доказывает, что растворение соков уже началось; спустя еще несколько времени из ящика опять начинает идти совершенно чистая вода, тогда приток пара прекращают, так как выщелачивание уже кончилось, а передержать дерево в ящике опасно: сделать его совершенно негодным для постройки. Полное выщелачивание тонких деревьев может совершиться в течение 35-60 часов, смотря по величине выщелачиваемых кусков; если выщелачиваются толстые бревна, то операция длится 3-4 дня.

Пар действует так: он входит в поры дерева и вытесняет заключающийся в них воздух, затем растворяет древесные соки, спускается и в виде бурой жидкости уносится из дерева, уступая давление пара, притекающего из парового котла.

Выщелоченное дерево подвергается еще просушке на воздухе или высушивается, так как заключенная в нем вода значительно увеличивает его вес: она составляет 50 процентов сырого дерева и, будучи высушено, должно весить сухого, приблизительно на 40% б выщелачивании цвет дерева изменяется в более темный; крепость, обусловливающая сваю хрупкость, увеличивается; выщелоченное дерево скорее коробится при высыхании и сильно растрескивается, если в сыром виде ему придается какая-

Во форма, то оно весьма упорно сохраняетъ эту послѣднюю (чистая мѣдь); но главное,- оно успѣшнее противостоитъ гніенію, находясь даже въ особенно неблагопріятныхъ атмосферныхъ и почвенныхъ условіяхъ.

Пропитываніе дерева растворами. Пропитываніе дерева химическими дѣйствующими на него веществами есть, какъ показываетъ опытъ, одно изъ самыхъ дѣйствительныхъ средствъ, служащихъ для сохраненія его отъ гніенія; поэтому въ настоящее время пропитываніе дерева все болѣе и болѣе входитъ въ употребленіе. Еще въ 1832 году Кюаг (въ Англіи) ввелъ пропитываніе зеленовато-дорожнымъ купоросомъ ($MgCl_2$). Хотя этотъ способъ существуетъ и теперь въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ Бадена и Баваріи, но въ большинствѣ случаевъ оставленъ, потому что хлористая ртуть оказываетъ очень вредное вліяніе на здоровіе рабочихъ, и потому еще, что найдены болѣе выгодные способы. Теперь во Франціи и Германіи въ большомъ употребленіи способъ пропитыванія $CuSO_4$ (мѣднымъ купоросомъ) и $FeSO_4$ (зеленымъ купоросомъ). Растворы состоятъ изъ одной части какой нибудь изъ этихъ солей и 60 частей воды по вѣсу, что соотвѣтствуетъ 2° по Боме.

Хотя отчеты о продолжительности службы заработанныхъ этимъ растворомъ шпалъ очень разнорѣчивы, но среднимъ числомъ можно считать эту продолжительность отъ 7-10 лѣтъ, иногда такія какъ не пропитанныя шпалы служатъ всего отъ 3-5 лѣтъ (эти наблюденія дѣлались во Франціи) $FeSO_4$ иногда идетъ въ растворъ одинъ, иногда же вмѣстѣ съ $CuSO_4$.

Растворъ зеленаго купороса при пропитываніи дерева считается средствомъ менѣе дѣйствительнымъ, чѣмъ растворъ мѣднаго купороса. Это объясняютъ разложеніемъ въ деревѣ $FeSO_4$ и вслѣдствіе этого разрушающимъ дѣйствіемъ H_2SO_4 на древесныя волокна.

Рауеръ предполагалъ вводить въ дерево два вещества, образующія нерастворимое соединеніе и предполагалъ, что это соединеніе будетъ препят-

ствовать брожению древесных соков. Кайо, по его способу, сначала вводить въ дерево растворъ $FeSO_4$, затемъ растворъ $CaCl_2$, такъ что получается нерастворимая соль $CaSO_4$ (гипсъ) Однако результаты этого способа оказались неудовлетворительными, и онъ остался безъ практическаго приложенія.

Испытывали растворы $BaCl_2$ и Fe_2O_3 и нашли слишкомъ ядовитыми при отношеніи къ 3 до 5 лътъ.

Въ 1839 году Uzielli испытывалъ дъйствіе раствора уксусно-кислой окиси цинка, но хотя дъйствіе его оказалось удовлетворительнымъ, дальнъйшіе результаты приложенія этого способа на практикъ остались мало извъстными.

Затъмъ Burnett въ 1838 году рекомендовалъ растворъ $ZnCl_2$, который оказался совершенно годнымъ къ приложенію. Растворъ состоитъ изъ одной части $ZnCl_2$ и 26 частей воды по въсу; это соотвътственно 3° по Боме. Этотъ матеріалъ дешевле $CuSO_4$ и еще меньше передъ нимъ преимущество въ томъ отношеніи, что дерево, послъ пропитыванія его растворомъ принимаетъ окраску, тогда какъ дерево, пропитанное растворомъ $CuSO_4$ окраски не допускаетъ. Опыты показываютъ, что шпалы, пропитанныя растворомъ $ZnCl_2$ служатъ до 13 лътъ. Въ настоящее время это средство практикуется на Баденской желъзной дорогъ и въ Германіи. Много было еще предложено растворовъ, но всъ они давали болъе или менъе неудовлетворительные результаты и потому не вошли въ употребленіе. Самымъ лучшимъ средствомъ для предохраненія дерева отъ гніенія считается креозотированіе, хотя и имъетъ съ этимъ отчасти и самое дорогое средство.

Введеніе растворовъ въ дерево. Существуетъ нъсколько способовъ введенія растворовъ въ дерево, изъ которыхъ разсмотримъ болъе употребительные.

Способъ Boucherie (Табл. I фиг 15) состоитъ въ томъ, что дерево пропитывается растворомъ на корню. Для этой цъли за нъсколько дней до сру-

ки дерева, всего ствола, немного выше корня, просверливают несколько отверстий (иногда вместо этих углублений а прорезают вдоль всей окружности ствола на такую глубину, чтобы дерево не повалилось от ветра). Ниже углублений помещается глиняная чашка, в которую и наливают раствор так, чтобы его поверхность в чашке стояла выше углублений, сделанных в стволе. Так как дерево продолжает еще жить, то раствор всасывается через отверстия и поднимается вместе с соками вверх. Это пропитывание идет достаточно весною и летом, когда жизненная деятельность дерева проявляется с большею силою.

Следовательно, и рубку необходимо производить в это время года. Но дело в том, что рабочий труд в это время года очень дорог и это обстоятельство представляет один из самых важных недостатков способа Бушери; кроме того, по его способу не происходит равномерного пропитывания дерева раствором во всей его массе; лучше пропитываются наружные, более молодые слои дерева, где больше вещества совершается быстрее, а сердцевина пропитывается плохо. Наконец и то неудобство этого способа, что требуется много рабочих рук.

Пропитывание дерева после срубки имеет ту хорошую сторону, что при этом способе возможна предварительная просушка дерева, и так как просушенное дерево лучше поглощает влагу, то естественно, что оно лучше пропитывается. Простейший способ подобного пропитывания состоит в том, что куски дерева кладут в плотно сколоченный ящик, в который наливают раствор так, чтобы он покрыл все куски, для чего на них кладут некоторый груз. Для удобства нагрузки и разгрузки ящика, врывают его в землю, так чтобы его края были уповерхности земли. Длинные куски кладут вдоль ящика - короткие поперек. При новой нагрузке раствора прибавляют соответственное количество

Пропитывание продолжается средним числом недель, но бывает и больше и меньше, что зависит отъ свойствъ раствора и величины кусковъ.

Вместо пропитыванія холодными растворами, ихъ иногда нагрѣваютъ до точки кипѣнія, чѣмъ достигается нагрѣваніе и расширеніе воздуха въ порахъ дерева: затѣмъ по охлажденіи растворъ легче проникаетъ въ древесныя поры подъ разностью давленій атмосферы и оставшагося въ порахъ воздуха, давленіе котораго меньше атмосфернаго. Дерево кладется въ ящики (Таб.1. фиг. 16) или чаны, подобные тѣмъ, въ какихъ производится вываріваніе нафты; оно помѣщается на подкладкахъ. Въ нижней части ящика находится желѣзная трубка, сообщающая ящикъ съ паровымъ котломъ; въ ней кранъ a, который открывается, когда нужно кипятить растворъ; часть трубки, лежащая въ ящикѣ, имѣетъ нѣсколько отверстій.- Когда дерево заложено въ ящикъ, то краны a открываютъ и впускаютъ паръ для нагрѣванія раствора. Послѣ часоваго нагрѣванія кранъ закрываетъ и растворъ охлаждается; когда температура его понизится до 40°, открываютъ ящикъ, перекачиваютъ растворъ во второй ящикъ и дерево выгружаютъ. Для успѣшности работы у одного котла бываетъ 3 ящика; каждый изъ нихъ порознь соединенъ съ нижней трубкой. Операція производится такъ: въ одномъ растворѣ нагрѣвается, въ другомъ охлаждается, въ третьемъ производится разгрузка и нагрузка дерева. Когда въ третьемъ ящикѣ дерево нагружено, въ него перекачиваютъ растворъ изъ втораго, который въ свою очередь разгружаютъ и т.д. Для большей полноты насыщенія дерева растворомъ, его иногда искусственно нагрѣваютъ.

Какъ примѣръ разсмотримъ способъ употребляемый для пропитыванія дерева на Баварской восточной желѣзной дорогѣ. Онъ состоитъ въ слѣдующемъ: (Таб.1 фиг.17) растворъ наливается въ чанъ A, помѣщенный на высотѣ 12 mèt отъ поверхности земли. По трубкѣ e растворъ входитъ въ горизонтальную трубу ab и изъ нея уже по трубкамъ f онъ входитъ въ стѣнки дерева, подъ давле-

ніемъ столба жидкости, высотою въ 12 metr, т.е. подъ давленіемъ большимъ атмосфернаго. Бревна обращаются комлями къ трубкѣ ав и съ нихъ кора не снимается въ продолженіе всего процесса пропитыванія, такъ какъ тогда растворъ выходилъ бы съ боковъ краями. Трубки f дѣлаются каучуковыми съ металлическими наконечниками, которыми онѣ входятъ въ комли. Вытекшій изъ верхнихъ краевъ растворъ попадаетъ на желобки К и К1, которыми онъ отводится въ резервуаръ С, откуда помощью насоса накачивается опять въ трубу ef. Способъ этотъ однако не совершенъ, ибо пропитываніе краевъ неравномѣрно, - лучше снаружи и хуже внутри, кромѣ того онъ неприложимъ для балокъ, шпалъ и вообще для дерева, съ котораго снята кора.

Самымъ дѣйствительнымъ средствомъ для предохраненія дерева отъ гніенія въ настоящее время считается креозотированіе. Креозотированіемъ дерева называютъ пропитываніе его подъ болѣе или менѣе высокимъ давленіемъ, дегтярными маслами, получающимися отъ перегонки (при средней температурѣ 235°С) каменно угольнаго дегтя - побочнаго продукта при газовомъ производствѣ. Перегонка эта производится въ закрытыхъ чугунныхъ ретортахъ, нагрѣваемыхъ пламенемъ снизу и съ боковъ. Дегтярныя масла, способныя дистиллироваться при данной температурѣ, - отводятся въ холодильникъ, который представляетъ рядъ трубъ - длиною въ 100 м болѣе метровъ, гдѣ они охлаждаются и спускаются въ отдѣльные резервуары. Изъ ста частей обыкновеннаго каменно-угольнаго дегтя получается средними числами отъ 60 до 66 частей дегтярныхъ маслъ, содержащихъ до 20% карболовой кислоты. Эти то дегтярныя масла въ техникѣ называются, и справедливо, совершенно неправильно креозотомъ.

Пропитываніе дерева дегтярными маслами введено было въ Англіи Bethell'емъ въ 1838 году и названо было имъ креозотированіемъ. Въ это же время онъ ввелъ въ употребленіе особый аппаратъ для креозотированія, су-

щественныя черты устройства котораго удержались до настоящаго времени. Опыты сдѣланные въ то время надъ этимъ способомъ обработки дерева дали блестящіе результаты; такъ нѣкоторые шпалы, положенныя на одной желѣзной дорогѣ въ Англіи, предварительно подвергнуты креозотированію, прослужили до 32 лѣтъ. Такой успѣхъ далъ возможность быстро распространиться этому способу, особенно въ тѣхъ странахъ, гдѣ дерево сравнительно очень дорого, какъ напримѣръ въ Англіи. Чтобы креозотированіе дало хорошіе результаты, необходимо употреблять дегтярныя масла не слишкомъ большой летучести, но достаточно жидкія, способныя проникнуть въ поры дерева. Точка кипѣнія должна лежать между 180°—400°, что всегда необходимо имѣть въ виду при добываніи ихъ. Если температура при перегонкѣ будетъ превышать 400, то вмѣстѣ съ требуемыми продуктами перегонки, будутъ переходить и болѣе тяжелыя, вредныя для успѣшнаго креозотированія, масла. Если же температура будетъ ниже извѣстнаго предѣла (180°), то будутъ получаться очень легкіе продукты. Наивыгодѣйшая температура считается 235°C. Средній удѣльный вѣсъ дегтярныхъ маслъ, полученныхъ отъ перегонки каменно-угольнаго дегтя при этой температурѣ бываетъ отъ 1 до 1,1.

Дѣйствіе креозота на дерево состоитъ во первыхъ въ томъ, что онъ, проникая въ поры дерева, свертываетъ древесные соки и дѣлаетъ ихъ нерастворимыми, и во вторыхъ, запоминаетъ всѣ поры дерева, дѣлая ихъ такимъ образомъ совершенно недоступными для воды и воздуха, отчего жизнь дерева становится невозможными, такъ какъ ни вода, ни воздухъ совершенно не дѣйствуютъ на креозотъ. Дерево, хорошо пропитанное креозотомъ не способно уже поглощать воду, что подтверждается тѣмъ, что дерево, находившееся нѣкоторое время въ водѣ не измѣняетъ своего вѣса.

Перейдемъ теперь къ самой операціи креозотированія, какова она произво-

дится на одном заводе в Баварии; оно состоит из следующего: [illegible] фиг. 1) цилиндр, предварительно хорошо высушенный, пользуется в железной клепанной цилиндр A с одним отъемным дном; он разложены в ряды по длине при небольших промежутках, в 4 особых железных вагонах B, которые вкатятся в цилиндр по рельсам C, прикрепленным к бокам цилиндра и остается там во все время операции. Когда вагоны введены в цилиндр, закрывают герметически отъемное дно и пускают в ход воздушный насос D; после последовательного действия его воздух в цилиндр разрежается до $\frac{1}{4}$ атмосферы; после этого действие насоса замедляют и насос продолжает работать еще $\frac{1}{2}$ часа, причем поддерживается тоже давление, так как воздух продолжает еще выделяться из древесных пор. Потом открывают кран E в трубу, соединяющей цилиндр с резервуаром I, наполненным креозотом, и жидкость под влиянием атмосферного давления поднимается по трубке ME до клапана F; прекращают действие воздушного насоса D; закрывают клапан F и пускают в ход магнетательный насос G. Насос G действует до тех пор, пока давление в цилиндре, указываемое манометром k, достигнет до 9 атмосфер; такое высокое давление поддерживается медленным ходом насоса, около часа приблизительно. Затем останавливают действие насоса, отчего жидкость под влиянием внутреннего давления в цилиндр, вытекает обратно в резервуар; давление при этом быстро падает до одной атмосферы; после этого открывают уже воздушный кран M и остаток жидкости в цилиндре под действием собственного веса переливается также в резервуар I. Тогда открывают крышку цилиндра и вывозят вагоны со шпалами. На одном из существующих устройств в Баварии, насосы G и D приводятся паровою машиною; паровой котел который служит также и для отопления паровой сушилки и для нагревания в зимнее время креозота, находящегося в резервуаре I. Сушилка,

существующая на этом заводе имеет слѣдующее устройство: (Таб. II фиг 2)
А помѣщеніе для вагоновъ со шпалами, вводимаго туда по рельсамъ В; С трубы, по которымъ вводится паръ, нагрѣвающій сушилку; D труба, служащая для вентиляціи сушилки; Е - пустоты, предохраняющія сушилку отъ излишней потери теплоты. Количество креозота, необходимое для пропитыванія 1 кубическаго метра (10 шпалъ) дерева средними числомъ считаютъ на означенномъ заводѣ 120 klg., иногда больше, рѣдко меньше.

Въ Англіи и Бельгіи расходуютъ 150 klg. на 1 куб. метръ. Во Франціи до 200; въ Германіи на одинъ кубическій футъ дерева полагается отъ 8-10 прусскихъ фунтовъ креозота. Срокъ службы креозотированныхъ шпалъ зависитъ отъ мѣстныхъ условій и главнымъ образомъ отъ почвы, на которой уложены шпалы; среднимъ числомъ его можно считать 20 лѣтъ, на что указываютъ и слѣдующіе примѣры. На Парижскую выставку въ 1864 году Бретелемъ были представлены шпалы, просуществовавшія отъ 16 до 20 лѣтъ и почти ни сколько не попортившіяся. Въ Бельгіи изъ 100 шпалъ, просуществовавшихъ около 18 лѣтъ, - 30 шпалъ оказались еще годными для дальнѣйшаго употребленія. Въ Германіи посль двадцати лѣтъ службы часть шпалъ была еще совершенно цѣлы.

Чтобы судить о выгодности обработки шпалъ тѣмъ или другимъ способомъ, необходимо принять въ разсчетъ, какъ стоимость того или другого способа, такъ и среднюю продолжительность службы шпалъ. Если положимъ сроки шпалъ съ укладкой на шпалъ a, стоимость обработки b, а срокъ службы n, то отношеніе $\frac{a+b}{n}$ будетъ выражать собою среднюю стоимость годичной службы шпалы. Для необработанной шпалы, полагая срокъ ея службы n_0, годичную стоимость ея службы будетъ выражена отношеніемъ $\frac{a}{n_0}$. Посмотримъ теперь при какой цѣнѣ a, данный способъ обработки шпалъ можно считать выгоднымъ. Для этого предполагаемъ, что стоимости годичныхъ службъ обработанной шпалы и необработанной равны мет-

ду собою, т.е. $\frac{a+b}{n} = \frac{a}{n_0}$; $an_0 + bn_0 = an$; $a = \frac{bn_0}{n-n_0} = \frac{b}{\frac{n}{n_0}-1}$,

принимая среднюю продолжительность службы шпалы обработанных креозотом: $n=20$; $b=60$к. и для необработанной шпалы $n_0=5$, получим:

$$a = \frac{b}{\frac{n}{n_0}-1} = \frac{60}{\frac{20}{5}-1} = 20к$$

• Следовательно при цене шпалы в 20к., годичная стоимости службы тех и других шпал равны. Действительно:

$$\frac{a+b}{n} = \frac{20+60}{20} = 4к; \qquad \frac{a}{n_0} = \frac{20}{5} = 4к.$$

При всякой цене большей найденной, способ обработки креозотом будет выгоден, ибо у дробей, выражающих годичную стоимость, знаменатели равны, и дробь, у которой знаменатель менше, увеличивается очевидно быстрее при увеличении числителя на одинаковое число единиц. Въ самомъ дѣлѣ, предполагая, что стоимость шпалы увеличилась, напримѣръ на 10к., мы имѣемъ: $\frac{a+b}{n} = \frac{30+60}{20} = 4,5$; $\frac{a}{n_0} = \frac{30}{5} = 6$,

что ясно показываетъ на выгодность креозотированія.

Надо замѣтить, что и при одинаковой стоимости шпалъ, способъ креозотированія имѣетъ большее преимущество въ экономіи лѣса, потому что по этому способу идетъ шпалъ въ четверо менше въ каждыя двадцать лѣтъ. Если извѣстно a, для данной мѣстности, то можно опредѣлить при какомъ b данный способъ можетъ считаться выгоднымъ.

$$\frac{a+b}{n} = \frac{a}{n_0} \quad ; \quad b = \frac{a(n-n_0)}{n_0} = a\left(\frac{n}{n_0}-1\right)$$

и слѣдовательно, при всякомъ b, меньшемъ найденнаго, способъ обработки будетъ выгоденъ. Величина b для различныхъ способовъ обработки-различна; наивыгоднѣйшій способъ обработки для данной мѣстности при извѣстномъ a опредѣлится числовой величиной отношенія $\frac{a+b}{n}$ для различныхъ способовъ обработки. Тотъ изъ способовъ будетъ выгоднѣе, для котораго это отношеніе будетъ наименьшее. Всѣ эти способы обработки дерева нами разсмотрѣнные, умалчивая неупомянутыми еще въ сознаніи никакого по-

ти применения; в замену этого у нас, как средство, предохраняющее дерево отъ гниения, употребляется бучливание и осмаливание. Обучливание считается довольно хорошимъ и дешевымъ средствомъ; оно съ удобствомъ применяется, напримѣръ, для столбовъ, вкапываемыхъ въ землю, при чемъ обучливаютъ только наружные слои древесины, такъ назыв. заболонь, какъ часто наиболѣе обильную растительными соками и слѣдовательно наиболѣе подверженную гніенію. Осмаливанію подвергаютъ деревья, назначенныя лежать въ водѣ; также концы балокъ, закладываемыхъ прикладкъ стѣнъ. Осмаливаніе съ одного раза считаютъ недостаточнымъ и потому его повторяютъ нѣсколько разъ. У насъ иногда концы балокъ для предохраненія отъ гніенія обертываютъ берестою.

Механическая обработка дерева.

1. Рубка и ручная распилка лѣса.

Рубка лѣса у насъ производится зимою съ Ноября, и до конца Марта, распилка весною. Лѣсъ рубится зимою по многимъ причинамъ: во первыхъ дерево зимою - сухе, содержитъ менѣе древеснаго сока, во вторыхъ рубка и вывозка лѣса по санному пути зимою всегда дешевле обходится, такъ какъ рабочій трудъ въ это время года у насъ ниже и наконецъ въ третьихъ, дерево, срубленное зимою, успѣетъ въ сухой зимней атмосферѣ къ весни, т.е. ко времени распилки, достаточно уже просохнуть.

По нѣкоторымъ испытаніямъ оказывается, между прочимъ, что дерево срубленное лѣтомъ, не уступаетъ въ долговѣчности дереву, срубленному зимой.

Такъ въ Англіи пробовали строить суда изъ лѣса зимней и лѣтней рубки: результаты, въ отношеніи долговѣчности, оказались одинаковы. Но если это и справедливо, то все таки зимнюю рубку, по вышеперечисленнымъ причинамъ, слѣдуетъ предпочесть. Срубленное дерево очищается отъ сучьевъ и оста-

ляется лежать до весны въ корѣ, которая и снимается передъ распилкой.

Если лѣсъ назначается въ распилку поздно лѣтомъ, или желаютъ въ видѣ сплавлять его, то кору снимаютъ съ наступленіемъ весны, иначе подъ корой появится червь. Ручная распилка зимою допускается рѣдко, только въ исключительныхъ случаяхъ: мерзлая кора трудно отдѣляется, а дерево трудно пилится. На лѣсопильныхъ заводахъ распилка идетъ лѣто и зиму въ теплыхъ помѣщеніяхъ. Ручная распилка производится слѣдующимъ образомъ: съ дерева снимается кора, назначаются помощью снура (намѣленнаго) линіи распила; затѣмъ дерево помѣщаютъ на козлахъ вышиною отъ 2½ до 3 арш., гдѣ и закрѣпляется клиньями. (Таб. II фиг. 3) Когда распилка производится въ большомъ количествѣ, или когда распиливаемыя деревья особенно тяжелы, то предпочитаютъ вмѣсто козелъ выкапывать ровъ, глубиною отъ 2½ до 3 арш.

Поперекъ такого рва кладутся два бруса, на которыхъ помѣщаютъ предназначенное къ распилкѣ дерево и укрѣпляютъ его такими клиньями. Здѣсь уже не надо подымать дерево, какъ при употребленіи козелъ, а просто вкатывать.

Распилка производится двумя рабочими, изъ которыхъ одинъ стоитъ внизу, другой наверху. Пила употребляемая при продольной распилкѣ имѣетъ зубья рѣжущія только при нисходящемъ движеніи, такъ что сопротивленіе дерева распилу приходится преодолѣвать главнымъ образомъ нижнему рабочему; рабочій же, стоящій на верху, только подымаетъ пилу и направляетъ ее по линіи распила, - давленіе его на пилу при нисходящемъ движеніи парализуется гибкостью пилы. Для правильнаго дѣйствія пилы необходимо, чтобы линія, соединяющая вершины зубьевъ была наклонна къ направленію движенія пилы. Въ самомъ дѣлѣ, (Табл. II фиг. 4) тогда при вертикальномъ движеніи пилы, зубъ а будетъ срѣзывать слой толщиной e; слѣдующій зубъ в будетъ срѣзывать тоже слой дерева толщиной e и т.д., т.е. всѣ зубья пилы будутъ находиться въ дѣйствіи. На основаніи этого соображенія, пилы, дѣйствую-

щія при нисходящемъ движеніи, дѣлаются ниже сверху. Поэтой же причинѣ двуручныя пилы, употребляемыя при поперечной распилкѣ дѣлаются уже въ срединѣ. Зубья такой пилы могутъ рѣзать и въ ту и въ другую сторону и представляютъ равносторонніе треугольники. Мы предполагали въ 1^ом^ случаѣ, что линія движенія пилы есть вертикальная; но на самомъ дѣлѣ она не можетъ быть такою: при всемъ стараніи, рабочій не въ состояніи сообщить пилѣ вертикальнаго и прямолинейнаго движенія; — пила всегда будетъ двигаться по нѣкоторымъ кривымъ. Это невольное отступленіе оказывается между прочимъ очень выгоднымъ. Въ самомъ дѣлѣ, пусть верхняя рукоятка перемѣщается по линіи aa', а нижняя по bb' и предположимъ для простоты, что линія соединяющая верхнюю рукоятку съ нижней совпадаетъ съ линіей зубьевъ. Возьмемъ два крайнія положенія пилы ab, a'b' и какое нибудь среднее a"b": видимъ, что линія распила будетъ выходить кривою. (Таб. II фиг. 5)

Такимъ образомъ, если предположимъ, что пила движется внизъ, то рѣзаніе будетъ происходить сначала въ нижней части; будетъ сниматься слой a; далѣе, измѣняя свое положеніе, пила будетъ снимать слой b, затѣмъ слой c и т.д.

Очевидно, что такое снятіе слоевъ представляетъ большое удобство для выхода опилокъ изъ подъ зубьевъ пилы. (Таб. II фиг. 6)

Замѣтимъ, что нѣкоторыя лѣсопильныя машины устроены такъ, что движеніе ихъ пилъ уподобляется ручному.

II. Лѣсопильныя машины.

Ручная распилка дерева есть, такъ сказать, самый примитивный способъ обработки дерева. Въ замѣнъ ручной работы съ давнихъ поръ введены были лѣсопильныя машины, упрощающія и удешевляющія работу. Первое появленіе машины, относящейся къ распилкѣ дерева, илы, по нѣкоторымъ указаніямъ, видѣли въ 14^мъ^ столѣтіи. Въ настоящее время мы встрѣчаемъ самыя разнообразныя типы лѣсопильныхъ машинъ.

Всѣ они однако по принципу могутъ быть отнесены къ слѣдующимъ 3-мъ категоріямъ:

1.) Лѣсопилки съ прямыми пилами.

2.) ——— съ круглою пилой.

3.) ——— съ безконечной ленточной пилой.

Первый видъ лѣсопилокъ называется собственно лѣсопильными машинами, второй и третій – лѣсопильными станками.

1.) Лѣсопилки съ прямыми пилами.

Раздѣляются на лѣсопилки съ вертикальными пилами – вертикальныя лѣсопилки и на лѣсопилки съ горизонтальными пилами – горизонтальныя лѣсопилки. Вертикальныя лѣсопилки вообще строятся металлическими, и хотя есть вертикальныя лѣсопилки, называемыя деревянными, но въ нихъ все таки, за исключеніемъ стоекъ и мантуна, всѣ остальныя части дѣлаются металлическими. Деревянныя лѣсопилки въ видахъ устойчивости непремѣнно должны быть связаны съ потолочными и половыми балками зданія, хотя это съ другой стороны и неудобно, ибо осадка зданія имѣетъ вредное вліяніе на лѣсопилку, разстраивая ее.

Типъ вертикальной лѣсопилки съ деревянными стойками. (Таб. II фиг. II –

Главная составная часть этой лѣсопилки есть желѣзная рама или деревянная, въ которой въ вертикальномъ положеніи закрѣпляется рядъ пилъ; эти пилы всегда располагаютъ на равномъ разстояніи одна отъ другой, чѣмъ и достигается одинаковость въ толщинѣ получаемыхъ досокъ. Рама получаетъ прямолинѣйное возвратное движеніе въ вертикальномъ направленіи между двумя стойками, которыя вверху связаны съ потолочными балками, а внизу съ чугунною плитою, опирающеюся на каменный фундаментъ. Движеніе рамѣ сообщается отъ горизонтальнаго коленчатаго вала помощью мантуна, причемъ для сообщенія рамѣ правильнаго движенія пользуются

направляющия аа, прикрѣпленныя къ стойкамъ. Растиливаемое дерево помѣщается на деревянной платформѣ. Эта платформа состоитъ изъ двухъ продольныхъ брусковъ b, b, охватывающихъ стойки и лесопилки и связанныхъ по концамъ поперечинами. Снизу эти бруски имѣютъ зубчатыя рейки, сцѣпляющіяся съ шестернями, насаженными на горизонтальной оси.

Но платформа не имѣетъ на этихъ шестернях, а къ ней прикрѣпляется нѣсколько роликовъ, опирающихся на два продольно-положенные рельса, благодаря чему она и можетъ свободно катиться въ продольномъ направленіи. Растиливаемый край помѣщается на платформѣ на деревянныхъ подкладкахъ и укрѣпляется помощью тисковъ, которыхъ обыкновенно принято устраивается 4; — изъ нихъ 2 находятся на одномъ концѣ платформы и 2 на другомъ.

Во время дѣйствія лесопилки платформа получаетъ вмѣстѣ съ растиливаемымъ краемъ поступательное движеніе по направленію стрѣлки съ опредѣленной скоростью. Это перемѣщеніе платформы или питаніе бываетъ двоякаго рода: или непрерывное, или періодическое. Въ послѣднемъ случаѣ рама движется только при восходящемъ движеніи пилъ, т.е. когда онѣ не рѣжутъ, — при нисходящемъ же движеніи она остается неподвижною.

Непрерывное питаніе устраивается только въ небольшихъ лесопилкахъ, ввиду упрощенія устройства механизма. Періодическое же питаніе устраивается въ лесопилкахъ большихъ, при чемъ движеніе платформы сообщается посредствомъ храпового колеса, насаженнаго на ось зубчатыхъ колесъ c, c и собачки m. Собачка эта находится на концѣ рычага mn, приводимаго въ качательное движеніе помощью тяги D эксцентрика, сидящаго на валу A. Этотъ эксцентрикъ долженъ быть расположенъ такимъ образомъ, чтобы при восходящемъ движеніи пилъ, собачка захватывала храповое колесо и вращала его. Для удержанія храповаго колеса отъ обратнаго вращенія имѣется дру-

гая собачка i.

Питающій механизмъ. Правильность питанія при надлежащей установкѣ эксцентрика зависитъ отъ размаха рычага m n, (Таб. II фиг. 7) насаженнаго на ось храповаго колеса и приводимаго въ качательное движеніе тягою D эксцентрика. Для регулированія размаха качательнаго движенія рычага m n, въ немъ помѣщается прорѣзъ, въ которомъ движется гайка p, соединяющаяся съ тягой эксцентрика. Въ гайку эту входитъ винтъ q, поворачивая который, мы можемъ измѣнять величину плеча op, а слѣдовательно и размахъ качанія рычага и собачки m.

Неудобство этого механизма состоитъ въ томъ, что питаніе никогда не происходитъ въ опредѣленный моментъ: собачка m часто не попадаетъ сразу въ углубленіе между зубьями, потому прежде нежели станетъ вращать храповое колесо, нѣкоторое время еще скользитъ по зубцу колеса. Поэтому, чтобы нѣсколько уменьшить это неудобство, храповое колесо часто составляется изъ 3 или даже изъ 4 хъ колесъ, причемъ зубья этихъ колесъ идутъ въ перемежку. Иногда же вмѣсто одной собачки m, дѣлаютъ двѣ или три; тогда уже храповое колесо нѣтъ надобности составлять изъ нѣсколькихъ колесъ.

Какъ въ первомъ, такъ и второмъ случаѣ шагъ храповаго колеса очевидно уменьшается. (Таб. II фиг. 8)

Тиски, служащіе для укрѣпленія крана. (Таб. II фиг. 9) Состоятъ изъ рычага M, вращающагося свободно на оси N, укрѣпленной въ грузѣ b. Сквозь колѣно этого рычага проходитъ винтъ S съ рукоятью T на одной сторонѣ и съ зазубринами на другой. Употребленіе тисовъ понятно изъ рисунка.

Магнитной механизмъ. Устраивается въ томъ мѣстѣ, гдѣ производится растяжка и мѣшаетъ двумъ воспрепятствовать поднятію крана при поднятіи тяжелой рамы. Онъ состоитъ изъ рычага, (Таб. II фиг. 10) имѣющаго ось вращенія въ M съ грузомъ t. Въ средней части рычага дѣла-

ется прорѣзъ, въ который входитъ стержень D, оканчивающійся клинкой; клинка служитъ для укрѣпленія катка. Съ изнашиваніемъ діаметра растирающаго катка, приходится измѣнять и длину стержня D, для чего на верхнемъ концѣ его и сдѣланы отверстія. Рѣчачъ ti долженъ быть во всякомъ случаѣ горизонталенъ.

Процессъ растиранія. На представленной фигурѣ (Табл.3 фиг. 1.2) изображены въ платформа, e'-растирающій катокъ, kk-пилы, f и g-подкладки и наконецъ 1,2,3,4-тиски. Платформа въ всегда дѣлается длиннѣе катка. Процессъ растирки состоитъ въ слѣдующемъ: рама прогоняется въ лѣвую сторону (впередъ) и на нее кладется катокъ, при чемъ закрѣпляются тиски 2 и 4. Затѣмъ приводятъ въ движеніе пилы и накладываютъ собачку m, отчего катокъ съ платформой получаетъ поступательное движеніе въ правую сторону (назадъ). Такимъ образомъ растирка начата. Далѣе, какъ скоро катокъ растирается настолько, что конецъ его e' опойдетъ на извѣстное разстояніе отъ пилъной рамы, подкладываютъ подъ конецъ e' новую подкладку и закрѣпляютъ по другую сторону рамы тиски 1, раскрѣпивши предварительно прорѣзы катка съ цѣлью предоставить пилами больше простора. Затѣмъ отвинчиваютъ тиски 2 и выколачиваютъ подкладку g. Послѣ этого катокъ можетъ двигаться до тѣхъ поръ, пока къ пилъной рамѣ не подойдетъ подкладка f. Въ это время закрѣпляютъ тиски 3, находящіяся по другую сторону рамы, выколачиваютъ подкладку f и откладываютъ тиски 4. Послѣ этого катокъ растирается до конца. Когда растирка кончилась, останавливаютъ движеніе рамы, откидывая собачку m; вынутъ съ этимъ прекращаютъ и движеніе пилъ. Затѣмъ снявши предварительно полученныя отъ растирки доски, прогоняютъ раму впередъ, при чемъ это обратное перемѣщеніе рамы достигается помощью особой ременной передачи R.

Растирка эта съ большимъ удобствомъ применяется во растиран-

ванію кривыхъ краевъ, такъ какъ правильность распилки не зависитъ отъ формы краяа — было бы только правильно движеніе пильной рамы и пилформы. Но лѣсопилка эта сложна и тяжела на ходу, ибо вѣсъ платформы довольно значителенъ. Поэтому для деревьевъ драгоцѣнныхъ (сосна, ель и др.) предпочитаютъ другой типъ лѣсопилокъ, какъ болѣе простой и удобный, который приписываютъ Англійскому строителю Worsam'у; первая изъ нихъ была построена имъ въ 1859 году. Главнѣйшее отличіе этой лѣсопилки отъ лѣсопилки перваго рода состоитъ въ отсутствіи платформы. Здѣсь край помѣщается на двухъ тележкахъ, движущихся по рельсамъ; питаніе же его достигается двумя особыми вальками (питательными) a и a', между которыми онъ прижимается двумя другими (напирными) в и в'.

Въ лѣсопилкѣ Worsam'a рама съ пилами также приводится въ движеніе матушкомъ съ коленчатымъ валомъ. Иногда раму приводятъ въ поступательное движеніе 2^мя матушками, тогда онѣ соединяютъ не съ серединой нижняго бруса рамы, а съ средними боковыми ея брусьевъ. (Таб 3. фиг. 3)

При различныхъ діаметрахъ распиливаемыхъ краевъ, разстояніе между вальками a, в и a', в' должны быть измѣняемы, что достигается перемѣщеніемъ вальковъ в и в' въ вертикальномъ направленіи, посредствомъ маховичковъ с и с'. Питаніе края періодическое; именно, край передвигается по питательнымъ вальками при восходящемъ движеніи рамы. Питаніе достигается храповымъ колесомъ, насаженнымъ на оси К и собачки, находящейся на концѣ рычага R, получающаго колебательное движеніе отъ эксцентрика, сидящаго на коленчатомъ валу; на оси храповаго колеса, насажено зубчатое колесо, передающее движеніе двумъ шестернямъ, насаженнымъ на оси питательныхъ вальковъ, черезъ что вращаются и самые вальки — оба въ одну сторону. Вальки a и a' получаютъ свое движеніе отъ К, К', К".

Станина лѣсопилки обыкновенно чугунная и устанавливается на камен-

ломъ-фундаментъ. Такая установка лъсопилки имъетъ то преимущество передъ установкой деревянной лъсопилки, что при сооружаніи зданія, въ которомъ она находится, въ ея деталяхъ не является растройства.

Просмотримъ процесъ растиливанія краяна. Прежде всего кладутъ край средней на тельжку В, концомъ на вилку а', опускаютъ пилящій в' и пускаютъ машину въ ходъ, накинувъ собачку на храповикъ. Когда край растилится аршина на 2, то подводятъ другую тельжку А подъ край и опускаютъ пилящій в

Въ это время край будетъ лежать на обоихъ тельжкахъ и обоихъ питательныхъ вилкахъ. Когда тельжка В подойдетъ къ лъсопильной рамъ, то тиски отвертываютъ. Устройство тисокъ, прикрѣпляющихъ край къ тележкамъ, допускаетъ перемѣщеніе его въ вертикальной плоскости и такимъ образомъ край всегда можетъ помѣститься на питательныхъ вилкахъ; тиски эти принадлежатъ перемѣщаться краю въ горизонтальномъ направленіи. Растиливаніе этой лъсопилкой производится быстрѣе, такъ какъ оно непрерывно и для приведенія ея въ дѣйствіе требуется меньшее число силъ, такъ какъ всѣ подвижныя частей, а слѣдовательно и вредныя сопротивленій меньше, нежели въ лъсопилкѣ съ платформой

Питательныя вилки дѣлаются изъ стали или чугуна. Лучшими считаются вилки изъ литой стали; они дѣлаются зубчатыми по направленію оси и потомъ посредствомъ нѣсколько еще два рѣза, сегментообразныя для врѣзыванія въ край и направленія его въ горизонтальной плоскости.

Діаметръ средины такихъ вилковъ больше чѣмъ краевъ (Табл. 3 фиг. 4)

Чугунныя вилки дѣлаются нѣсколько иной формы, - зубчатые съ проточками (Табл. 3 фиг. 5)

Въ лъсопилкахъ Woxiam'a рама съ шатуномъ соединяется помощью шарнира a, соединеннаго съ поперечиной cb. (Табл. 3 фиг. 6). Это соединеніе имѣетъ то преимущество, что если положеніе приводного вала нѣсколь-

ко изгибается, то, хотя соответственно этому изгибается также положение шатуна, но сама рама остается в прежнем положении.

Robinson соединяет поперечину ползуна с шатуном, как показано на (Табл. 3 фиг. 7).

Разсмотрим теперь различные способы питания, т.е. перемещения дерева в вертикальных плоскостях. Этих способов существует три:

1.) Периодическое питание, совпадающее с восходящим движением рамы;

2.) Периодическое питание, совпадающее с нисходящим движением рамы, т.е. в период резания;

3) непрерывное питание.

Разберем каждый способ отдельно. По первому способу питания, дерево в период резания остается неподвижно; из устройства же описанных вертикальных плоскопилок нам известно, что движение пилы вертикально; следовательно для того, чтобы все зубья пилы участвовали в резании, а не только один пилин, необходимо, чтобы линия зубьев с направлением движения пилы составляла некоторый угол φ, (Табл. 3 фиг. 8) который находится в известном соотношении с ходом пилы - h, и величиной питания - δ. Пусть ab будет линия зубьев при верхнем положении пилы, а $a'b'$ - при нижнем; тогда $a'b$ будет представлять глубину прореза, соответствующую одному ходу пилы, при чем $a'b = h\,tg\varphi$, где h есть ход пилы $= aa'$.

Когда пила поднимется вверх, то для того, чтобы резание началось снова, дерево необходимо подвинуть вправо на величину сделанного прореза $a'b$, следовательно $a'b$ есть вместе и величина питания δ, соответствующая одному ходу рамы, поэтому .... $\delta = h \cdot tg\varphi$, откуда

$$tg\varphi = \frac{\delta}{h},$$

что и выражает зависимость φ от δ и h. Если желают иметь ширину пилы

обозначимъ черезъ B, а длину пилы черезъ $\dot{I}$, то верхняя ширина ея B' будетъ:

$$B' = B + \dot{I} tg\varphi = b + \dot{I}\frac{\delta}{h}.$$

Разсматривая профиль прорѣза, полученнаго посредствомъ движенія пилы, мы видимъ, что онъ состоитъ изъ треугольныхъ выступовъ d, d, d, (Таб. 3 фиг. 9) надъ линіей зубьевъ. Если предположимъ, что питаніе начинается въ тотъ моментъ, когда пила станетъ подниматься вверхъ, то движеніе зубьевъ пилы, относительно дерева, будетъ слагаться изъ вертикальнаго перемѣщенія h и горизонтальнаго δ, взятаго въ направленіи, противоположномъ дѣйствительному перемѣщенію дерева. Изъ чертежа видно, что это составное движеніе будетъ совпадать съ направленіемъ ав, линіи зубьевъ; но при такомъ движеніи зубья встрѣтятъ на пути всѣмъ выступы профиля d, d, d, и послѣдовательно срѣжутъ ихъ своего задняго грани.

Такое рѣзаніе невыгодно такъ какъ уголъ рѣзанія при этомъ будетъ тупой ваf.

Для устраненія этого неудобства нужно только замедлить начало питанія на время поднятія пилы на разстояніе ск = разстоянію между зубьями, чтобы такимъ образомъ получить на это время одно только движеніе зуба вертикальное. Такое замедленіе питанія можетъ быть достигнуто различными путями. Нѣкоторые строители полагаютъ, что достаточное замедленіе питанія должно явиться само собою, вслѣдствіе податливости рычаговъ и шарнировъ питательнаго механизма, а также отъ того, что собачка этого механизма, прежде чѣмъ повернуть храповое колесо, скользитъ нѣкоторое время по его зубу. Но такое замедленіе не правильно и на него нельзя разсчитывать. Болѣе правильное замедленіе можетъ быть получено передъ постановку эксцентрика, приводящаго въ движеніе собачку питательнаго механизма, подъ нѣкоторый уголъ β (Таб. 3 фиг. 10) къ направленію кривошипа въ его мертвомъ положеніи, соотвѣтствующемъ поднятію рѣзцовъ на высоту ск. Но при такомъ устройствѣ по самому свойству эксцентрика

будетъ замедляться, также и прекращение питания, т.е. онобудетъ продолжаться при опускании рамы на разстояние ск, когда уже началось питание, отъ чего появится боковое давление на пилы, впрочемъ, въ этомъ случаѣ, не опасное, такъ какъ пилы въ это время производятъ рѣзание.

Въ 1859 году англійскій строитель Worssam патентовалъ изобрѣтенный имъ питательный механизмъ, (Табл. 3 фиг. 11.) который онъ назвалъ безшумнымъ (noisless), вслѣдствіе того, что движение его совершается плавно, безъ шума и безъ ударовъ и который обладаетъ между прочимъ свойствомъ замедлять питание. Въ своемъ механизмѣ Worssaim замѣнилъ зубья храпового колеса возвышеннаго питательнаго механизма, желобомъ на его ободѣ, а собачку секторомъ, котораго круговое ребро эксцентрично съ осью его привѣса. Секторовъ подобно собачкѣ два. Въ этомъ механизмѣ замедление происходитъ само собой вслѣдствіе того, что секторъ начинаетъ дѣйствовать не тотчасъ по отклоненіи рычага, а пока онъ не завязнетъ достаточно въ желобѣ колеса.

Получаемое при этомъ замедление бываетъ или постоянно для каждаго качанія рычага, т.е. для каждаго хода пильной рамы, тогда какъ прекращение дѣйствія сектора мгновенно, что легко усматривается изъ самаго механизма. Описанный способъ питанія заключаетъ только одно неудобство, именно то, что при немъ нельзя измѣнять степень питанія — b, не измѣняя h или ζ, тогда какъ b, зависящее отъ породы дерева, съ перемѣной послѣдней должно также измѣняться. Изъ чертежа видно, что если b сдѣлать больше величины a'b, т.е. глубины прорѣза, то въ концѣ восходящаго движения рамы, пилы воздухъ производятъ надвиганіемъ кратно и должны рѣзать пустыми ударами зубьевъ, тогда какъ при b меньшемъ a'b часть нижнихъ зубьевъ пилъ не будутъ совершать соотвѣтственной работы приподнимания пилы. Измѣненія h или ζ для данныхъ пилъ въ нѣкоторыхъ обыкновенныхъ конструкціяхъ невозможно, такъ что измѣненіемъ b приходит-

ся сильнать самыя пилы, замѣняя ихъ другими со иными углами наклона
д. Нужно однако замѣтить, что такая смѣна пилъ случается не часто на
лѣсопильныхъ заводахъ, гдѣ для каждой лѣсопилки назначается въ раздѣлъ
дерево болѣе или менѣе опредѣленной породы, для которой величина б пи-
танія постоянна.

Второй способъ питанія – питаніе періодическое, совпадающее съ движе-
ніемъ движеніемъ рамы. При этомъ способѣ питанія, дерево во время ре-
занія имѣетъ поступательное движеніе, такъ что во все время опусканія
рамы, пила будетъ испытывать боковое давленіе, что составляетъ важный
недостатокъ этого способа питанія. Линія зубьевъ здѣсь вертикальна, т.е.
совпадаетъ съ направленіемъ движенія пилы, такъ что для каждаго зуба
рѣзаніе происходитъ по направленію составнаго движенія, слагающагося
изъ движенія рамы и движенія обратнаго движенію дерева, т.е. по накло-
нымъ линіямъ fa, отъ и т.д. Профиль прорѣза при этомъ способѣ представ-
ляется тогда въ видѣ трехъ угловыхъ выступовъ; e, e, e, e (Табл. 3 фиг. 12)
надъ линіей зубьевъ, вслѣдствіе чего при обратномъ движеніи рамы, кото-
рое должно совершаться вертикально, выступы эти будутъ срѣзаться зад-
ними гранями зубьевъ. Чтобы избѣгнать подобнаго невыгоднаго срѣзыванія, ти-
пающій механизмъ долженъ прекращать подачу дерева ранѣе, нежели рама
займетъ низшее положеніе, именно, на разстояніи fq между двумя сильно-
нымъ зубьями, при чемъ дальнѣйшимъ послѣдующимъ движеніемъ пилъ, всѣ
эти выступы будутъ срѣзаны. При этомъ способѣ питанія, очевидно слѣ-
дуетъ измѣнять b во всякій моментъ, не измѣняя h и q, такъ какъ b не зависитъ
ни отъ хода h, ни отъ угла наклона φ.

Разсмотримъ 3-й способъ питанія – питаніе непрерывное; по этому способу
движеніе органа совершается непрерывно и при восходящемъ движеніи и при
нисходящемъ движеніи пилы; слѣдовательно линія зубьевъ здѣсь должна

быть наклонна въ направленію движенія пилы, чтобы пила не затормаживалась при своемъ восходящемъ движеніи.

Пусть ав (Табл. 3 фиг. 13) представляетъ линію наклона зубьевъ при вертикальномъ положеніи пилы; а'— низшее положеніе зуба а; аа'— величина хода пилы = h; тогда а'в будетъ глубина прорѣза, соотвѣтствующая угламъ наклона зубьевъ, если затылокъ а'а" есть величина питанія при нисходящемъ движеніи пилы, то въ такомъ случаѣ глубина прорѣза будетъ б = а"в.

Движеніе пилы относительно дерева будетъ очевидно составное, и если дерево считать неподвижнымъ, то перемѣщеніе зубьевъ пилы будетъ совершаться въ направленіи аа". Для того, чтобы подъемъ пилы происходилъ свободно а, в должно равняться величинѣ питанія при подъемѣ, а такъ какъ питаніе при подъемѣ и опусканіи равны, то $a'в = aa' = \frac{\delta}{2}$, но изъ чертежа видно, что $a'в = h \operatorname{tg} \varphi = \frac{\delta}{2}$; $\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{2} \frac{\delta}{h}$, т.е. уголъ наклона зубьевъ съ вертикальной линіей вдвое менѣе, чѣмъ въ 1^ый случаѣ. Относительное перемѣщеніе зубьевъ пилы привосходящемъ ея движеніи будетъ очевидно совершаться въ направленіи cf, (Табл. 3 фиг. 14) такъ что выступы, подобные cfa' будутъ срѣзаны при этомъ движеніи и избѣжать этого при непрерывномъ питаніи невозможно, что составляетъ недостатокъ этого способа; другой недостатокъ состоитъ въ томъ, что удаленіе б будетъ перемѣнно пилѣ невозможно, какъ и въ 1^ый случаѣ.

Механизмъ для произведенія питанія непрерывнаго составляетъ обыкновенно фрикціонная передача или передача дисками тренія, какъ представлено на чертежѣ (Табл. 3 фиг. 15) Послѣдній способъ передачи очевидно удобнѣе, потому что при немъ можно удлинять степень питанія, перемѣщеніемъ диска В, насаженнаго на вращающейся винтовой оси, отчего скорость его, а слѣдовательно и подачи дерева будетъ удлиняться.

Этимъ же механизмомъ можно сообщать дереву и обратное движеніе,

перемѣщая доски ниже оси a въ B_1.

Изъ всѣхъ разсмотрѣнныхъ способовъ питанія, первый способъ считается болѣе совершеннымъ, и поэтому чаще другихъ употребляется, особенно, если питаніе производится аппаратомъ Worsam'a. Отношеніе $\frac{\delta}{h}$, а слѣдовательно и уголъ φ опредѣляютъ толщину стружки и зависятъ не только отъ породы дерева, какъ было замѣчено выше, но также и отъ требуемой чистоты распила. Англійскіе строители лѣсопилокъ Worsam, Ransome, Robinson и др. принимаютъ для $\frac{\delta}{h}$ слѣдующія числовыя величины, найденныя изъ опыта:

для твердыхъ породъ (дубъ, букъ, орѣхъ, вязъ, яблоня) $\frac{\delta}{h} = 0{,}005$

для среднихъ —— (сосна, ель, пихта, береза, ясень) $\frac{\delta}{h} = 0{,}01$

для мягкихъ —— (липа, осина, ива, ольха, тополь) $\frac{\delta}{h} = 0{,}012$.

Если обращаютъ на чистоту пилки, то обыкновенно для $\frac{\delta}{h}$ берутъ около $\frac{4}{5}$ отъ показанныхъ выше чиселъ. Чистота распилки зависитъ также и отъ хода пилы h. Чѣмъ больше h, тѣмъ распилъ получится чище.

Большой ходъ пилъ встрѣчается въ лѣсопилкахъ германскихъ; въ англіи же наоборотъ h стараются уменьшить, обращая вниманіе на радіусъ r и устойчивость лѣсопилки. Вообще h должно быть около D, т.е. діаметра крюка. Фрейбергъ рекомендуетъ брать для h величины отъ 1,75 D до 2D.

Worsam же, принимая D за наибольшій діаметръ крюка, распиливаемаго на лѣсопилкѣ, даетъ слѣдующее соотношеніе между D и h:

при D = 12″ — 18″ — 24″ —— 30″

h = 13″ — 16″ —— 19″ —— 29″

Такимъ образомъ для самыхъ толстыхъ крюковъ величина h становится уже неблагопріятной для чистоты распила.

Скорость движенія рамы. Чѣмъ скорость рамы больше, тѣмъ производительнѣе будетъ работа лѣсопилки. Обыкновенно за среднюю ско-

рость пилы берутъ отъ 8 футовъ до 10 футовъ въ секунду; по Worsam'y - 8,5 фута.

Канкельвицъ даетъ для выраженія скорости эмпирическую формулу, по которой скорость получается отъ 9 т до 10 т въ секунду. Если будетъ выбрано отношеніе $\frac{h}{D}$, при чемъ D дано, а также извѣстны V скорость движенія рамы и $\frac{\delta}{h}$, т.е. степень питанія, то не трудно опредѣлить количество растиловъ, выраженное длиною растила въ минуту; если n число колебаній рамы въ минуту, то $V = \frac{2hn}{60}$, откуда: $n = \frac{30V}{h}$.

Обозначая же растилъ въ минуту черезъ δ_n получимъ:

$$\delta_n = n.\delta = \frac{30.V}{h}\delta = \frac{\delta}{h} \cdot 30.V.$$

Движущая сила лѣсопилокъ. Изслѣдованія надъ движущей силой лѣсопилокъ были произведены главнымъ образомъ Шнейдеромъ, Вейсомъ, Гартигомъ. Канкельвицъ воспользовался результатами первыхъ этихъ изслѣдованій и заключилъ ихъ въ эмпирическую формулу; онъ раздѣлилъ работу движущейся лѣсопилки на 2 части; $N = N_1 + N_2$, гдѣ N_1 – работа движущейся пустой лѣсопилки; N_2 – работа фрезы. По его эмпирической формулѣ:

$$N_2 = 2,7\left(1 + \frac{4hS}{\delta}\right)\frac{F}{J},$$

гдѣ h означаетъ ходъ рамы въ метрахъ, δ – толщину пилы въ миллиметрахъ, δ – величину питанія въ миллим. при 1 ходѣ пилы; F – площадь растила въ минуту въ квадрат. метр., 2,7 коэффиціентъ, принимаемый для сосны, ели, ненавшихъ на воздухѣ; для сухого дерева этотъ коэффиціентъ = 3, а для сырого = 2,6. Число пилъ для каждой лѣсопилки зависитъ очевидно отъ толщины досокъ. Обыкновенно принимаютъ:

При Ø = 10" – толщина доски – 1"

——— = 10"–15" ——— " ——— ——— – 1½"

——— = 15"–18" ——— " ——— ——— – 2"

——— = 18"–24" ——— " ——— ——— – 3"

Что касается до величины N_1, то для лѣсопилокъ съ тележками и па-

тающими вилками $N_1 = 1 - 1{,}5$ силы, смотря по величине и часто по конструкции; для лесопилок с платформой:

$$N_1 = 1{,}25 \ldots\ldots 2.$$

Замѣтимъ, что N здѣсь выражаетъ число силъ номинальныхъ, число же дѣйствительныхъ силъ N_e принимаютъ отъ $2N - 2{,}25N$.

Когда для своихъ лесопилокъ съ подвижными тележками и платящими вилками, полагаютъ $N=4$, если наибольшій діаметръ растительнаго кряжа $D = 12''$; $N=6$ — " — " — " — " — " — " — " — $D = 18''$; $N=8$ — " — " — " — " — " — " — " — $D = 24''$; при чемъ они, какъ и всѣ вообще англійскіе строители, считаютъ номинальное число силъ; дѣйствительное же число силъ N_e будетъ въ 2 или 2,5 раза больше.

Уравниваніе хода лесопильной рамы. Такъ какъ лесопильная рама получаетъ прямолинейное возвратное движеніе въ вертикальномъ направленіи и при томъ со скоростью довольно значительной, то для равномѣрности ея хода, необходимо надлежащимъ образомъ уравновѣсить ея подвижныя части, т.е. лесопильную раму и шатунъ. (Табл. 3 фиг. 16) Пусть Q будетъ вѣсъ подвижныхъ частей; S сопротивленіе дерева рѣзанію, приложенное въ средины зуба; Q и Q_1 сопротивленія силъ отъ тренія ихъ въ проводахъ при нисходящемъ и восходящемъ движеніи; R — усиліе, передаваемое по длинѣ шатуна. Переносимъ силу сопротивленія рѣзанію S въ точку O, при этомъ, какъ извѣстно, явится пара силъ, моментъ которой, но въ данномъ случаѣ мы можемъ не разсматривать этой пары.

Разлагаемъ R на X и P, изъ которыхъ первая X даетъ тренія fX рамы въ направляющихъ. При нисходящемъ движеніи рамы получимъ 5 силъ, дѣйствующія по вертикальному направленію, изъ которыхъ P и Q направлены сверху внизъ, а S, Q_1 и fX обратно, слѣдовательно условіе равновѣсія

выразится уравненіемъ:

$$P = S + Q + fx - G.$$

При восходящемъ же движеніи, при второмъ горизонтальномъ положеніи кривошипа, имѣемъ 4 силы вертикальныя: P_1 — дѣйствующая снизу вверхъ: Q_1, G и fx, дѣйствующія сверху внизъ. При этомъ предполагается, что пилка рѣжетъ дерево только при ходѣ пилы сверху внизъ. Условіе равновѣсія будетъ:

$$P_1 = Q_1 + G + fx_1$$

Для равномѣрнаго вращенія вала должно необходимо существовать равенство:

$$R = R_1$$

или ..... $P = P_1$; $x = x_1$ Тогда:

$$S + Q - G = Q_1 + G \text{ ; опредѣляя } G:$$

$$G = \frac{S + Q - Q_1}{2}$$

Q и Q_1 вообще не равны между собой; но на столько мало отличаются другъ отъ друга, что безъ большой погрѣшности можно принять: $Q = Q_1$, а тогда ..... $G = \frac{S}{2}$

Если G дѣйствительно $= \frac{S}{2}$, то слѣдовательно подвижныя части уравновѣшиваютъ сопротивленіемъ дерева рѣзанію, и рама будетъ двигаться равномѣрно. S не есть величина постоянная, она различна не только для разныхъ породъ дерева, но даже для одного и того же бруска измѣняется съ измѣненіемъ его діаметра. Найдемъ среднюю величину S.

$$75 N_2 = (S + Q) v,$$

гдѣ v есть средняя скорость или пильной рамы, а Q величина, подобно S, пропорціональная площади распила, такъ что:

$$Q = a . S.$$

Средняя величина a изъ опытовъ .... $a = 0{,}15$. Подставивъ это, имѣемъ

$$1{,}15 . S = \frac{75 . N_2}{v}$$

$S = \frac{75}{1,15} \cdot \frac{N_2}{v}$ и весь фрамы $G = \frac{S}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{75}{1,15} \cdot \frac{N_2}{v}$.

Примѣръ: Пусть $N_2 = 10$, $v = 8^{\text{т}} = 2,4^{\text{mtr}}$. Тогда:

$$G = \frac{750}{5,5} = 140^{\text{klg}} \sim 9^{\text{пуд.}}$$

Но на самомъ дѣлѣ этого не случается, ибо маятникъ фрамы проектируется главнымъ образомъ по другимъ соображеніямъ, (прочность и удобство) при чемъ не всегда бываетъ возможно сдѣлать вѣсъ подвижныхъ частей = $\frac{S}{2}$. Обыкновенно же G_0 дѣйствительный вѣсъ подвижныхъ частей $> G$; поэтому употребляютъ еще другой способъ для уравновѣшиванія этого избыточнаго вѣса $G_0 - G$. Способъ этотъ состоитъ въ употребленіи маховика, насаженнаго на главный валъ съ противовѣсомъ, помѣщеннымъ между спицами. Насадка маховика для уравновѣшиванія хода инсоники вообще необходима, даже и въ томъ случаѣ, когда $G = \frac{S}{2}$, ибо здѣсь все таки является неравномѣрность хода отъ неодинаковости S^1 и вообще отъ невполнѣ вѣрной конструкціи инсоники.

Маховики дѣлаются приблизительно слѣдующихъ радіусовъ:

при маломъ діаметрѣ, $= 3^1 - 4^1$ вѣсъ маховика $= 10 - 15$ пуд.

— среднемъ —"— —"— $= 4^1 - 5^1$ —"— —"— $= 15 - 20$ —

— большомъ —"— —"— $= 5^1 - 6^1$ —"— —"— $= 20 - 25$ —

Противовѣсъ можетъ быть разсчитанъ слѣдующимъ образомъ: пусть G_0 (Табл. 3 фиг 17.) будетъ дѣйствительный вѣсъ подвижныхъ частей, G — теоретически вычисленный, g — вѣсъ противовѣса маховаго колеса, s — разстояніе центра тяжести противѣса отъ центра вращенія. На точку O (конецъ шатуна) будетъ дѣйствовать сила $G_0 - G$; раскладываемъ ее по направленію горизонтальному и по направленію шатуна. Силою x мы въ данномъ случаѣ пренебрегаемъ а y переносимъ въ точку B, гдѣ опять раскладываемъ по горизонтальному направленію (эту силу также не принимаемъ во вниманіе) и вертикальному; послѣдняя сила очевидно будетъ

$Q_0 - Q$. Въ случаѣ равновѣсія имѣемъ:

$$(Q_0 - Q)r = qS$$

Изъ этого уравненія уже не трудно опредѣлить q, т.е. вѣсъ противовѣса. Но такое полное уравновѣшиваніе будетъ имѣть мѣсто очевидно только для 4^хъ положеній кривошипа Oa, Ob, Oc, Od.

Въ мѣсопилкахъ съ быстрымъ ходомъ (скорость 10^T) находятъ полезнымъ уравновѣшивать самый кривошипъ. Съ этою цѣлью на его противоположномъ концѣ придѣлывается придатокъ A, (Табл. 3 фиг. 18.) вѣсъ котораго разсчитанъ такъ, чтобы кривошипъ, будучи въ горизонтальномъ положеніи, находился бы въ равновѣсіи относительно оси C.

Съ этою же цѣлью иногда вмѣсто кривошипа употребляютъ маятникъ, на которой укрѣпляется пила; (Табл. 3 фиг. 18) A принимая, играющій роль противовѣса для пила B.

Въ мѣсопилкахъ съ непрерывнымъ пилованіемъ пилы очень часто устраиваются такъ, что ихъ линія зубьевъ имѣетъ непаклонное, а вертикальное направленіе; (Табл. 3 фиг. 19) въ этомъ случаѣ зубья дѣлаются въ видѣ равнобедреннаго треугольника и пила можетъ рѣзать при обоихъ ходахъ рамы. Этимъ устройствомъ достигается возможность регулировать пилованіе, какъ во II способѣ. Такъ какъ въ этомъ случаѣ сопротивленіе имѣетъ мѣсто во все время хода пилы, то слѣдовательно полный вѣсъ подвижныхъ частей долженъ быть уравновѣшенъ противовѣсомъ, отчего уравновѣшеніе очевидно будетъ менѣе совершенно.

Уравненіе, изъ котораго опредѣляется вѣсъ примѣнимаго маховика, будетъ имѣть видъ:

$$Q_0 r = qS.$$

Пилы вертикальныхъ мѣсопилокъ. Пилы приготовляются изъ тонкой пластинной стали; средняя толщина ихъ около 2^{mm}, зубья

мъ получаются выдавливаніемъ посредствомъ пресса, послѣ чего ихъ закаливаютъ и отпускаютъ до синяго или фіолетоваго цвѣта.

Профиль зубьевъ пилъ вообще бываетъ весьма разнообразенъ. Предлагаемый чертежъ (Таб. 4 фиг. 1.) представляетъ наиболѣе употребляемый типъ зубьевъ съ прямолинейнымъ очертаніемъ. Ребра ав, а'в'... ...cd суть рѣжущія ребра зубьевъ пилы; для каждыхъ двухъ сосѣднихъ зубьевъ они получаютъ запилъ въ обратныя стороны. Углы рѣзанія α для ребра cd и δ для ребра ав, смотря по породѣ дерева получаютъ различную величину; но они никогда не достигаютъ величины рѣжущаго угла столярныхъ инструментовъ, (45°) чтобы избѣгнуть образованія засоряющей стружки. Величина α можетъ измѣняется въ предѣлахъ (для твердыхъ породъ) около 90° и (для мягкихъ) — 60°. Ребро рѣжущее cd дѣйствуетъ въ передней плоскости прорѣза от, (Табл. 4 фиг. 2.) перерѣзывая волокна дерева поперекъ; ребра-же ав, а'в' — рѣжутъ вдоль направленія от, тр, отдѣляя одно волокно отъ другого. Уголъ $\beta = \alpha - \alpha_1$, берется въ предѣлахъ отъ 22° (твердыя породы) до 30° (мягкія). Разстояніе с опредѣляется размѣромъ зуба и величиною промежутка F, назначаемаго для временнаго помѣщенія опилокъ, т.е. пока соотвѣтствующій зубъ находится въ распиливаемомъ краѣ. Такъ какъ мягкія и сырыя породы дерева даютъ опилокъ сравнительно большіе, чѣмъ твердыя и сухія, то въ зависимости отъ этого и для с и е принимаютъ величины большія, а именно:

Твердыя, сухія породы	Мягкія, сырыя породы
$c = \frac{5}{8}" - \frac{3}{4}"$	$c = \frac{3}{4}" - 1"$
$e = \frac{1}{2}" - \frac{3}{4}"$	$e = \frac{5}{8}" - \frac{3}{4}"$

Ширина зубьевъ f для мягкихъ породъ очевидно можетъ быть взята $\frac{2}{3}$ ея для твердыхъ, т.к. сопротивленіе рѣзанію для нихъ сравнительно меньше. — Для того, чтобы уменьшить треніе пилъ, при движеніи ихъ

въ прорѣзъ дерева, и сдѣлать возможно полное удаленіе опилокъ изъ прорѣза; зубья у пилъ разводятъ, т.е. выводятъ изъ плоскости пилы въ ту и другую сторону черезъ одинъ зубъ. На прилагаемомъ чертежѣ представлено сѣченіе разведенной пилы плоскостью перпендикулярной къ длинѣ ея. Ширина прорѣза въ этомъ случаѣ очевидно зависитъ отъ степени развода зубьевъ, т.е. отъ величины ав. (Табл. 4 фиг. 3.а) Наибольшая величина развода должна быть такова, чтобы по ширинѣ прорѣза не оставалось не срѣзанныхъ волоконъ, какъ въ т, какъ представлено на чертежѣ. Очевидно, для этого нужно, чтобы точки с и d сливались между собой, или, чтобы кривыя ас, bd, сп и kd пересѣкались въ одной точкѣ; изъ чертежа (Табл. 4 фиг. $3_в$) видно, что наибольшая величина развода в будетъ немного больше 2S (гдѣ S толщина пилы) Замѣтимъ, что чѣмъ больше развод зубьевъ, тѣмъ прорѣзъ шире, сопротивленіе рѣзанію больше и больше тратится матеріала въ видѣ опилокъ, поэтому наибольшая величина развода можетъ быть принята только для дерева мягкихъ породъ, въ случаѣ-же рѣзанія твердыхъ, а тѣмъ больше дорогихъ породъ, величина развода должна быть взята меньше, тѣмъ больше, что твердое дерево даетъ меньше опилокъ. Для разведенія зубьевъ пилъ употребляются весьма простые инструменты, представленные на прилагаемомъ рисункѣ (Табл. 4 фиг. 4.) и наз. разводками. Первая изъ нихъ можетъ служить для пилъ различной толщины, а вторая только для пилъ двухъ толщинъ. Разводки дѣлаются обыкновенно стальными. Въ Америкѣ вмѣсто развода часто концы зубьевъ у пилъ расчеканиваютъ въ холодномъ состояніи. Но произвести расчеканку зубьевъ у пилы гораздо труднѣе, чѣмъ развести ее; къ тому же, хотя расчеканка зубьевъ и производится легкими стальными молоточками, тѣмъ не менѣе сама пила страдаетъ отъ этой операціи, такъ какъ сталь, изъ которой она сдѣлана, становится менѣе упругой (Табл. 4 фиг. 5)

Въ Англіи часто употребляются пилы у которыхъ впадины зубьевъ огр-

тены по кривой (Табл. 4 фиг. 6а,b) и которые называются также горловыми. Такія пилы часто встрѣчаются и у насъ въ Россіи вслѣдствіе того, что у насъ въ ходу англійскія лобзики. На чертежѣ представлены въ натуральную величину зубья такого типа. По Worssam'у наивыгоднѣйшая величина рѣзкущихъ угловъ этихъ зубьевъ должна быть:

	Угли	Твердыя породы	Мягкія породы
α	——	90° ——	80°
β	——	32° ——	32°
γ	——	10° ——	20°
δ	——	75° ——	60°

Ширина пилы и толщина ея S измѣняются съ діаметромъ крюка, для котораго пила назначается. Въ Англіи толщина пилъ измѣряется по Бирмингамской номераціи, по которой измѣряется и толщина проволоки. По этой номераціи пилы разнятся номерами: чѣмъ номеръ выше, тѣмъ толщина пилы меньше. Во Франціи толщина пилъ выражается миллиметрами. Вообще толщина пилъ колеблется отъ 17 до 14 №№, что соотвѣтствуетъ отъ 1,4 до 2,07 т.т. Вотъ таблица Worssam'а, показывающая измѣненіе разводовъ пилъ и горловыхъ зубьевъ, при измѣненіи діаметра распиливаемаго крюка или бруса. Замѣтимъ, что ширина рамы B должна быть немного больше діаметра самаго толстаго крюка, распиливаемаго на данной лобзикѣ.

Ширина B рамы	Мягкое дерево		Твердое дерево		Длина пилъ	Ширина пилъ вверху	Толщина пилъ	
	разст. C между зуб.	Глубина e зуба	C	e			N	дюйм.
1.) Приспособл. на доски крюковъ								
12"	3/4"	5/8" — 3/4"	5/8"	1/2" — 5/8"	3' 1 3/4"	3 5/8" — 3 1/8"	16	0,065
18"	3/4"	5/8" — 3/4"	5/8"	1/2" — 5/8"	4' 3/4"	4 1/8" — 3 5/8"	16	0,065

24"	3/4"	5/8"- 3/4"	3/4"	1/2"- 5/8"	5'2"	4½"	15	0,075
30"	7/8"	" 3/4"	3/4"	5/8"	6"2"	5"	15	0,075
36"	7/8"- 1"	3/4"	3/4"	5/8"- 3/4"	6'10"	5½"	14	0,083
2.) При расписке на доски балок								
11"	5/8"	1/2"- 5/8"	5/8"	1/2"	3' 3/4"	3"	17	0,056
14"	"	"	"	"	3' 4 3/4"	3¼"	17	"
18"	"	"	"	"	3' 9 3/4"	3 3/8"	16	0,065
20"	"	"	"	"	4' 1 3/4"	"	16	"
22"	"	"	"	"	4' 4 3/4"	"	16	"
24"	3/4"- 7/8"	5/8"- 3/4"	5/8"- 3/4"	"	4' 5 3/4"	3 5/8"	15	0,075

Способы закрепления пилъ въ лесопильныя рамы. Обыкновенно лесопильная рама дѣлается желѣзная, а иногда стальная. Рама состоитъ изъ двухъ продольныхъ брусьевъ, движущихся въ салазкахъ и соединенныхъ двумя поперечинами. Верхняя поперечина въ свою очередь составлена изъ двухъ планокъ, между которыми закрѣпляется верхняя часть пилы. Закрѣпленіе пилъ въ рамѣ должно быть очень прочно и вмѣстѣ съ тѣмъ просто, для того, чтобы можно было легко вынимать каждую пилу отдѣльно для наточки или въ случаѣ слома зубьевъ. Разсмотримъ наиболѣе употребительный способъ укрѣпленія пилъ въ рамѣ: пилы снабжаются съ обоихъ концовъ желѣзными крючками. (Табл. 4 фиг. 7) Эти крюки прикрѣпляются къ пилѣ посредствомъ заклепокъ, сдѣланныхъ изъ мягкой стали для того, чтобы ихъ можно было клепать въ холодномъ состояніи. Впадина верхняго крюка ограничивается заостреніемъ. Нижній крюкъ захватывается соотвѣтственнымъ углубленіемъ въ нижней поперечинѣ рамы, а верхній сцѣпляется съ подвѣской, имѣющей по срединѣ прорѣзъ, въ который входитъ болтъ

тонкая часть крюка. Такое приспособление удерживает крюкъ въ плоскости подвѣски. Сама подвѣска проходитъ между двумя пластинами верхней поперечины и закрѣпляется къ ней чекой. Если поперечина эксцентрная, то она покрывается двумя стальными пластинами для того, чтобы поперечина не ломалась при заколачиваніи чеки. Чека опирается на прижку, скрѣпленную съ подвѣской болтомъ. Подколачивая чеку молоткомъ, производятъ натяженіе нити. Это натяженіе нерѣдко достигаетъ громадной величины, а именно: одной тонны (62 пуда) на квадратный дюймъ его поперечнаго сѣченія; или 20-30 кілд на 1 квадратный м.м., что для стальной закаленной полосы близко къ предѣльному сопротивленію. Вслѣдствіе этого чеку надо подколачивать съ осторожностью, чтобы не разорвать нити, что иногда бываетъ съ неопытными рабочими. Достаточность натяженія узнается по звуку, происходящему при постукиваніи нити молоткомъ.

Нить такимъ образомъ закрѣпленную очень не трудно вынуть: для чего нужно только выколотить чеку и опустить подвѣску. Замѣтимъ, что при такомъ способѣ закрѣпленія нитей, надо принимать мѣры, чтобы разстояніе между ними оставалось постоянно одинаковое. Для этого между нитями вверху и внизу около закрѣпленій помѣщаютъ деревянныя прокладки a, a... и в, в... (Табл. 4 фиг. 8.) Нижнія прокладки имѣютъ скосы, для удобнѣйшаго отвода образующихся опилокъ; какъ верхнія, такъ и нижнія прокладки имѣютъ закраины, которыми они упираются о d d. Болты эти соединяютъ вертикальныя поперечины; они снабжены нарѣзкой по которой двигаются гайки д и д, сидящія для того, чтобы зажимать нити между прокладками.

Кромѣ этого способа закрѣпленія нитей еще существуетъ весьма много. Мы разсмотримъ простѣйшіе и наиболѣе употребительные: иногда верхній крюкъ на нити дѣлается двойнымъ и вѣшается на двойную подвѣску (Таб. 4

фиг. 9). Это закрѣпленіе надежное предыдущаго, но сложное его и поэтому употребляется рѣдко. Такое же рѣдко къ верхнему концу пилы прикрѣпляютъ болтикъ, который выступаетъ по обѣ стороны полосы пилы. Этотъ болтикъ задѣвается крюкомъ, которымъ кончается подвѣска. Хотя такое закрѣпленіе очень просто, но по наблюденіямъ Rossat'a оказывается, что отъ сильнаго натяженія (которое необходимо) или ломается болтикъ, или что чаще повторается, пила трескается въ томъ мѣстѣ, гдѣ въ полотнѣ болтикъ.

Отъ долговременнаго употребленія пилы зубья у нихъ становятся тупыми, въ такомъ случаѣ необходимо ихъ точить. Въ большей части случаевъ точеніе пилъ производятъ ручнымъ способомъ, хотя иногда употребляютъ и механическіе способы. Для точенія пилы ручнымъ способомъ употребляютъ обыкновенные личневые подпилки, чаще девятидюймовые. Для пилъ съ простыми зубьями подпилки употребляются плоскіе, а для пилъ съ горловыми зубьями употребляются полукруглые или круглые. Пила завертывается при точеніи въ особые тиски, (Табл. 4 фиг. 10.) которые могутъ вращаться около горизонтальной оси a и вслѣдствіе этого принимаютъ наклонное положеніе. Зубы у пилокъ дѣлаются приблизительно такой длины, какова ширина, а такъ какъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ длина пилъ доходитъ до 6 футъ и болѣе, то тиски свинчиваются нѣсколькими винтами.

При точеніи механическимъ способомъ зубья точатся наждачнымъ кругомъ, получающимъ быстрое вращательное движеніе. (Табл. 4 фиг. 11.). Въ этомъ случаѣ пилу завертываютъ въ тиски A, поставленные на супортѣ B. Супортъ этотъ укрѣпленъ въ стойкѣ. Къ этой же стойкѣ прикрѣпленъ подставка K; поддерживающая рычагъ CD на концѣ котораго вращается наждачный кругъ, приводимый во вращеніе ремнемъ приводимъ отъ оси F.

Доска ab супорта имѣетъ внизу зубчатую рейку, которой она сцѣпляет

съ шестерней C, сидящей на оси de. Вращая ось de, мы придаемъ поступательное движеніе доскѣ суппорта, а слѣдовательно и винтъ. Для того, чтобы можно было плоскость винта ставить подъ извѣстнымъ угломъ къ плоскости наждачнаго круга, весь суппортъ можетъ вращаться около вертикальной оси ef. Для назачиванія отжосовъ зубьевъ наждачный кружекъ можетъ быть выведенъ изъ вертикальной плоскости и поставленъ къ ней подъ произвольнымъ угломъ вращеніемъ маховика K — рычага cd, около горизонтальной оси mn.

На рычагѣ CD вмѣстѣ съ наждачнымъ кругомъ укрѣпленъ блокъ g, которому передается движеніе отъ вала F, черезъ роликъ h и і кручянымъ ремнемъ (плоскій можетъ соскакивать при наклонномъ положеніи наждачнаго круга)

Рычагъ CD имѣетъ на концѣ противовѣсъ D, который, отклоняя рычагъ къ вертикальному положенію, ослабляетъ слѣд. ремень и останавливаетъ передачу, когда точеніе прекращается. Во время же точенія отклоненіе ручки с внизъ вызываетъ натяженіе ремня, достаточное для дѣйствія передачи.

Такой аппаратъ очень полезенъ для большихъ инструментальныхъ заводовъ, гдѣ затрачивается много работы на точку пилъ. Наждачный кругъ водой не смачиваютъ, вслѣдствіе чего зубья пилы нагрѣваютъ отпускъ.

Разсмотримъ теперь, какъ должны быть приспособлены помѣщенія для инструментовъ и опишемъ въ краткихъ чертахъ инструментальный заводъ. (Табл. 4 фиг. 12

Вертикальныя инструменты обыкновенно помѣщаются въ двухъ-этажномъ зданіи, причемъ низъ этажа дѣлается ниже уровня поверхности земли, такъ что полъ второго этажа, на которомъ помѣщаются рельсы платформы или тельферъ, находится наровнѣ съ землей. Станина инструмента укрѣпляется прочно, каменному фундаменту, заложенному ниже пола перваго этажа; слѣдовательно, высота перваго или подвальнаго этажа равняется разстоянію платформы инструмента отъ основанія или нѣсколько больше. Ясно, что при такой установкѣ инструмента, не надо будетъ тратить

линией механической смеси для подачи красок на платформу.

Нижний этаж лесопильного здания делается всегда каменным, верхний этаж представляет сарай (каменный или деревянный), а в некоторых случаях (в умеренном климате) просто навес, под которым складываются лесоматериалы. Двигатель обыкновенно помещается в пристройке, откуда движение передается приводному валу, помещающемуся в нижнем этаже. Опилки отводятся в нижний этаж помощью желобов, так, чтобы они не падали на подвижные части лесопилки. По мере накопления опилки или выбрасываются лопатами в отверстие a, или же поднимаются подъемной машиной b. Против лесопильной машины всегда с той и другой стороны находятся ворота, через которые ввозят краны и выводят выпиленные балки и доски. Обыкновенно краны помещаются на дворе и привозятся к лесопилке на тележках, двигающихся по рельсам.

Нагружаются краны помощью какого либо подъемного механизма, например (Таб. 4 фиг. 13.) дифференциального блока, который может двигаться на тележке по перекладине, как это видно из чертежа. Если завод устроен на берегу сплавной реки, по которой лес доставляется к заводу, то при заводе делают завод или пруд, сообщающийся с рекой, куда сначала сгоняются плоты леса и откуда деревья вытаскиваются в завод по наклонной плоскости. В общих чертах устройство лесопильного завода, стоящего на берегу сплавной реки, помещено на (Таб. 4 фиг. 15

Здесь a лесопилка, a приводный вал, C и D ворота, B опилки, E окно для нагружания, F — окна для света и проветривания; b — ворот, (приводимый в движение от приводного вала) который помощью цепи c поднимает краны по наклонной плоскости G H. Для того, чтобы вытаскивать и вывозить легче, устроены катки K, k (Таб. 4. фиг. 14). Эти катки на концах окованы железными кольцами. Когда кран цепью втащен

до ворота C, того взваливают на тележку e лесопилки. Распиленный кряж принимается на тележку f и далей вывозится ко воротам D, откуда распиленныя доски скатывают на дворъ и складутъ для просушки въ клѣтки.

Типы лѣсопилокъ. Кромѣ уже разсмотрѣнныхъ нами лѣсопилокъ существуетъ очень много лѣсопилокъ весьма разнообразныхъ конструкцій.

Это разнообразіе зависитъ отъ стремленія достигнуть тѣхъ или другихъ цѣлей различными строителями. Одни строители стараются упростить механизмъ лѣсопилокъ, другіе же наоборотъ усложняютъ его съ цѣлью сдѣлать машину болѣе производительной, или возможно совершенно уравновѣсить подвижныя части и т. под. Иногда, въ видахъ уравновѣшиванія рамы лѣсопилки, ихъ дѣлаютъ двойныя; (Табл. 5 фиг. 1) въ этомъ случаѣ въ одной общей станинѣ двигаются двѣ рамы такъ, что когда одна рама двигается внизъ, то другая рама поднимается вверхъ. Здѣсь рѣзаніе происходитъ постоянно, поэтому разсчитается подвижныя части будутъ уравновѣшены гораздо лучше. Такія лѣсопилки могутъ употребляться только на большихъ заводахъ, если достаточно работы для постояннаго дѣйствія обѣихъ половинъ, и въ такомъ случаѣ дѣйствуетъ очень ровно, такъ что можно увеличивать скорость движенія пилъ, и уменьшить вѣсъ маховика. Для усиленія питанія нѣкоторые строители дѣлаютъ напильные вальки болѣе рогатыми и сообщаютъ имъ вращеніе; такимъ образомъ эти вальки служатъ вмѣстѣ и напильными и питательными. (Табл. 5 фиг. 2) Лѣсопилки съ такими вальками дѣлаютъ преимущественно въ Австріи, и на Вѣнской всемірной выставкѣ въ 1873 году они были представлены въ нѣсколькихъ экземплярахъ различными фирмами. Нижніе вальки получаютъ движеніе отъ питающаго механизма и передаютъ это движеніе верхнимъ вальцамъ коническими зацѣпленіями съ тою же скоростью. На концахъ осей

валиковъ a и b (по два вверху и внизу) насажены конические шестерни k, k', m и m', (Табл. 5 фиг. 2) которыя сцѣпляются съ шестернями f, f', g и g'. Шестерни f и g насажены на вертикальныя оси, такъ что они могутъ перемѣщаться по нимъ на врѣзныхъ шпонкахъ вмѣстѣ съ перемѣщеніемъ валиковъ a, оставаясь всегда въ сцѣпленіи съ шестернями k; k' этихъ валиковъ. Распилъ на доски у насъ преимущественно производится изъ кряжей, при чемъ получаются два горбыля, и доски болѣе или менѣе нечистыя съ кругленными ребрами и при томъ неодинаковой ширины по длинѣ доски и между собой. Затѣмъ при употребленіи въ дѣло доски по краямъ обтесываютъ или же опиливаютъ круглой пилой. (Таб. 5 фиг. 3)

Очевидно при этомъ тратится матеріалъ и работа, но такъ какъ чистыя доски не всегда требуются, то такой пріемъ распила у насъ очень употребителенъ. Для полученія чистыхъ досокъ въ брусѣ вставляютъ двѣ пилы и выпиливаютъ брусъ, (Таб. 5 фиг. 3) отдѣляя два горбыля; затѣмъ брусъ пилится на доски, при чемъ его кладутъ плоскими сторонами горизонтально.

При такой распилкѣ получаются четыре горбыля и всѣ доски чистыя и одинаковой ширины. Понятно, что работа эта можетъ производиться на тѣхъ же лѣсопилкахъ, но иногда находятъ болѣе удобнымъ помѣщать брусъ не на тележкахъ, а на валикахъ и такимъ образомъ является лѣсопилка особаго типа. Она не имѣетъ тележекъ, которыя здѣсь замѣнены валиками, (Таб. 5 фиг. 4) длина которыхъ равна ширинѣ бруса. Питательные валики имѣютъ одинъ или два острыхъ кольцевыхъ ребра, которыми они врѣзываются въ брусъ и направляютъ его поступательное движеніе (Табл. 5 фиг. 5)

Всѣ разсмотрѣнныя лѣсопилки называются **постоянными**. Кромѣ постоянныхъ лѣсопилокъ есть еще такъ называемыя **переносныя лѣсопилки**. Это тѣ же лѣсопилки съ тележками, но болѣе легкаго устройства; подвижныя части помѣщены наверху. Для установки переносной лѣсопилки не требуется двухъ-этажнаго зданія и особеннаго фундамента.

Они могутъ быть установлены на простыхъ половыхъ балкахъ, или они на фундаментѣ, выведенномъ въ уровень съ поломъ, на который положены рельсы, такъ что въ первомъ случаѣ ихъ легко можно переносить съ одного мѣста завода на другой, и поэтому они называются переносными, хотя и работаютъ болѣе или менѣе постоянно. Въ своемъ устройствѣ они представляютъ ту особенность, что валь у нихъ находится не подъ рамой, а нѣсколько съ боку, для того, чтобы рама могла опускаться ниже пола. Эти мѣсопилки дѣлаются для крашей отъ 1½ до 2 футовъ діаметра не болѣе, и назначаются для временныхъ мѣсопильныхъ заводовъ, для большихъ столярныхъ заведеній, или для вагонныхъ мастерскихъ, гдѣ ихъ можно оставить въ одномъ помѣщеніи съ другими машинами. (Таб. 5 фиг. 6)

Наконецъ существуютъ еще переводныя мѣсопилки; у нихъ онѣ могутъ употребляться тамъ, гдѣ большіе краши находятъ выгоднымъ раздѣлять на доски на мѣстѣ. Это бываетъ въ тѣхъ случаяхъ, когда мѣсо нельзя сплавлять къ мѣстамъ его потребленія; провозъ же по желѣзнымъ дорогамъ не доступенъ по высокой цѣнѣ, тогда какъ провозъ досокъ, какъ болѣе цѣннаго матеріала, оказывается еще возможенъ. Устраивать въ такомъ случаѣ постоянный заводъ для того только, чтобы разрабатывать мѣстный мѣсо было бы нерасчетливо. Въ этихъ случаяхъ переводная мѣсопилка можетъ имѣть выгодное приложеніе.

Переводная мѣсопилка (Таб. 5 фиг. 7) представляетъ типъ легкой перекосной мѣсопилки, установленной на деревянной рамѣ, которая расположена на двухъ осяхъ, снабженныхъ колесами.

Для работы мѣсопилку снимаютъ съ осей и ставятъ въ горизонтальномъ положеніи набрусья. Можно даже мѣсопилку не снимать съ осей, но въ такомъ случаѣ надо сдѣлать помостъ, въ уровень съ рамой мѣсопилки и проложить на немъ рельсы для передвиженія тележекъ со крашами.—

вращение въ одну сторону и обусловливаетъ этимъ самымъ непрерывное перемѣщеніе платформы съ растиливаемымъ брусомъ во все время рѣзанія скоростью, соотвѣтствующей (равной) скорости питанія; тогда какъ при сцѣпленіи храповаго изъ ряда зубчатыхъ колесъ... т-п съ шестернею вала А происходитъ обратное явленіе – валъ V съ большею скоростью начинаетъ вращаться въ обратную сторону, вслѣдствіе чего платформа быстро отходитъ назадъ и принимаетъ свое первоначальное положеніе.

Описаніе деталей. Рама горизонтальной лобзопилки, имѣющая большое сходство съ рамой однорукой столярной пилы; (Табл. 5 фиг. 9) она дѣлается обыкновенно изъ трехъ желѣзныхъ полосъ, скрѣпленныхъ заклепками. Между нижними концами двухъ поперечинъ этой рамы помѣщается натянутая въ горизонтальной плоскости полоса пилы a–b, тогда какъ верхніе концы этихъ поперечинъ стягиваются желѣзнымъ тягнемъ c–d, помощью четырехъ гаекъ — s, t, u, v.

Для временнаго скрѣпленія съ рамою полоса пилы зацѣпляется въ прорѣзахъ болтовъ, которые могутъ быть или наглухо приклепаны къ пилѣ, какъ напримѣръ, въ случаѣ простѣйшаго соединенія, изображеннаго на (фиг. 5 Табл. 10), которое требуетъ выведенія пилы изъ рамы вмѣстѣ съ болтами, или же болты эти могутъ быть легко отдѣлены отъ полосы пилы, какъ это имѣетъ мѣсто въ болѣе усложненномъ соединеніи, (Табл. 5 фиг. 11.) при которомъ снятіе пилы не требуетъ снятія болтовъ. Самодѣлка, посредствомъ которой совершается движеніе рамы придаютъ изогнутую форму (Табл. фиг.) съ тѣмъ достичь тѣхъ же удобствъ, которыя дѣлаются при ручной распилкѣ. Впрочемъ вслѣдствіе трудности обработки кривыхъ поверхностей, профили самодѣлокъ не рѣдко получаютъ прямолинейное очертаніе, (Табл. фиг.) состоящее изъ двухъ прямыхъ, пересѣкающихся линій, что нисколько не уменьшаетъ благопріятнаго результата – полученія прорѣза съ выпук-

лыми профилем.

(Замѣтимъ здѣсь, что уголъ между двумя сторонами направляющихъ самарокъ долженъ быть по возможности близокъ къ 180°; въ противномъ случаѣ незначительное защемленіе направляющихъ выступовъ между щеками поперечины подвижной рамы не будетъ въ достаточной мѣрѣ ослабляемо игрою (упругостью) между трущимися частями, кромѣ того линіи рамы, сопрягающейся съ платиною, должны быть сферическими)

Въ горизонтальныхъ лѣсопилкахъ скорость движенія пилы дѣлается значительно болѣе скорости движенія пилъ вертикальныхъ лѣсопилокъ, — она доходитъ отъ 12 до 15 футовъ въ секунду; величина радіуса рамы дѣлается обыкновенно отъ $\frac{3}{4}D$ до D, гдѣ D есть толщина самаго толстаго бревна. Число движущихъ силъ для горизонтальныхъ лѣсопилокъ можетъ быть опредѣлено также по эмпирической формулѣ Канкельвица:

$$N = N_1' + N_2,$$

гдѣ N_1' — принимается $(1 - 0{,}75)N_1$, гдѣ N_1 есть число силъ, потребное для приведенія въ движеніе холостую вертикальную лѣсопилку.

Англійскіе строители Fowis, James & Co — для своихъ горизонтальныхъ лѣсопилокъ принимаютъ число номинальныхъ силъ:

при... $D = 24''$ ——— $N = 2{,}5$

—"— $D = 30''$ ——— $N = 3{,}5$

—"— $D = 36''$ ——— $N = 4{,}5$

—"— $D = 42''$ ——— $N = 5$

—"— $D = 48''$ ——— $N = 5{,}5$.

Круглыя пилы.

Круглая пила по устройству своему представляетъ стальной дискъ съ зубьями по его окружности, насаженный на горизонтальной оси и посу-

тающий быстрое вращение вокруг своей оси в вертикальной плоскости. Пила приготовляется из тонкой листовой стали от самых мелких номеров для мелких работ до 3 m/m или 4 m/m толщины.

На предложенном чертеже (Табл. 7 фиг. 1) О представляет горизонтальную ось, на которой насажена круглая пила. Эта ось помещается на 2 или 3 опорах, из которых одна к помещается, как можно ближе к пиле другая b на конце оси. Если есть третья опора m, то она помещается подругую сторону пилы, но часто третьей опоры не делают. В верхней доске стола надо иметь прорезь для прохода пилы (на чертеже представлена чугунной стойкой); горизонтальная плоскость стола лежит выше оси пилы настолько, что пила d не касается растачиваемого дерева. Эта пила служит для укрепления пилы на ее оси; она представляет собственно две шайбы A и B, чугунные или железные, (Табл. 7 фиг 2) насаженные на утолщенный конец оси, между которыми зажимается пила действием винта и гайки d.

Чтобы смягчить напатие между пилой и шайбами кладутся тонкие свинцовые прокладки. Пила центрируется круглым кольцом, которое надевается на ось, входит в отверстие пилы и постоянно напирается в это отверстие действием спиральной пружинки f. Шайбы удерживаются от вращения на оси винтом, проходящем через обе шайбы и через отверстие в пиле.

Иногда шайба A отковывается вместе со осью, тогда винт делается неудобно. При таком закреплении пила удерживается от вращения гладким образом. Трение о шайбы, на чем это бывает недостаточно и потому пропускаются сквозь шайбы и пилу 1 или 2 штифтика. Замечу, что хорошее закрепление пилы весьма важно, так как при неправильном закреплении пила часто ломается.

Растачиваемое дерево помещается на столе и подвигается по ней растачивания руками с. или особым механизмом. Для прямых сводных фиг

направленія движенія дерева, къ этому привертывается уголькикъ авс, къ которому рабочій прикладываетъ дерево, подвигая его въ тоже время впередъ.

Сторона ав уголькика (Таб. 7 фиг. 3) сдѣлана на маркиръ, такъ что можетъ вращаться около оси в и закрѣпляться въ какомъ угодно положеніи помощью винта t, захватывающаго другу, придѣланную къ сторонѣ ав, въ прорѣзѣ хy. Наклонивши сторону ав, можно опиливать брусья подъ продольнымъ угломъ: уголькикъ опирается нижнею стороною на столъ и прикрѣпляется къ нему такимъ образомъ, что можетъ передвигаться по поверхности стола # оси пилы, такъ что разстояніе между пилою и уголькикомъ можетъ измѣняться и устанавливаться по размѣрамъ опиливаемыхъ кусковъ.

Въ этою цѣлью въ столѣ сдѣланъ прорѣзъ, въ которомъ помѣщается гайка винта ef, скрѣпленная неподвижно съ уголькикомъ. Вращеніемъ винта, уголькикъ приближается къ пилѣ или удаляется отъ нея.

Скорость вращенія пилы зависитъ отъ рода работы, средняя величина ея бываетъ около 150' или 45 m/s въ секунду. При такой скорости и соотвѣтственно большомъ числѣ оборотовъ, возможна только ременная передача къ пилѣ, для чего на оси пилы насаживается шкивъ, а на передаточной оси 2 шкива, изъ которыхъ одинъ свободный—для приведенія въ дѣйствіе и остановки

Круглыя пилы употребляются преимущественно для поперечнаго раскроя и онѣ могутъ служить также и для продольнаго опиливанія брусьевъ, но не выгодны для распила на доски. Ихъ главное употребленіе—для столярныхъ работъ и для нѣкоторыхъ работъ спеціальныхъ, какъ напримѣръ, для опиливанія шпонъ, для опиливанія неровныхъ краевъ у досокъ, получаемыхъ распиломъ изъ кряжей и др... Наибольшая толщина бруска, который можетъ быть распиленъ данной круглой пилой, опредѣляется величиной:

$$h = R - r$$ (см. Таб. 7 фиг. 4а)

гдѣ R радіусъ пилы, а r—шайбы.

самаго или фіолетоваго цвѣта. Нарѣзка зубьевъ производится или ручнымъ способомъ посредствомъ подпилка или напильникомъ кругломъ на станкѣ, по способамъ описанному раньше. При этомъ пила насаживается на горизонтальную ось, около которой можетъ поворачиваться и закрѣпляться наглухо. Въ Америкѣ для крупныхъ пилъ часто употребляются вставные зубья. Цѣль ихъ употребленія во первыхъ та, чтобы устроить такую пилу въ которой можно измѣнять уголъ рѣзанія зубьевъ, во вторыхъ, чтобы въ случаѣ поломки одного зуба не мѣнять всю пилу, и въ третьихъ приготовить зубья изъ стали лучшаго качества, чѣмъ сама пластина пилы.

Формы этихъ зубьевъ и способы ихъ закрѣпленія въ пилѣ разныя.

Вставной зубъ простѣйшаго вида представленъ на чертежѣ. (Таб. 7 фиг. 8) Бока зуба имѣютъ скосы на двѣ стороны, образуя съ одной стороны выступающій уголъ, съ другой вдающійся, которымъ соотвѣтствуютъ подобные же углы въ пластинкѣ пилы. Зубъ закрѣпляется въ пилѣ винтикомъ и вынутъ оттуда можетъ къ острому концу утолщенія

Такая пригонка зуба требуетъ тщательной работы, такъ какъ толщина пилы бываетъ не больше 4 или 5 mm. Подобнымъ же образомъ дѣлаютъ вставные торцовые зубья (Таб. 7 фиг. 9)

Третій типъ вставныхъ зубьевъ, болѣе новый, представленъ на предыдущемъ чертежѣ (Таб. 7 фиг. 10,11,12) Зубья этого типа прочнѣе чѣмъ двухъ первыхъ типовъ, но приготовленіе ихъ затруднительно.

Размѣры зубьевъ измѣняются съ діаметромъ пилы, а слѣдовательно и съ размѣрами рѣзаемаго дерева. Для крупныхъ деревьевъ размѣры зубьевъ тѣ же, что и въ вертикальныхъ лѣсопилкахъ, и могутъ быть взяты изъ таблицъ Watsam'a. Для мелкихъ — употребляются пилы съ болѣе мелкими зубьями. Опредѣленной зависимости между діаметромъ пилы и размѣрами зубьевъ нѣтъ, но можно сказать, что при діаметрѣ пилы

отъ D=12" до D=5' высота зуба измѣняется отъ 5 mm до 18 m.m Толщина круглой пилы такова зависитъ отъ ея діаметра и вообще должна быть довольно значительна для того, чтобы пила не пробивалась и не дрожала во время работы, такъ что въ пилахъ діаметра 4'—5' толщина доходитъ до 4 mm и даже до 5 m.m. При этомъ конечно продольный распилъ на доски круглою пилою не имѣетъ выгодъ, какъ со стороны затраты двигающей силы при широкомъ проѣздѣ, такъ и со стороны потери матеріала, въ видѣ опилокъ, если думать сравненіе круглой пилы съ вертикальными лесопилками въ которыхъ толщина пилъ не превышаетъ 2½ миллиметровъ. Напримѣръ, при распилкѣ на доски 20 mm толщины потеря матеріала при употребленіи круглой пилы будетъ $\frac{4}{20} = \frac{1}{5}$ или 20%, тогда какъ для прямой пилы въ 2 m.m толщины только 10%.

Это обстоятельство и вызоветъ затрудненія приготовлять круглыя пилы большаго діаметра до послѣдняго времени практиковавшія ихъ примѣненіе въ большихъ размѣрахъ для распилки на доски.

Въ настоящее время въ Англіи и Америкѣ приготовляютъ пилы до 6 и даже 7 футовъ въ діаметрѣ при толщинѣ въ 4 m.m. Тонкія, гдѣ мѣста довольно, гдѣ слѣдовательно потерею дерева въ видѣ опилокъ можно не дорожить, такія пилы могутъ имѣть полезное примѣненіе, особенно при выпиливаніи тонкихъ досокъ, брусьевъ, шпалъ и т. п....

Выгода употребленія круглыхъ пилъ сравнительно съ прямыми состоитъ во первыхъ въ простотѣ устройства станины, во вторыхъ въ значительной скорости, которую можно пилѣ сообщать; она можетъ быть доведена до 160 футовъ въ секунду, т. е. въ 10 разъ больше скорости пилы горизонтальной лѣсопилки и въ 20 разъ больше скорости вертикальной. Слѣдовательно, по отношенію производительности одна круглая пила равняется 10 горизонтальнымъ и 40 вертикальнымъ пилкамъ, предполагая, что вертикальныя пилы рѣжутъ только въ одну сторону, если только не принимать въ расчетъ вре-

мени для перестановки краска после каждого прохода круглою пилою, иначе ея сравнительная производительность будетъ меньше.

Разсмотримъ станки съ круглыми пилами для продольнаго распила. Они отличаются отъ такихъ же для поперечнаго распила главнымъ образомъ тѣмъ, что снабжены питательнымъ механизмомъ, т.е. питаніе совершается автоматически. Если кранъ имѣетъ хотя одну опиленную плоскую сторону, то перемѣщеніе его можно сдѣлать по вареной плоскости стола, (Табл. 7 фиг. 13) для поддержанія концевъ дерева устраиваютъ рядъ валиковъ на одной высотѣ съ плоскостью стола. Если распиливаемый кранъ не имѣетъ опиленныхъ сторонъ, то онъ кладется на тележки, двигающіяся по рельсамъ. Подобный станокъ съ круглою пилою, какъ имъ строитъ Фансомъ представимъ на чертежѣ. (Табл. 7 фиг 14.)

Дерево лежитъ на тележкахъ А и С. Перемѣщеніе его достигается питательнымъ механизмомъ, состоящаго изъ барабана В, на который навивается канатъ, идущій черезъ блокъ отъ конца распиливаемаго крана, за который канатъ зацѣпляется посредствомъ крюка К. Барабанъ получаетъ вращеніе отъ оси L посредствомъ шестерни и червяка. Ось с приводится во вращеніе отъ оси пилы съ помощью ремня и ступенчатыхъ шкивовъ, которыя служатъ для измѣненія скорости питанія.

Когда дерево распилено по всей длинѣ, крючекъ К снимаютъ, расцѣпляютъ шестерню съ червякомъ, смотываютъ канатъ съ барабана и зацѣпляютъ крюкъ за новое дерево.

Кранъ лежитъ свободно на тележкахъ, которыя двигаются нѣсколько выше стола. Для направленія движенія крана — онъ принимается къ угольнику; механизмъ для подачи состоитъ изъ слѣдующихъ: вертикальной оси h, укрѣпленной неподвижно на угольникѣ, вращается горизонтальный рычагъ dh, на концѣ его, на вертикальномъ штифтѣ m надѣто ро-

ликъ р, который прилегаетъ къ краю помощью груза Q, повѣшеннаго на веревкѣ, перекинутой черезъ блокъ С и укрѣпленной въ точкѣ т рычага dm.

При такомъ устройствѣ, получение прямыхъ и ровныхъ досокъ возможно только изъ прямого края, а потому этотъ станокъ пригоденъ только для распила деревьевъ прямостволыныхъ породъ. Онъ можетъ служить для выпиливанія брусьевъ и пилъ и для распила брусьевъ или краевъ на толстыя доски въ нѣсколько пріемовъ. Подобные станки устраиваются такие съ 2 круглыми пилами, (Табл. 7 фиг. 15) насаженными на одной оси и служатъ для опиливанія 2^хъ сторонъ бруса одновременно, или же для распиливанія бруса на 3 доски. Станки съ большимъ числомъ пилъ рѣдко употребляются, такъ какъ при большомъ діаметрѣ пилы они требуютъ значительной движущей силы.

Вмѣсто тележекъ употребляютъ иногда безконечную цѣпь Галля, (Табл. 7 фиг. 16) которая натягивается между 2 роликами и проходитъ подъ столомъ. Одинъ роликъ получаетъ вращеніе отъ привода и сообщаетъ цѣпи непрерывное движеніе. Дерево помѣщается на столѣ и получаетъ движеніе отъ цѣпи: между двумя смежными звѣньями цѣпи закладывается скоба а, (Табл. 8 фиг. 1.) которая движется въ прорѣзѣ пилы и упираясь въ задній конецъ края, увлекаетъ его въ движеніе вмѣстѣ съ цѣпью.

Направляющій угольникъ при этомъ также необходимъ; если же сама цѣпь получаетъ направленіе и оба конца края укрѣпляются къ цѣпи, то направляющій угольникъ становится лишнимъ и станокъ можетъ служить для распила неровныхъ краевъ, какъ имѣющимъ съ платформой.

Для распиливанія краевъ значительной толщины, когда одна пила выходитъ слишкомъ большого діаметра, употребляютъ станки съ 2 пилами, расположенными въ одной вертикальной плоскости одна надъ другою. (Табл. 8 фиг. 2.) Наибольшая толщина края, который мо-

знеть быть расчитень на этомъ станкѣ опредѣляется величиною С разстоянія между 2-мя пайбами. Пилы вращаются въ разныя стороны съ одинаковыми скоростями на окружности и при различныхъ діаметрахъ пилъ будутъ имѣть различныя числа оборотовъ.

Передача къ пиламъ обыкновенно ременная и только при очень большихъ пилахъ въ 6–7 футовъ въ діаметрѣ, когда число оборотовъ выходитъ сравнительно не велико (100–150 въ минуту), допускаютъ иногда зубчатую передачу. Для расширенія неровныхъ краевъ употребляютъ круглыя пилы съ подвижной платформой, на которую помѣщаютъ край.

Такія лѣсопилки часто встрѣчаются въ Америкѣ и имѣютъ слѣдующее устройство: платформа имѣетъ поворотъ на платформу вертикальныхъ лѣсопилокъ; вся рама заключается въ закрытомъ ящикѣ.

Край кладется на нѣсколько угольниковъ b, (Табл. 8. фиг. 3) къ каждому изъ которыхъ прикрѣпляется крюкъ d съ острымъ концомъ, который закалачивается въ край. Угольникъ можетъ перемѣщаться по горизонтальному металлическому брусу ef въ направленіи перпендикулярномъ движенію края. Это перемѣщеніе производится посредствомъ винта g, гайка котораго неразрѣзно соединена съ угольникомъ. Винтъ приводится во вращеніе помощью шестерни и червяка i. Металлическій брусъ лежитъ на 2-хъ деревянныхъ брускахъ m и n, снабженныхъ подпилками, которые опираются на рельсы. Для движенія самой платформы въ средней ея части имѣется зубчатая рейка, сцѣпляющаяся съ шестерней q, насаженной на горизонтальной оси.

Посль каждаго прохода края перемѣщаютъ платформу назадъ въ начальное положеніе и, вращая маховикъ K, подвигаютъ край по направленію къ пилѣ на толщину слѣдующей доски, затѣмъ дѣлаютъ новый проходъ и т.д. пока не дойдутъ до линіи st, за которой остается нерастпилен-

ный горбыль. Третий тип станков со круглою пилою, употребляемых для продольного распила, (Табл. 8 фиг. 4.) назначается главным образом для распила на доски брусьев и кряжей преимущественно деревьёв. Дерево помещается на столе и на горизонтальных катках, установленных в уровень со столом, получает поступательное движение, действием питающих вальков. Две пары таких вертикальных вальков располагают-ся по два с каждой стороны распиливаемого дерева. Расстояние между ними может быть установлено по толщине дерева и кроме того вся они могут перемещаться параллельно оси пилы. Вальки прижимаются к дереву действием пружины и получают вращение со скоростью, которая может изменяться. Так как вальки снимают кору в том месте, где она еще не распилена, то поэтому не требуется рассекающая кромка в прорезах. Обратное перемещение дерева после каждого распила совершается по горизонтальным катках, установленным рядом со станком и на одном с ними уровне. Движущая сила, нужная для приведения в действие круглой пилы с точностью может быть определена только для пилы с автоматическим питанием, ибо в этом только случае скорость питания есть определенная величина. Для такого случая может служить формула Канкельвица, определяющая число сил N_2 в функции числа пил, толщины пил и площади распила. Средняя величина скорости питания, которая войдет при определении площади распила, может быть принята около 20–30 фут в секунду; вообще же она меняется с породою дерева и бывает от 15 до 60 фут. Число сил N_1 для преодоления вредных сопротивлений в круглых пилах можно считать $N_1 = 0{,}25$ до $0{,}75$ и $N = N_1 + N_2$ полное число сил для приведения станка в действие во время работы.

При ручном перемещении дерева определение числа сил N_2 можно

быть только приводительное. Нѣкоторые строители имѣютъ привычку принимать слѣдующія величины N для своихъ станковъ:

Д = 2 фута ..... N = 3

Д = 3 —— ..... N = 4,5

Д = 4 —— ..... N = 6

Д = 5 — ..... N = 8

Д = 6 — ..... N = 12

Послѣдніе 3 случая можно отнести къ машинамъ объ автоматическими питаніемъ. Приведенныя числа выражаютъ номинальныя силы, т.е. число номинальныхъ силъ паровой машины, которая можетъ приводить въ движеніе данный станокъ.

Для опиливанія неровныхъ кромокъ досокъ послѣ распилки ихъ изъ кряжей употребляется спеціальный станокъ съ кругомъ пилою. Такой станокъ состоитъ изъ деревянной станины, (Табл. 8 фиг. 5) снабженной рамками, по которымъ на рельсахъ (изъ угловаго желѣза) двигается деревянный столъ съ прикрѣпленными къ нему досками. Длина станины, на которой расположены рамки должна быть вдвое больше длины опиливаемыхъ досокъ плюсъ ширина стола, на которомъ они прикрѣпляются. Станина состоитъ изъ горизонтальныхъ деревянныхъ брусьевъ, врубленныхъ въ вертикальные брусья, которые въ свою очередь врублены въ горизонтальные брусья основанія станины.

Пила, расположается по одну сторону стола на горизонтальной оси hk, которой опоры лежатъ на брускахъ f, g; съ другой стороны станка помѣщенъ ведущій шкивъ e. Опиливаніе досокъ производится или по одной доскѣ или по двѣ зараз; въ послѣднемъ случаѣ одна доска накладывается на другую, и затѣмъ обѣ прикрѣпляются къ столу винтами a.

Сначала обрѣзаютъ одинъ край, переворачиваютъ доски и обрѣзаютъ

другой край. При такомъ устройствѣ края доски обрѣзываются совершенно вѣрно и работала такою станкъ совершенно безопасна для работающаго. Для мелкихъ заводовъ, гдѣ подобной работы много, такіе станки устраиваются съ двумя пилами, насаженными на одной оси, (Табл. 8 фиг. 6) при чемъ оба края доски опиливаются одновременно.

Столь удобнѣе полировать доски, если же одна изъ пилъ дѣйствуетъ въ прорѣзъ стола. Въ обоихъ случаяхъ укрѣпленіе доски къ столу возможно только по концамъ доски.

Въ столярномъ дѣлѣ круглыя пилы употребляются отъ 2 до 3 футовъ въ діаметрѣ и назначаются для грубыхъ работъ. Работу круглой пилы можно въ значительной степени разнообразить, если сдѣлать h – высоту выступа пилы надъ столомъ – измѣняемой. (Табл. 8 фиг. 7)

Пользуясь этой измѣняемостью можно напр. пропиливать пазы въ брусьяхъ и доскахъ слѣдующимъ образомъ: (Табл. 8 фиг. 7) при помощи направляющаго угольника и, установивъ выступъ h пилы по глубинѣ паза, пропиливаютъ первый прорѣзъ напр. aa_1 во всю длину бруса; послѣ этого переворачиваютъ брусъ или перемѣщаютъ угольникъ на ширину ab паза пропиливаютъ второй прорѣзъ bb'. Затѣмъ остается только сколоть долотомъ часть дерева между двумя прорѣзами. Подобнымъ же пріемомъ можно нарѣзать гребни у брусьевъ и досокъ и въ этомъ случаѣ уже вся работа производится пилою въ $4^{мя}$ пріемовъ. (Табл. 8 фиг. 8). Послѣ двухъ прорѣзовъ (1) и (2) измѣняютъ высоту h на h' и дѣлаютъ два другіе прорѣза (3) и (4). Подобно этому вырѣзываютъ четверти у досокъ и у брусьевъ.

При исполненіи всѣхъ этихъ работъ для направленія перемѣщенія доски или бруска пользуются направляющими угольниками, которые слѣдовательно устанавливаются на требуемомъ разстояніи отъ пилы для каждаго прорѣза или $2^{хъ}$ прорѣзовъ симметричныхъ

Наконецъ такою пилою можно нарѣзать шипы у досокъ и брусьевъ съ чрезъ чуръ мелкихъ пріемовъ. (Табл. 8 фиг. 9.) Шипъ нарѣзается съ торцевой стороны, слѣдовательно для выпиливанія продольныхъ прорѣзовъ df и пк, глубина которыхъ h, брусокъ долженъ быть поставленъ вертикально и для сохраненія правильнаго положенія при перемѣщеніи его по столу употребляютъ кромѣ направляющаго угольника второй металлическій угольникъ abc, къ которому брусокъ прикрѣпляется винтомъ i. Боковые прорѣзы, глубина которыхъ h_1 и h_2, выпиливаются при помощи одного направляющаго угольника.

Станины употребляемыя для подобныхъ работъ получаютъ такое устройство, при которомъ опоры оси пилы могутъ быть перемѣщаемы вертикально и слѣдовательно выступъ пилы надъ столомъ можетъ увеличиваться или уменьшаться. Опоры c и d оси поддерживаются ввернутыми въ нихъ винтами ac и bd и могутъ двигаться между направляющими, оканчивающимися внизу.

На продолженіи винтовъ насаживаются колеса a и b съ косыми зубьями, сцѣпляющіеся съ червякомъ. (Табл. 8 фиг. 10) Оба колеса приводятся во вращеніе отъ одной оси af посредствомъ маховика f съ одинаковой скоростью и ось перемѣщается параллельно самой себѣ.

Обыкновенно въ свободный конецъ g оси пилы ввинчивается сверло, такъ что такая пила можетъ служить и сверлильнымъ станкомъ. Противъ сверла, рядомъ съ станиной пилы устанавливается столъ для положенія просверливаемаго дерева, которое нажимается къ сверлу или непосредственно или суппортомъ, къ которому прикрѣпляется дерево, и который имѣетъ движеніе параллельное оси сверла.

Въ заключеніе остановимся на разсмотрѣніи станковъ, назначенныхъ исключительно для поперечнаго распила. Мы видѣли, что каждая круглая пила можетъ служить для этой цѣли, но при специальномъ назначеніи

станка ему можно дать такое устройство, при которомъ работающему на немъ была бы гарантирована сравнительно большая безопасность, чѣмъ при работѣ на обыкновенномъ станкѣ, въ которомъ дерево перемѣщается руками.

Съ этой цѣлью пила дѣлается подвижною; распиливаемое же дерево неподвижно укладывается на столъ. Пила укрѣпляется въ рамѣ, которая можетъ качаться около горизонтальной оси fg. (Табл. 8 фиг. 11.) Рама состоитъ изъ брусковъ ab и cd, скрѣпленныхъ между собою нѣсколькими болтами. Бруски эти для простоты и легкости часто дѣлаются деревянные.

Въ верхней части рамы въ a и c находятся опоры для горизонтальной оси пилы. Ось fg устанавливается на двухъ опорахъ и снабжается приводными шкивами A и B (рабочій и холостой), посредствомъ которыхъ она приводится во вращеніе отъ привода и шкивами K и l передаетъ вращеніе оси ac пилы. Очевидно при такомъ устройствѣ качанія рамы около fg не нарушаютъ правильность передачи.

Надъ рамой помѣщается столъ, въ которомъ сдѣланъ для пилы прорѣзъ, соотвѣтствующій требуемому перемѣщенію пилы и на столѣ устанавливается угольникъ для упора въ него распиливаемаго дерева; онъ очевидно долженъ состоять изъ двухъ частей, расположенныхъ по обѣ стороны пилы.

Къ рамѣ придѣлывается рукоятка, посредствомъ которой можно измѣнять положеніе рамы и слѣдовательно перемѣщать пилу, производя такимъ образомъ нажатіе на дерево. Иногда съ этой цѣлью къ рамѣ придѣлывается зубчатый косякъ, зацѣпляющійся съ шестерней, при вращеніи которой пила получаетъ соотвѣтствующее круговое перемѣщеніе. (Табл. 8 фиг. 12.)

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, когда передачу къ пилѣ удобнѣе сдѣлать вверху помѣщенія, ось качанія пилы располагается около потолка и пила помѣщается выше стола, какъ представлено на прилагаемомъ чертежѣ. (Таб. 8 фиг. 13). Подобныя пильныя станки употребляются между прочимъ для

пиления дров и для других подобных работ.

Ленточныя пилы.

Ленточная пила представляет безконечную стальную ленту съ вырѣзанными зубьями, перекинутую черезъ два шкива A и B. Вращеніемъ одного изъ шкивовъ ленть сообщается непрерывное движеніе со скоростью отъ 16 mtr до 20 meth или отъ 50' до 70' въ секунду, т.е. отъ $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{5}$ скорости на окружности круглой пилы. (Таб. 8 фиг. 14)

Второй шкивъ увлекается во вращеніе треніемъ ленты объ его поверхность; его ось имѣетъ подвижныя опоры, перемѣщеніемъ которыхъ достигается должное натяженіе ленты. — Еще въ началѣ настоящаго столѣтія (1808) англичанинъ Newbery взялъ патентъ на устройство станка съ безконечно ленточной пилой; но его станокъ не получилъ практическаго примѣненія, потому что въ то время еще не умѣли достаточно хорошо приготовлять ленточныя пилы и шкивы дѣлались слишкомъ малы, такъ что лента получала большой изгибъ по шкиву и вслѣдствіе этого скоро теряла свою упругость.

Только въ послѣдней Лондонской выставкѣ 1862 года, когда французъ Perin представилъ превосходные образцы ленточныхъ пилъ и ленточный станокъ своего устройства, эти станки начали входить въ общее употребленіе. Они приготовляются въ настоящее время многими фирмами, но пилы преимущественно употребляются французскаго завода Perin.

Чтобы пила не получала большаго изгиба, шкивы дѣлаются не менѣе 2,5' въ діаметрѣ; вообще же діаметръ ихъ увеличивается вмѣстѣ съ шириною пилы и для самыхъ широкихъ пилъ достигаетъ 4'. Шкивы гладко обточиваются и покрываются съ поверхности кожей для увеличенія треніе ленты по шкиву и для придапія большей эластичности этой передачѣ. Сравнивая ленточную пилу съ пилой, получающей періодическое возвратное движеніе, можно придти къ заключенію, что первая, хотя вслѣдствіе непрерывности ея

движенія выгоднѣе второй въ отношеніи равномѣрности хода и частію въ отношеніи затраты движущей силы. Большая скорость ленточной пилы возвышаетъ также и ея относительную производительность, но при оцѣнкѣ послѣдней должно принять во вниманіе еще число пилъ, такъ какъ ленточные станки дѣлаются обыкновенно съ одною пилою, а кивсотники со многими.

При сравненіи съ круглой пилой, ленточная пила оказывается менѣе производительна, такъ какъ скорость ея меньше скорости круглой пилы; однако ленточная пила выгоднѣе круглой въ смыслѣ экономіи матеріала, ибо ея толщина можетъ быть сдѣлана значительно меньше толщины круглой пилы (отъ $0{,}75^{m.m}$ — $2{,}5^{m.m}$); поэтому ленточная пила можетъ быть употребляема съ особенной выгодой въ томъ случаѣ, когда требуется распиливать дерево на тонкія доски для выпиливанія фанеръ и т. под.

Ленточныя пилы могутъ служить, какъ для продольнаго распила, такъ и поперечнаго; при небольшой ихъ ширинѣ онѣ могутъ употребляться для выпиливанія кривыхъ профилей и вообще пригодны для исполненія весьма разнообразныхъ работъ. Поэтому онѣ имѣютъ большое примѣненіе въ столярномъ дѣлѣ. Разсмотримъ устройство столярной ленточной пилы. (Таб. 8 фиг. 15)

На осяхъ а и в насаживаются шкивы, обтянутые съ поверхности кожей; оба они охватываются бесконечной стальной ленточной пилой. Ось нижняго шкива — в имѣетъ неподвижныя опоры и приводится во вращеніе. Ось верхняго шкива — а имѣетъ опоры, которыя могутъ скользить между вертикальными направляющими и получаютъ постоянное натяженіе книзу, дѣйствіемъ пружины спиральной или рессорной.

Напряженіе пружины регулируется посредствомъ винта С съ маховикомъ, посредствомъ котораго можно болѣе или менѣе сжать пружину и такимъ образомъ можно произвести опредѣленное натяженіе ленты. Такой натяжной механизмъ принадлежитъ Рансому.

Другіе строители употребляютъ для этого грузъ h, насаженный на рычагъ такъ, что легко h груза можно сжимать, измѣняя слѣдовательно натяженіе ленты. Между концомъ рычага и опорами оси въ этомъ случаѣ также вводится пружина, надавленіе которой смягчаетъ ударъ, являющійся при работѣ. Винтъ С служитъ для приведенія рычага въ горизонтальное положеніе.

Опоры-стойки оси и направляющіе бруски для верхней оси связываются между собой узкой планкой.

Столъ, на которомъ помѣщается распиливаемое дерево устроенъ на шарнирѣ и можетъ получать наклонныя положенія для опиливанія косыхъ плоскостей. Подъ столомъ и нѣсколько выше надъ столомъ имѣются деревянныя скобки, которыя служатъ для направленія пильной ленты и вовремя работы смазываются масломъ. Нижнія скобки соединены со станиной, такъ что положеніе ихъ неизмѣнно; верхнія же прикрѣплены къ стержню, который проходитъ сквозь вертикальную втулку въ верхней части станка; онѣ могутъ перемѣщаться вертикально вмѣстѣ съ стержнемъ и устанавливаются по толщинѣ распиливаемаго дерева. Со стороны противоположной столу лента обхватывается металлической трубкой, служащей предохранителемъ для рабочаго. Такъ какъ скорость вращенія оси в близка къ скорости вращенія круглой пилы, то станки ленточно-пильной машины часто заключаютъ въ себѣ и круглую пилу, насаженную на ту же ось. При устройствѣ ленточныхъ пилъ, приводимыхъ въ движеніе рукою, обыкновенно употребляются три шкива, для того, (Таб. 8 фиг. 16) чтобы рукоять можно было помѣстить на удобной для рабочаго высотѣ. Ось С, приводимая въ движеніе рукоятью, снабжается небольшимъ маховикомъ, который долженъ уравнивать нѣсколько измѣняющіяся сопротивленія распила. Приложеніе этихъ пилъ имѣетъ мѣсто въ столарномъ дѣлѣ, гдѣ не пользуются инымъ движеніемъ, кромѣ ручного.

Толщина ленточныхъ пилъ вообще измѣняется отъ 0,75 mm — 1 mm, смотря по

10—40 mm. Для приведенія въ движеніе такихъ ленточныхъ пилъ считаютъ достаточнымъ отъ 1—1,25 сил. Тонкая и узкая ленточная пила можетъ быть употребляема для выпиливанія узоровъ и чѣмъ она тоньше и уже, тѣмъ большую кривизну можно сообщить прорѣзу. На такихъ пилахъ очевидно можно выпиливать только наружные узоры, для выпиливанія же внутреннихъ узоровъ необходимо было бы сдѣлать прорѣзъ снаружи для введенія пилы въ узоръ, что разумѣется портило бы работу. Въ этихъ случаяхъ употребляютъ прямую вертикальную пилу тонкую и узкую, получающую возвратное движеніе.

Такая пила укрѣпляется своими концами къ подвижнымъ частямъ станка, и когда нужно вырѣзать внутренній узоръ раскрепляется на одномъ концѣ; этотъ конецъ вводится въ высверленное въ доскѣ отверстіе, отъ котораго должно начинаться узоръ и опять соединяется соотвѣтствующею частью.

Въ послѣднее время ленточныя пилы стали примѣняться для продольнаго распила крупныхъ брусьевъ на тонкія доски. Въ Англіи такія пилы Рансомъ строитъ для распила на доски брусьевъ до 18" толщины; въ Америкѣ Firet дѣлаетъ ихъ для распила брусьевъ до 30" толщины. Брусъ въ этомъ случаѣ помѣщается на рядъ горизонтальныхъ валиковъ и получаетъ поступательное движеніе дѣйствіемъ четырехъ вертикальныхъ вращающихся валиковъ, между которыми брусъ зажимается. (Табл. 8 фиг. 17.)

Пара валиковъ находящихся по одну сторону бруса имѣютъ опоры скользящія въ поперечныхъ прорѣзахъ и прижимаются къ дереву пружинами.

Разстояніе между первою и второю парами валиковъ можетъ быть измѣняемо по толщинѣ бруса и обѣ пары могутъ перемѣщаться въ поперечномъ направленіи въ обѣ стороны, давая такимъ образомъ возможность установить дерево относительно пилы.

Распиливаніе производится въ нѣсколько пріемовъ: послѣ перваго прорѣза брусъ передвигаютъ назадъ руками по горизонтальнымъ валикамъ, уста-

вивъ его соотвѣтствующимъ перемѣщеніемъ валиковъ, дѣлаютъ второй проѣзъ, затѣмъ третій и т.д. Пилы, употребляемыя для такого распила бываютъ толщиной отъ 0,75 m.m. до 2 m.m; ширина зубовъ доходитъ до 4"; соотвѣтствующимъ этимъ размѣрамъ діаметръ пилъ считаютъ отъ 3½" до 4'; такими пилами можно распиливать доски толщиной отъ 3 m.m до ⅛", при чемъ потеря въ матеріалѣ будетъ около $\frac{0,75}{3} = 0,25$ или 25%.

Питаніе въ такихъ пилахъ автоматическое и дѣлается сообразно съ породой дерева отъ 3 mtr до 6 mtr (10' до 20') въ минуту.

Рѣзаніе дерева.

Теперь намъ предстоитъ разсмотрѣть рядъ пилъ, которыя служатъ для чистой или окончательной обработки дерева. Всевозможные виды обработки дерева можно свести къ слѣдующимъ пяти видамъ: 1) строганіе, 2) точеніе, 3) долбленіе, 4) сверленіе, 5) пиленіе.

Всѣ эти операціи имѣютъ много общаго между собой и могутъ быть разсматриваемы вообще какъ рѣзаніе. Рѣзаніе дерева по отношенію направленія его волоконъ можетъ совершаться потремъ направленіямъ: 1) въ плоскости перпендикулярной къ направленію волоконъ или въ торецъ дерева, 2) въ плоскости волоконъ по направленію параллельному длинѣ волоконъ, 3) въ плоскости волоконъ по направленію перпендикулярному къ длинѣ волоконъ. Каждому направленію рѣзанія соотвѣтствуетъ извѣстное сопротивленіе. (Таб. 9 фиг. 1)

Рѣзаніе въ торецъ дерева. Положимъ имѣемъ кусокъ дерева, котораго волокна вертикальны. Рѣзаніе совершается въ плоскости ав (Таб. 9 фиг. 2.) перпендикулярна къ направленію волоконъ. Пусть в будетъ ширина рѣза, равная ширинѣ обрабатываемаго куска. Рѣзецъ начинаетъ вдерево дѣйствіемъ нѣкоторой силы Р, направленной по ав и вдавливается на нѣкоторую глубину δ. Прежде всѣ волокна, прилегающія къ передней грани рѣзца подвергаю

ся сжатію подъ дѣйствіемъ силы P_2, слагающей въ направленіи перпендикулярномъ къ передней грани; другая слагающая P_1 перпендикулярна къ плоскости срѣза; она прижимаетъ рѣзецъ къ волокнамъ, лежащимъ подъ нижней его гранью и производитъ треніе рѣзца. Съ цѣлью уменьшить это треніе нижнюю грань рѣзца ставятъ подъ нѣкоторымъ наклономъ къ плоскости рѣзанія.

Пусть α – уголъ рѣзанія; α_1 – уголъ наклона нижней грани рѣзца. Если К сопротивленіе дерева сжатію, то P_2 – сила сжимающая волокна должна равняться.

$$P_2 = K.a.b,$$

гдѣ ab – площадь сжатія. Такъ какъ а по мѣрѣ углубленія рѣзца постоянно увеличивается, начиная отъ 0, то слѣдовательно, P_2, а вмѣстѣ съ нею и Р – сила необходимая для перемѣщенія рѣзца – суть величины перемѣнныя, возрастающія отъ 0. Когда Р достигнетъ извѣстной величины происходитъ скалываніе элемента дерева въ плоскости СК волокна, такъ какъ въ этой плоскости представляется наименьшая связь между частицами.

Скалываніе производится силой P_3 – слагающею силы P_2.

Если сопротивленіе скалыванію есть К', то скалываніе произойдетъ, когда P_3 будетъ $= K'.e.b$, гдѣ eb – плоскость скалыванія. Сколотый элементъ скр скользя поднимается по передней грани рѣзца, которая продолжаетъ свое поступательное движеніе; снова продолжается скалываніе другого элемента и т.д.

Изъ сколотыхъ такимъ образомъ элементовъ образуется стружка, (Таб 9 фиг. 3) которая, вслѣдствіе недостаточной связи между отдѣльными элементами, или вовсе не завивается, или получаетъ незначительный завивъ къ верху. Элементы, образующіе стружку получаютъ профиль трапеціи съ небольшимъ скругленіемъ въ одномъ углу – въ томъ мѣстѣ, гдѣ элементъ подвергается дѣйствію напряженія рѣзца. Поверхность рѣзанія получаетъ мѣстами соотвѣтствующія небольшія углубленія, свидѣтельствующія о томъ же дѣйствіи рѣзца на элементы, лежащіе подъ нимъ.

Изъ чертежа видно, что $\delta = a\cos\alpha$ или $a = \frac{\delta}{\cos\alpha}$; подставляя эту величину въ выраженіе P_2, получимъ:

$$P_2 = к.b\frac{\delta}{\cos\alpha} \quad \text{или} \quad P_2\cos\alpha = к.b.\delta$$

Силы P_2 и P_3 связаны зависимостью:

$$P_3 = P_2 \cdot \cos\alpha,$$

слѣдовательно: $$P_3 = кb\delta.$$

Раньше нашли, что $P_3 = к'eb$, приравнявъ вторыя части, получимъ:

$к'eb = кb\delta$ или $к'.e = к.\delta$, откуда: $\frac{e}{\delta} = \frac{к}{к'}$,

т.е. отношеніе толщины снимаемаго слоя e къ величинѣ δ (или отношеніе высоты элемента къ его толщинѣ) = отношенію сопротивленія сжатія, къ сопротивленію скалыванія.

Такъ какъ к всегда больше к', то $\frac{e}{\delta} > 1$. Изъ непосредственныхъ опытовъ надъ рѣзаніемъ дерева въ торецъ оказывается, что величина $\frac{e}{\delta}$ колеблется отъ 1,5–2, смотря по породѣ дерева и не зависитъ отъ угла α.

Далѣе, – изъ чертежа видно, что $P = P_3 tg\alpha = к'ebtg\alpha$ или, называя $к'tg\alpha$ черезъ $к_2$, получимъ: $$P = к_2.e.b,$$

гдѣ $к_2$ коэффиціентъ сопротивленія рѣзанія. Изъ выраженія: $P = к'ebtg\alpha$ видно, что сопротивленіе рѣзанію дерева увеличивается вмѣстѣ съ α.

Для уменьшенія этого сопротивленія выгодно слѣдовательно брать уголъ α меньше. При $\alpha = 0$, $P = 0$

Но α не можетъ быть равнымъ 0, не можетъ быть и очень малымъ, потому что рѣзецъ съ тонкимъ остріемъ крошитъ того, что скоро затупляется и искрашивается, что не выгодно для работы, но еще дѣйствіемъ силы P, отгибается внизъ, и получается стремленіе выйдти изъ плоскости рѣзанія и углубиться въ дерево. Съ затупленіемъ рѣзца увеличивается уголъ α и сопротивленіе должно возрастать. Такимъ образомъ опредѣлить наивыгоднѣйшую величину угла α рѣзанія можно только опытомъ.

Съ этою цѣлью производились динамометрическія измѣренія сопротивленія рѣзанію при рѣзцахъ съ различными углами. Подробныя испытанія произведены были русскими горными инженерами П[illegible] и описаны въ его сочиненіи „Сопротивленіе металловъ и дерева рѣзанію".

Наивыгоднѣйшая величина угла, соотвѣтствующая наименьшему сопротивленію P, опредѣлена была около 45° для всѣхъ случаевъ рѣзанія дерева. Этотъ уголъ долженъ измѣняться для различныхъ породъ дерева въ зависимости отъ степени твердости послѣдняго. Въ большинствѣ же случаевъ для породъ средней твердости и мягкихъ берутъ $\alpha = 45°$ — какъ среднюю величину.

Принимая такимъ образомъ согласно съ опытомъ П[illegible] уголъ $\alpha = 45°$ ($tg\alpha = 1$), имѣемъ:

$$P = k_1 \varepsilon b tg\alpha = k_2 \varepsilon b \quad \text{и} \quad k_1 = k_2,$$

т.е. въ этомъ случаѣ сопротивленіе дерева рѣзанію k_2 равно сопротивленію его скалыванію; но такъ какъ при опредѣленіи усилія P, нами не принято во вниманіе треніе рѣзца о поверхность среза, то въ дѣйствительности коэффиціентъ сопротивленія дерева рѣзанію долженъ быть нѣсколько больше k_2. По опытамъ П[illegible] оказалось, что для осины и тополя $k_1 = 80 \ldots 100$ пуд. на 1 кв. дюйм.

— „ — „ — „ — „ — „ — „ — или 2–2,5 кlg на 1 кв. milim.

— „ — „ — „ — „ — „ — дуба и бересы $k_1 = 150 – 200$ пуд. на 1 кв. дюйм

— „ — „ — „ — „ — „ — „ — „ — или 3,8 – 5 кlg на 1 кв. milim.

Придавая толщинѣ b стружки слоя (стружки) и ширинѣ струйки в для поименованныхъ породъ дерева величина P можетъ быть опредѣлена.

Сопротивленіе дерева рѣзанію не есть величина постоянная. Дѣйствительно въ первый моментъ рѣзанія, когда рѣзецъ начинаетъ углубляться въ дерево, $P = 0$; по мѣрѣ углубленія рѣзца P постепенно возрастаетъ и при углубленіи $= \delta$ достигаетъ наибольшей величины $P = k_1 \varepsilon b = k_1 W$, гдѣ

W - площадь сѣченія снимаемаго слоя. Въ этотъ моментъ происходитъ отдѣленіе элемента, Р падаетъ до нуля и всѣдъ затѣмъ начинается срѣзываніе новаго элемента т.е. описанный процессъ повторяется и т.д.

Слѣдовательно Р есть нѣкоторая функція δ. Чтобы найти зависимость между ними, возьмемъ равенство $P = P_2 \sin\alpha$ вмѣсто величину P_2 изъ формулы: $P_2 \cos\alpha = kb\delta$. Получаемъ:

$$P = \frac{kb\delta}{\cos\alpha} \sin\alpha = kb\delta \operatorname{tg}\alpha$$

Такъ какъ k, b, α суть величины постоянныя для каждаго отдѣльнаго случая, то обозначивъ ихъ черезъ нѣкоторую постоянную величину A, получимъ:

$$P = A\delta.$$

Такое измѣненіе Р въ зависимости отъ δ можетъ быть представлено слѣдующей діаграммой: (Таб. 9 фиг. 4.) (по абсциссамъ откладываются δ, по ординатамъ — Р) Очевидно площадь abc графически выражаетъ работу, потребную для срѣзыванія одного элемента и равную $\frac{P\delta}{2}$; работа же срѣзыванія въ секунду очевидно $= \frac{P}{2} \cdot v$ — гдѣ v - скорость рѣзца въ секунду. Замѣняя Р его величиной изъ формулы: $P = k_1 W$ имѣемъ для работы рѣзанія въ секунду величину: $\frac{k_1 W v}{2}$.

Такъ какъ W есть площадь поперечнаго сѣченія снимаемаго слоя, а v - скорость рѣзца, то W.v - представляетъ объемъ дерева, срѣзываемаго въ секунду; назовемъ его черезъ q, тогда работа рѣзанія будетъ:

$$\frac{k_1 q}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

Такимъ образомъ работа рѣзанія можетъ быть опредѣлена для каждаго отдѣльнаго случая, когда извѣстна скорость рѣзца v и объемъ снимаемаго дерева въ секунду. Первые числовыя величины работы рѣзанія на различныхъ машинахъ опредѣлены были Hartig'омъ посредствомъ динамометрическихъ изслѣдованій и могутъ быть найдены въ его сочиненіи: „Versuche über Leistung und Arbeits Verbrauch der Werkzeugmaschinen." — 1873.

Поверхность, получаемая при рѣзаніи дерева въ торцъ, бываетъ вообще довольно гладкая, если дерево твердое и сухое; для сыраго и мягкаго дерева получается менѣе гладкой и требуетъ нѣкоторой отдѣлки, для сообщенія ей гладкаго вида. Поверхность эта составляется изъ ряда мелкихъ поверхностей перерѣзанныхъ элементовъ. (Таб. 9 фиг. 5.) Неровности поверхности обусловливаются толщиною δ элементовъ и величиною закруглений g, g, g, которыя являются вслѣдствіе сжатія древесныхъ волоконъ, преодолѣнными лезвіемъ рѣзца можетъ въ нихъ проникнуть. Закругленія эти очевидно будутъ меньше для твердаго дерева и острого рѣзца. Толщина δ элементовъ находится въ связи съ толщиною e (Таб. 9 фиг. 6.) снимаемаго слоя ($\frac{e}{\delta} = \frac{K}{K_1}$) и получается тѣмъ меньше, чѣмъ меньше e, т.е. при тонкой стружкѣ поверхность выходитъ гладкая, — элементы меньше перемѣщаются относительно другъ друга, между ними больше остается связи и стружка получаетъ видъ довольно гладкой слегка искривленной ленты, въ которой мало замѣтны раздѣленія элементовъ. (Табл: 9. фиг. 7)

Рѣзаніе дерева въ плоскости волоконъ по направленію ихъ длины. Рѣзаніе въ торцъ, какъ видѣли, сопровождается явленіями сжатія и скалыванія. При рѣзаніи въ плоскости волоконъ происходитъ явленіе нѣсколько иное. Представимъ себѣ призматическій кусокъ дерева, отъ котораго срѣзается слой толщиною e рѣзцомъ съ рѣжущимъ угломъ α, подъ наклономъ α$_1$. (Табл. 9 фиг 8)

Рѣзецъ движется по направленію ав. Сначала остріе рѣзца дѣйствіемъ силы P вдавливается въ дерево, причемъ происходитъ сжатіе дерева надъ верхнею гранью рѣзца. По мѣрѣ поступательнаго движенія рѣзца, площадь сжатія (сопротивленіе сжатію P_2) и величина двигающей силы P увеличиваются. Такъ какъ скалываніе элемента въ настоящемъ случаѣ представляетъ значительное сопротивленіе, (возможная плоскость скалыванія перпендикулярна къ длинѣ волоконъ), то сила P_3 отрываетъ верхній слой, прод-

вода разрывъ между волокнами въ плоскости ав среза, при нѣкоторой величинѣ силы Р и соотвѣтствующемъ углубленіи δ (положеніе рѣзца 1).

Разрывъ происходитъ на нѣкоторой длинѣ х, которая средними числомъ по Тимме бываетъ около 5 е. Въ моментъ разрыва сила Р имѣетъ наибольшую величину; въ послѣдующій затѣмъ моментъ Р падаетъ почти до 0.

При дальнѣйшемъ движеніи рѣзецъ встрѣчаетъ незначительное сопротивленіе, надорванный элементъ поднимается по передней грани рѣзца, длина разрыва увеличивается, нѣсколько увеличивается и сопротивленіе Р, пока уголъ γ не достигнетъ 15°–20°, а х до величины l отъ 6е до 9е. Тогда элементъ надламывается въ δ моментомъ $P_3 l$, сопротивленіе падаетъ опять почти до 0, рѣзецъ отъ положенія 2 подвигается до слѣдующаго элемента, т.е. до положенія 3 не встрѣчая сопротивленія и тоже явленіе повторяется со вновь рѣзнымъ элементомъ.

Образующаяся при этомъ стружка имѣетъ призматическую форму и составлена изъ продолговатыхъ элементовъ, между которыми связь еще не совершенно нарушена (Табл. 9 фиг. 9). Сопротивленіе рѣзанію въ этомъ случаѣ можетъ быть довольно точно опредѣлено для различныхъ моментовъ по сопротивленію дерева разрыву и перелому. Числы примемъ согласно наблюденіямъ Тимме для наибольшей величины сопротивленія, соотвѣтствующаго моменту разрыва волоконъ, слѣдующія величины коэффиціента K_2:

для сосны .... $K_2 = 40$ пуд. на 1 квад. дюймъ или 1 кilg на 1кв. mil.

— „ — тополя ... $K_2 = 60$ — „ — „ — „ — „ — 1,5 — „ —

— „ — березы..... $K_2 = 75$ — „ — „ — „ — „ — 1,9 — „ —

— „ — дуба и бука.... $K_2 = 110$ — „ — „ — „ — „ — 2,8 — „ —

И сопротивленіе рѣзанію для момента разрыва

$$P = K.W.$$

При длинѣ борозды L равной приблизительно l, т.е. отъ 6е–9е рѣзанія ав-

частей простым скалыванием отдельных элементов; таким образом будет происходить щипание или колонка. (Таб. 9 фиг. 10.)

Эта длина L считается = 6ℓ до 9ℓ для резцов со углом $\alpha = 45°$.

Чем меньше α и чем тоньше стружка, тем больше длина элемента, а следовательно и длина L, при которой происходит щепание. Наоборот со увеличением α и со уменьшением ℓ будут получаться элементы меньшей длины и при толщине меньшей одного миллиметра, поверхность стружки представляется не призматической, а гладкой-спиральной. (Таб. 9. фиг. 11.) Полученная спираль может быть или цилиндрическая или винтовая; первая получается в тех случаях, когда режущее ребро ab перпендикулярно ко cd — направлению движения резца; вторая — когда ab находится подъ углом къ этому направлению. (Таб 9 фиг. 12 а, в)

При тонкой стружке обрабатываемая поверхность получается совершенно гладкая ровная, если только резец движется въ плоскости волокон или пересекает эту плоскость по направлению сверху внизъ, а не снизу вверхъ.

Въ последнем случае резец отрываетъ элементы и обрабатываемая поверхность получается съ уступами, какъ говорятъ дерево задирается.

Поэтому при рѣзаніи наклонномъ стараются всегда выбирать болѣе благопріятное направленіе. При ручной работѣ это всегда возможно, но не всегда возможно при обработкѣ машиной, гдѣ поэтому нельзя иногда избѣжать задиринъ. (Таб. 9 фиг. 13)

Рѣзаніе въ плоскости волоконъ перпендикулярно къ ихъ длинѣ.

Разсмотримъ теперь 5-й случай рѣзанія, т.е. тотъ случай, когда рѣзаніе происходитъ въ плоскости волоконъ, но въ направленіи перпендикулярномъ къ длинѣ послѣднихъ.

Пусть $ABCD$ представляетъ нѣкоторый брусокъ, расположенный такимъ (Таб. 9 фиг. 14. Изображенъ, что торецъ его совпадаетъ съ плоскостью чертежа

и резец перемещается в плоскости ав. Резание в этом случае сопровождается такими же явлениями, как и во 2-м случае; сначала является стружка волокон, потом разрыв между волокнами в плоскости резания и излом отрезаемого элемента. В первый момент углубления резца в дерево, сопротивление равно 0; возрастая постепенно, оно достигает наибольшей величины P в момент разрыва между волокнами, после чего падает почти до 0 и очень скоро увеличивается до момента слома элемента. Начиная с этого момента резец движется, не встречая сопротивления, пока не начнется резание следующего элемента. Последние два момента (разрыва и слома) в настоящем случае разделяются очень небольшим промежутком и почти совпадают.

Из приложенного чертежа видно положение, принимаемое отдельными уже элементами, по мере того, как элементы эти отделяются распологаются по верхней грани резца и образуют стружку часто завивающуюся вследствие недостаточной связи между элементами. Разрыв и слом элементов производит слагающая силы P; длина l получающихся при этом элементов меньше, чем в предыдущем случае, что объясняется сравнительно слабым в этом случае сопротивлением излому, так как последний происходит в плоскости волокон, где является наименьшая между ними связь, т.е. ломящий момент $P_3 l$ и в этом случае меньше, причем и l и P_3 выходят меньше.

По наблюдениям Тимме l бывает от 2e до 3e, где e — толщина снимаемого слоя. Поверхность резания выходит более или менее неровная, волнистая, так как линия сторон элементов получается зазубренная, которыми на обрабатываемой поверхности соответствуют извилистые выступы.

Итак, резание поперек волокон в отношении чистоты работы дает результаты менее удовлетворительные, нежели резание вдоль волокон или

даже въ торцъ. Кромѣ того здѣсь, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, обрабатываемая поверхность можетъ получать задиринъ. Это случается тогда, когда φ — направленія рѣзанія съ направленіемъ слоя — бываетъ тупой. При $\varphi < 90°$ задиринъ не бываетъ.

Что касается до сопротивленія рѣзанія, то оно въ настоящемъ случаѣ меньше, нежели въ предыдущемъ случаѣ, и наибольшія значенія коэффиціента сопротивленія рѣзанію, соотвѣтствующія P_{max}, выражаются по наблюденіямъ Тимме для различныхъ породъ дерева слѣдующими цифрами:

Для сосны и тополя $K_3 = 18$ пуд. на 1 кв. дюймъ, или 0,46 кilg на 1 кв. мм.

— „ — березы и дуба ... $K_3 = 30$ — „ — „ — „ — „ — 0,76 — „ — 1 — „ —

— „ — „ — бука ... $K_3 = 35$ — „ — „ — „ — 0,9 — „ — 1 — „ —

и наибольшее сопротивленіе рѣзанію будетъ $P = K_3 W$, гдѣ W есть площадь поперечнаго сѣченія снимаемаго слоя.

Если сравнимъ коэффиціентъ сопротивленія рѣзанію для всѣхъ 3-хъ случаевъ рѣзанія, то получимъ слѣдующія цифры, дающія ихъ взаимныя отношенія:

K_1 ——— K_2 ——— K_3

6 ——— 3 ——— 1

Цифры эти показываютъ, что 3-й случай рѣзанія самый выгодный въ экономическомъ отношеніи, т.е. въ отношеніи расхода силы, но онъ не выгоденъ относительно чистоты работы и потому его по возможности избѣгаютъ.

Приведенныя величины K_1, K_2 и K_3 были выведены изъ наблюденій, при которыхъ ширина рѣзца b равнялась какъ разъ ширинѣ бруска, т.е. при $B = b$. (Таб. 9 фиг. 15.). Если же ширина бруска больше ширины рѣзца, т.е. $B > b$, то кромѣ рѣзанія въ плоскости движенія рѣзца af является еще скалываніе въ боковыхъ плоскостяхъ ac и fd, которое увеличиваетъ сопротивленіе рѣзанію. Это добавочное сопротивленіе для первыхъ двухъ случаевъ рѣзанія весьма незначительно, такъ какъ скалываніе будетъ въ плоскостяхъ,

заключающих волокна; тем. бл. ще, что въ обыкновенныхъ случаяхъ толщина стружки вообще бываетъ невелика сравнительно съ ея шириною b, такъ что этимъ добавочнымъ сопротивленіемъ можно пренебрегать. (Таб. 10 фиг. 1.)

Этого нельзя однако распространить на 3-й случай. Здѣсь B > b < 2b верхній слой отдѣляется по всей ширинѣ B, и потому въ этомъ случаѣ при опредѣленіи P, въ выраженіе котораго входитъ W слѣдуетъ брать W = Be, а не W = be, какъ въ случаѣ B = b.

Очевидно части ac и df (Таб. 10 фиг. 2 (a)) плоскости рѣзанія должны получаться при этомъ менѣе гладкими, потому что образуются непосредственно разрывомъ волоконъ въ этихъ плоскостяхъ.

Если B значительно превосходитъ b, то описанное явленіе уже не имѣетъ мѣста, ширина срѣзываемаго слоя приблизительно = b, и боковыя плоскости ac и df, образующіяся разрывомъ волоконъ по длинѣ, выходятъ не ровными.

Сопротивленіе рѣзанію въ этомъ случаѣ должно замѣтно увеличиться, такъ какъ сопротивленіе разрыву по длинѣ волоконъ вообще значительно.

Чтобы не увеличивать безполезнаго сопротивленія, въ этомъ случаѣ употребляютъ такое режущее орудіе, которое перерѣзаетъ волокна и въ боковыхъ плоскостяхъ, именно, желобчатый рѣзецъ; (Таб. 10 фиг. 2 (b)) при этомъ орудіи поперечный профиль прорѣза получитъ видъ кривой ac.

Изъ всего сказаннаго слѣдуетъ, что при строганіи боковъ досокъ или брусьевъ наиболѣе гладкая поверхность получается въ томъ случаѣ, если строганіе происходитъ по направленію волоконъ, т. е. по длинѣ ихъ, а потому это направленіе обыкновенно и выбираютъ, гдѣ выборъ возможенъ.

Чтобы дерево еще не задиралось, берутъ направленіе, для котораго уголъ φ между этимъ направленіемъ и волокномъ былъ острый, а не тупой, что при ручномъ строганіи всегда возможно; — въ случаѣ ручной обработки направленіе это выбираютъ такимъ, чтобы уголъ φ былъ < 90°.

Если же по необходимости приходится строгать дерево въ плоскости волоконъ и въ направленіи перпендикулярномъ къ длинѣ ихъ, то пользуются желобчатымъ рѣзцомъ; послѣдній, уменьшая сопротивленіе рѣзанію, не уменьшаетъ однако неровности строганія. Поэтому тамъ, гдѣ требуется чистота обработки, употребляютъ хотя и плоскій рѣзецъ, но затачиваютъ насколько окажется возможнымъ направленіе строганія, прибливая его къ направленію волоконъ. При точеніи на токарныхъ станкахъ мы имѣемъ 3^го случай рѣзанія, такъ какъ направленіе движенія рѣзца перпендикулярно къ длинѣ волоконъ дерева. Грубая обточка производится тупымъ желобчатымъ рѣзцомъ, а окончательная — плоскимъ, при чемъ рѣжущему ребру рѣзца дается положеніе наклонное къ длинѣ волоконъ, или къ оси обтачиваемаго предмета и такимъ образомъ устраняется неудобство 3^го направленія. Очень важно въ этомъ случаѣ, чтобы рѣзецъ былъ прочно установленъ, иначе вслѣдствіе недостаточности сопротивленія различныхъ концевыхъ слоевъ, остріе рѣзца будетъ отклоняться изъ поверхности точенія въ поверхность этихъ слоевъ (Таб. 10 фиг. 3)

Разсмотримъ теперь работу рѣзанія для двухъ послѣднихъ случаевъ рѣзанія.

Работа рѣзанія дерева въ плоскости волоконъ и по направленію ихъ длины.

Назовемъ черезъ δ — величину углубленія рѣзца въ дерево до начала разрыва волоконъ, черезъ l — длину отдѣляемаго элемента и разсмотримъ нѣсколько положеній острія рѣзца. (Таб. 10 фиг. 4.) Для положенія 1^го сопротивленіе P=0; съ этого положенія сопротивленіе возрастаетъ до $P=k_2W$, соотвѣтствующаго положенію 2^ое, гдѣ углубленіе = δ и происходитъ разрывъ волоконъ въ плоскости рѣзанія. Въ послѣдующій затѣмъ моментъ P падаетъ до 0. Придавъ рѣзцу перемѣщеніе рѣзца во положеніе 3^е онъ встрѣчаетъ сопротивленіе элемента сдвиганію и наконецъ изгибу, такъ что сопротивленіе отъ P=0 возрастаетъ за этотъ періодъ до P=c.

При этомъ положеніи фрезуа элементъ падаетъ въ df. (Таб. 10 фиг. 5) Величина сравнительно съ K_2W настолько не велика, что безъ особенной погрѣшности можно считать $P=0$ на всемъ пути слѣдованія фрезуа изъ положенія 2 въ положеніе 4, въ которомъ начинается рѣзаніе новаго элемента и разсмотрѣнныя измѣненія P повторятся.

Измѣненія сопротивленія представляется слѣдующей діаграммой: заштрихованныя площади представляютъ здѣсь графически величину работы рѣзанія для разсматриваемаго случая. (Таб. 10 фиг. 6.) Пренебрегая величиной e и слѣдовательно работой на пути m–δ, получимъ для выраженія работы, потребной для отдѣленія одного элемента $\frac{P\delta}{2}$ въ секунди. работа будетъ: $\frac{P\delta}{2} \times \frac{v}{\ell} = \frac{Pv}{2} \cdot \frac{\delta}{\ell}$ ..... (8), гдѣ v – скорость движенія фрезуа. Замѣнивши P черезъ K_2W, получ:

$$\frac{K_2 W.v}{2} \cdot \frac{\delta}{\ell} = \frac{K_2 q}{2} \cdot \frac{\delta}{\ell} \quad \ldots\ldots\ldots (9),$$

гдѣ q секундный объемъ срѣзываемаго дерева.

Сравнивши это выраженіе работы съ работой рѣзанія въ торецъ, получимъ такое отношеніе:

$$\frac{\frac{K_2 q \delta}{2\ell}}{\frac{K_1 q}{2}} = \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{\delta}{\ell}.$$ Такъ какъ $K_1 > K_2$ и $\ell > \delta$, то работа рѣзанія во 2^ой случаѣ очевидно < чѣмъ въ 1^ой. Посмотримъ теперь во сколько именно работа она меньше.

Положимъ $\ell = 6e$, а $\delta^{m.m} = 1{,}25\sqrt{e^{m.m}}$ и формула (9) приметъ видъ:

$$\frac{K_2 q}{2} \cdot \frac{1{,}25\sqrt{e}}{6e} = \frac{1}{5\sqrt{e}} \cdot \frac{K_2 q}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (10)$$

Положимъ, что толщина стружки e, также какъ и въ предыдущемъ случаѣ $= 1^{m.m}$, тогда получимъ такое выраженіе работы:

$$\frac{1}{5} \frac{K_2 q}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

Сравнивая это выраженіе съ $\frac{K_1 q}{2}$ и замѣчая, что $K_2 = \frac{1}{2} K_1$ увидимъ, что работа рѣзанія во 2^ой случаѣ среднимъ числомъ въ 10 разъ меньше, чѣмъ въ первомъ, т.е. въ случаѣ рѣзанія въ торецъ. Кромѣ того изъ выраженія

(10) для работы рѣзанія: $\frac{1}{5\sqrt{e}} \cdot \frac{K_3 q}{2}$ видно, что работа рѣзанія для даннаго объема q уменьшается съ увеличеніемъ e, т.е. съ толщиной стружки.

Поэтому въ отношеніи затрачиваемой работы выгодно толщину снимаемаго слоя увеличивать.

Работа рѣзанія дерева въ плоскости волоконъ, перпендикулярно къ ихъ длинѣ. Какъ видѣли раньше всѣ явленія предыдущаго случая имѣютъ здѣсь также мѣсто, только величины l, δ и P здѣсь иныя. Наибольшее значеніе для P въ моментъ разрыва $P = K_3 W$, затѣмъ P можно считать = 0 за весь періодъ отъ положенія 2 до 4, такъ какъ моменты 2 и 3 почти совпадаютъ. Заштрихованныя площади выражаютъ (Таб. 10 фиг. 7) здѣсь работу срѣзанія одного элемента, которая очевидно будетъ $= \frac{K_3 W \delta}{2}$; отсюда получится секундная работа: $\frac{K_3 W \delta}{2} \cdot \frac{v}{e}$ или $\frac{K_3 q}{2} \cdot \frac{\delta}{e}$. Для δ и l имѣемъ по Тиммe слѣдующее:

$$\delta^{m.m} = 1{,}25\sqrt{e^{m.m}}.$$

$$l = 3e$$

Вставивши эти выраженія въ предыдущую формулу получимъ:

$$\frac{K_3 q}{2} \cdot \frac{1{,}25\sqrt{e}}{3e} = \frac{1}{2{,}5\sqrt{e}} \cdot \frac{K_3 q}{2}.$$

а принявши $e = 1^{m.m}$, получимъ:

$$\frac{1 \cdot K_3 q}{2{,}5 \times 2} = \frac{K_3 q}{5}.$$

Если послѣднюю дробь сравнимъ съ выраженіемъ $\frac{K_3 q}{2}$ работы рѣзанія и замѣтимъ, что $K_3 = \frac{K_1}{6}$, то увидимъ, что работа рѣзанія въ настоящемъ случаѣ въ 15 разъ менѣе работы рѣзанія дерева въ торецъ.

Увеличеніе толщины снимаемаго слоя очевидно и тутъ выгодно пообразному къ затрачиваемой работѣ.

Строгальныя машины для дерева.

Въ первый разъ машины этого рода появились въ 1-й половинѣ нынѣшняго столѣтія, почти одновременно въ Англіи и въ Америкѣ. Въ 1827 году Миллъ въ Гельзовѣ построилъ строгальную машину, въ которой нѣсколько строговъ или

резцовъ получаетъ быстрое вращательное движеніе около вертикальной оси, а-
довательно острія резца перемѣщалось въ горизонтальной плоскости. Обра-
батываемое дерево укрѣплялось къ безконечной цѣпи и вмѣстѣ съ нею получа-
ло движеніе подъ резцами. (Таб. 10 фиг 8(a)) Впослѣдствіи изобрѣтатель
нашелъ болѣе удобнымъ замѣнить безконечную цѣпь питающими валиками.

Въ 1828 году, т.е. годъ спустя американскій инженеръ Woodworth конструи-
ровалъ другую дерево-строгальную машину съ резцами, вращающимися на го-
ризонтальной оси и съ питающими валиками. (Табл. 10 фиг. 8)

Въ машинѣ Миѣ'а строганіе происходитъ въ плоскости волоконъ, попе-
рекъ волоконъ; въ машинѣ Woodworth'а въ плоскости волоконъ и по направле-
нію ихъ длины; поэтому дерево, выстроганное на машинѣ Woodworth'а по-
лучаетъ болѣе гладкую поверхность, нежели на машинѣ Миѣ'а, за то за-
тратою работы въ первомъ случаѣ больше, чѣмъ во второмъ.-

Разсмотримъ подробнѣе устройство машинъ этихъ 2-хъ типовъ.

Машина Миѣ'а имѣетъ отъ 2 до 6 резцовъ, укрѣпленныхъ въ горизон-
тальной плоскости а (наклонно къ ея плоскости) (Таб. 10 фиг. 9.), крѣпко сидя-
щей на вертикальной оси вс. Эта ось имѣетъ въ в и с опоры и можетъ пе-
ремѣщаться вмѣстѣ съ опорами по вертикальному направленію. Такимъ
образомъ положеніе резцовъ можетъ быть установлено выше или ниже смот-
ря по толщинѣ обстрагиваемаго дерева. Перемѣщеніе это производится слѣ-
дующимъ образомъ: часть А, которая составляетъ одно цѣлое съ опорами в и с
имѣетъ въ сторонѣ, а станина В направляющія брусья.

Къ А прикрѣпляется гайка, въ которую входитъ винтъ D, приводимый во
вращеніе помощью рукоятки S и пары коническихъ колесъ. Вращая рукоять
въ ту или другую сторону, сообщаютъ каретѣ А и вмѣстѣ съ нею и гай-
кѣ а движеніе вверхъ или внизъ. Для приведенія оси вс во вращеніе на ней
насаживается барабанъ К, соединенный ремнемъ съ приводнымъ шкивомъ D.

Скорость вращательного движения фрезуновъ бываетъ около 80' или отъ 25 mtr до 30 mtr въ секунду; разстояніе между двумя противоположными фрезунами черезъ центръ отъ 2' до 2½' или 0,6 mtr — 0,75 mtr, такъ что соотвѣтствующее число оборотовъ оси выходитъ около 700.

Средняя скорость перемѣщенія дерева подъ фрезунами или скорость питанія около 1' или 0,3 mtr. Питаніе устроено автоматическое.

Дерево помѣщается и закрѣпляется на металлической платформѣ f, которая получаетъ движеніе въ направленіи перпендикулярномъ къ плоскости чертежа, въ ту и другую сторону. Для направленія этого движенія служитъ имѣетъ подлинъ 2 параллельныхъ полоза, которыми онъ упирается въ направленіе желѣза, выстроганные вдоль неподвижной части стола. Движеніе столу сообщается зацѣпленіемъ шестерни p съ зубчатой рейкой r, укрѣпленной съ нижней стороны платформы и 2^мя парами зацѣпленій t и k съ осью de отъ оси gh, которая въ свою очередь получаетъ вращеніе отъ привода въ ту или другую сторону, черезъ посредство шкивовъ и 2^хъ ремней-открытаго и перекрестнаго. На этой машинѣ можно строгать дерево при движеніи его въ одну сторону или же при движеніи его въ ту или другую сторону.- Въ первомъ случаѣ для выигрыша времени скорость обратнаго движенія платформы бываетъ больше скорости питанія при строганіи; во второмъ случаѣ, который чаще имѣетъ мѣсто, потому что выгодныя скорости движенія платформы въ ту и другую сторону одинаковы.-

Степень питанія можетъ быть измѣняема помощью ступенчатыхъ шкивовъ, входящихъ въ составъ передачи къ самой машинѣ.

Такъ какъ рѣзаніе совершается здѣсь поперекъ волоконъ, то фрезуны употребляются преимущественно желѣзчатые, (Таб. 10 фиг. 10) какъ для уменьшенія сопротивленія рѣзанію, такъ и для избѣганія скалыванія широкихъ частей, которыя въ значительной степени вредятъ чистотѣ работы.

При такомъ фрезѣ обрабатываемая поверхность получаетъ бороздчатый или волнистый видъ (Таб 10 фиг. 11) и неровности будутъ тѣмъ больше, чѣмъ больше ширина а волны или ширина стружки. Кромѣ того, независимо отъ формы фрезы, являются еще волны по направленію строганія, что обусловливается уже свойствомъ строганія поэтому направленію.

Если желаютъ получить болѣе гладкую поверхность, то послѣ обработки желобчатымъ фрезою, ее проходятъ второй фрезъ плоскимъ фрезою, снимая при этомъ самую тонкую стружку, или собственно только выступы волнъ, такъ какъ строганіе плоскимъ фрезою въ настоящемъ случаѣ вовсе невыгодно и при большой толщинѣ стружки можетъ повести къ скалыванію цѣльныхъ пластовъ. (Таб. 10 фиг. 12.)

Съ этою же цѣлью очень часто въ шайбу укрѣпляются одновременно фрезы того и другого типа, (Таб. 10 фиг. 13) такъ что и грубое и чистое строганіе соединяются вмѣстѣ. При этомъ фрезы устанавливаются на различныхъ разстояніяхъ отъ оси вращенія: желобчатые на большемъ радіусѣ, плоскіе на меньшемъ, (Таб. 10 фиг. 14.) такъ что желобчатые фрезы рѣжутъ первые и дѣлаютъ опредѣленную толщину обрабатываемому куску дерева, за чѣмъ слѣдуютъ плоскіе, которые выравниваютъ поверхность. Фрезы укрѣпляются въ шайбѣ обыкновенно помощью клина, какъ въ ручныхъ фрезонкахъ. (Таб. 10 фиг. 15.)

Для плоскихъ фрезовъ употребляется еще закрѣпленіе помощью винта.

Вмѣсто желобчатаго фрезы въ послѣднее время вошелъ въ употребленіе трубчатый фрезъ Wilson'a. Онъ представляетъ коническую стальную трубку съ ребромъ заостреннымъ подъ требуемымъ угломъ β (Таб. 10 фиг. 17) и съ отверстіемъ, расширяющимся кверху для свободнаго прохода черезъ него стружки.

Выгода, представляемая этимъ фрезомъ, состоитъ въ томъ, что его приходится рѣже точить, его можно повертывать около оси на уголъ δ послѣ того, какъ рѣжущая часть ав кругового ребра затупится и такимъ образомъ

заставить работать следующую часть ребра, и т.д. показе затупится все ребро. Разсматривая процесс строгания въ машинѣ Мича, мы замѣтаемъ, что рѣзецъ, перемѣщаясь по кругу, встрѣчаетъ сопротивленіе только на пути ab, (Таб. 10 фиг. 16.) а путь bc da онъ проходитъ безъ всякаго сопротивленія; вслѣдствіе этого при одномъ рѣзцѣ ходъ машины выходитъ совершенно неравномѣренъ. Чтобы сопротивленіе было равномѣрно майба должна быть снабжена нѣсколькими рѣзцами, расположенными на такомъ разстояніи одинъ отъ другого, чтобы, когда одинъ рѣзецъ выходитъ изъ в, т.е. кончаетъ рѣзаніе, другой приходитъ въ а слѣдов. начинаетъ свое дѣйствіе. Разстояніе между рѣзцами опредѣляется по средней ширинѣ обрабатываемой доски.

При діаметрѣ около 0,7 мет. майба получаетъ отъ 4^хъ до 6 рѣзцовъ, слѣдовательно разсчитывается для доски шириною отъ 0,5 до 0,7 діаметра майбы, или отъ 0,3 мет. до 0,5 мет. Увеличеніе числа рѣзцовъ во всякомъ случаѣ полезно, и между прочимъ потому, что съ этимъ уменьшается ширина а стружки, т.е. ширина волны (Таб. 11 фиг. 1) и обстрагиваемая поверхность получается болѣе чистою. Дѣйствительно, обозначивъ число рѣзцовъ черезъ m, черезъ S величину питанія во время одного оборота скорость питанія въ одну секунду, n - число оборотовъ оси въ минуту, найдемъ, что:

$$S = \frac{60.c}{n} \quad \text{и} \quad a = \frac{S}{m} = \frac{60.c}{m.n}$$

Если положимъ $m = 4$, $n = 700$, $c = 30^{m.m.}$ (с колеблется отъ $30^{m.m.}$ — $100^{m.m.}$), то:

$$a = \frac{60.30}{4.700} = 0{,}65^{m.m.}$$

при $m = 6$ .....

$$a = \frac{60.30}{6.700} = 0{,}4^{m.m.}$$

При ширинѣ волны въ $0{,}4^{m.m.}$ она бываетъ почти незамѣтна и отдѣлка плоскими рѣзцами становится ненужною.

По Hartig'у работа, потребная для приведенія въ движеніе строгальной машины можетъ быть выражена:

$$N = N_0 + N_1$$

где N_0 - работа въ холостую, потребная для приведенія въ дѣйствіе холостой машины, а N_1 работа рѣзанія. Для N_1 опытъ даетъ выраженіе: $N_1 = Aq$ или $N_1 = BF$,

гдѣ A и B числовые коэффиціенты, зависящіе отъ толщины снимаемаго слоя и отъ породы дерева; F площадь въ квадратныхъ метрахъ, а q объемъ въ кубическихъ метрахъ,—состраиваемые въ часъ.

$$F = bc.3600 , \qquad q = b.e.c.3600,$$

гдѣ b ширина строгаемаго дерева, c – скорость питанія въ секунду и e толщина снимаемаго слоя.

Испытанія Hartig'a были произведены при помощи динамометра надъ машиной $\frac{1}{3}$ цилиндра съ 4 ножами рѣзцами, при скорости рѣзцовъ 27 метъ въ секунду и скорости питанія 35 m/m

Обработкѣ подвергалась доска краснаго бука (порода средней твердости) шириною 375 m.m.

Изъ этихъ испытаній оказывается, что при

1) $e = 0,3$ m.m. ; $A = 20,4$; $B = 0,00741$ (чистое строганіе плоск. рѣзцами)
2) $e = 2$ m.m ; $A = 4,72$; $B = 0,00944$ } грубое строганіе
3) $e = 5$ m.m. ; $A = 7,04$; $B = 0,03520$ } удовлетворительное рѣзаніе

Сравнивая величину A для этихъ трехъ случаевъ, мы замѣчаемъ, что съ увеличеніемъ толщины слоя – A уменьшается), что указываетъ на выгодность строганія толстой стружкой.

Исключеніе составляетъ 3 случай и это можетъ быть объяснено тѣмъ, что при очень толстомъ слоѣ уголъ рѣзанія для удовлетворительнаго рѣзца не во всѣхъ точкахъ его профиля имѣетъ одинаковую величину, слѣдовательно не во всѣхъ точкахъ другъ угломъ можетъ быть наивыгоднѣйшій.

Работа для движенія холостой машины ($\frac{1}{3}$ цилиндра) по-

мущаемъ $N_0 = 1,47$ силы и можетъ быть принята, какъ средняя для машинъ этого типа вообще.

Если $e = 0,3^{m.m.}$; $b = 3,75^{m.m.}$; $c = 35^{m.m.}$,

то $q = 0,016$ куб. metr.; $A = 20,4$ и $N = 1,47 + 20,4 . 0,016 =$

$= 1,47 + 0,33 = 1,8$ силы.

При $e = 5^{m.m.}$, $q = 0,234$ куб. metr., $A = 7,04$ и

$N = 1,47 + 7,04 . 0,234 = 1,47 + 1,64 = 3,1$ силы

Ransome считаетъ для своей машины $N = 5$ силъ при ширинѣ доски maximum 0,6 mtr, и при наибольшей скорости питанія.

Машины разсмотрѣннаго типа очень выгодны въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ употребляются для строганія толстыхъ сеченій и гдѣ не требуется отъ работы особенной чистоты, такъ какъ въ сильныхъ затратѣ движущей силы направленіе рѣзанія здѣсь наивыгоднѣйшее изъ трехъ возможныхъ. Поэтому онѣ и употребляются исключительно для подобнаго рода работъ, т.е. для предварительнаго груб аго строганія, при которомъ имѣется въ виду прежде всего придать обрабатываемому куску требуемые размѣры. Онѣ годятся для самыхъ широкихъ досокъ и брусьевъ (до 0,5 mtr, и въ крайности до 0,6 mtr) болѣе же узкія могутъ обстрагиваться по нѣскольку штукъ въ рядъ. Но эти машины мало пригодны для чистаго строганія, для этого невыгодно здѣсь и самое направленіе строганія и ѣсколоватый рѣзецъ, какимъ по преимуществу работаетъ машина.

Въ этомъ отношеніи, болѣе совершенное орудіе представляютъ машины 2го типа (Woodworth'a) въ которыхъ рѣзецъ дѣйствуетъ по длинѣ волоконъ, хотя со стороны экономичности работы онѣ уступаютъ первымъ. Эти машины употребляются слѣдуетъ причемъ не только для строганія плоскостей, но и фасонныхъ фигур-

ными цилиндрическими поверхностями.

Действующими орудіями въ машинѣ 2го типа служатъ 2 или 4 плоскихъ рѣзца, которые укрѣпляются винтами въ четыреграннойъ, призматической, усѣченной мѣдно-бронзовой головкѣ, насаженной на горизонтальной оси и вмѣстѣ съ осью получаютъ вращательное движеніе со скоростью отъ 12 mtr до 20 metr въ секунду на конецъ рѣзца, а въ новѣйшихъ американскихъ и англійскихъ машинахъ эта скорость достигаетъ 30 и даже 40 mtr.

При такой значительной скорости и небольшихъ размѣрахъ головки, число оборотовъ рабочаго аппарата отъ 1500 доводитъ до 6000 оборотовъ въ минуту и для правильнаго дѣйствія машины всѣ эти части, получающія вращеніе должны быть хорошо балансированы, а неподвижныя прочно установлены. Всѣ рѣзцы устанавливаются съ одинаковымъ радіусомъ r или все равно съ одинаковымъ выступомъ q (Табл 11 фиг 1). Обрабатываемое дерево помѣщается подъ рѣзцами и получаетъ поступательное движеніе по направленію противоположному направл. рѣзанія. Скорость этого поступательнаго движенія (питанія) отъ 30–100 m.m., а для большихъ скоростей рѣзца отъ 50–200 m.m большія для мягкихъ породъ и наоборотъ.

Ширина в рѣзца д.б. нѣсколько > ширины обстрагиваемой плоскости, такъ что строганіе происходитъ по всей ширинѣ B плоскости, которая достигаетъ въ этихъ машинахъ до 500 m.m (въ новыхъ до 750 m.m) Уголъ α рѣзанія для плоскаго рѣзца въ случаѣ головки 1 рѣзцами выходитъ > 45°, (Табл. 11, фиг. 1) такъ какъ при углѣ въ 45° выступъ q рѣзца надъ головкой выходитъ $z_{бл}=0$ и строганіе головкой невозможно. Обыкновенно α=55°–60° и β=15°–20° и слѣдов. α, около 40°. Чтобы получить α больше въ наивыгоди. величинѣ, т.е.

45°, делаютъ иногда рѣзцы съ загибомъ (Табл.11 фиг.1), но при этомъ изготовленіе и исправленіе рѣзца нѣсколько усложняется и потому, гдѣ нѣтъ крайней необходимости, такихъ рѣзцовъ избѣгаютъ.

Головка съ 2 рѣзцами м.б. сдѣлана не квадратною, а прямоугольною и уголъ α можетъ быть доведенъ до желаемой величины.

Рѣзаніе совершается двумя рѣзцами по дугѣ круга, слѣдовательно поперемѣнно по двумъ волокнамъ: направл. движенія центра перемѣщается направл. волокномъ и при этомъ наивыгодн. образомъ (Табл.11, фиг.2).

Только въ моментъ положенія центра въ С рѣзецъ дѣйствуетъ по направл. волоконъ. Хотя поверх. въ выходитъ вслѣдствіе этого съ задорами, но она постоянно срѣзается при движеніи дерева; поверхность же ef составляется изъ зади. рѣзанія въ С при дальнѣйшемъ перемѣщеніи и потому получается чистою. Если приводимая противъ рѣзущаго аппарата дерево подвигается на величину S, то при одномъ рѣзцѣ получится стружка cbd и ширина волны $a=S$, при m рѣзцахъ $a=\frac{S}{m}$. Если C — скорость движенія, n — число оборотовъ аппарата въ минуту, то: $S=\frac{60.c}{n}$ и $a=\frac{60.c}{m.n}$

Полагая $n=3000$, $c=50^{m.m}$, получимъ $S=\frac{60.50}{3000}1^{m.m}$

При 2 рѣзцахъ $a=\frac{S}{2}=0,5^{m.m}$

" 4 " $a=\frac{S}{4}=0,25^{m.m}$

При такой ширинѣ волны и чрезвычайно малой ея глубинѣ, она становится недѣятельна на строганной поверхности.

Хотя употребленіемъ 4 рѣзцовъ вмѣсто 2^{хъ} достигается большая чистота строганія и вмѣстѣ большая равномѣрность движенія, но при этомъ уголъ α выходитъ невыгоденъ. Такъ какъ при 2 рѣзцахъ ширина волны получается уже не болѣе $0,5^{m.m}$, то чистое строганіе можно считать достигнутымъ и при 2 рѣзцахъ и только рав-

помарность действія орудія, очень важную въ настоящемъ случаѣ, необходимо обезпечить какимъ нибудь образомъ. Для этого очень часто употребляютъ косые фрезы, т.е. фрезы, въ которыхъ рабочее ребро скошено подъ угломъ къ оси (Табл. 11, фиг. 3). Дѣйствіе такого фрезы на дерево начинается выдающимся угломъ a и постепенно распространяется на всю ширину фрезы (слѣва). Ударное дѣйствіе простого фрезы—замѣняется, слѣдовательно, болѣе постепеннымъ дѣйствіемъ, кромѣ того періодъ дѣйствія фрезы увеличивается, а періодъ вращенія безъ рѣзанія уменьшается. Понятно, что условія установки косого фрезы д.б. таковы, что радіусы R и R_1, радиусныхъ точекъ острія д.б. равны между собою. При этомъ плоскости прикрѣпленія фрезовъ будутъ не параллельны между собою и углы a и a. фрез. для точекъ a и b будутъ неодинаковы. Ихъ средняя величина д. быть 45°.

Срѣзанная стружка пріобрѣтаетъ слабый заливъ и д.б. удалена отъ фрезы. Дѣйствіемъ вращенія фрезы сама отбрасывается по касательной къ ея траэкторіи, надо только, чтобы стружка не цѣпляла въ головку и не увеличивала этимъ сопротивленія вращенія. Для этого уголъ головки, прилегающей къ фрезѣ, получаетъ закругленіе, по которымъ направляется заливаніе стружки и между фрезой и головкой помѣщается прокладка со скошеннымъ краемъ, который соотвѣтствуетъ подобно закругленію (Табл. 11, фиг. 4)

(Строгальныя машины 2го типа часто дѣлаются съ 2, 3, 4 режущими аппаратами для строганія одновременно съ нѣсколькихъ сторонъ (Таб. 11 фиг. 5). Фрезы, строгающія верхнюю и нижнюю плоскости вращаются на горизонт. осяхъ, а фрезы, строгающія боковыя плоскости—на вертик., a, b, b_1, c—режущіе аппараты. Изъ нихъ верхніе и 2 боковыхъ имѣютъ оси въ подвижныхъ опорахъ, которыя могутъ

перемѣщаться по разсматриваемой обстраиваемаго бруска. Направл. перемѣщенія верхняго аппарата наклонно къ плоскости стола и перпендикулярно къ направленію натяженія ремня, вслѣдствіе чего измѣненіе положенія аппарата оказываетъ наименьшее вліяніе на натяженіе ремня. Отъ нижняго аппарата С требуется незначит. перемѣщенія, необходимыя для установки толщины слоя, отмѣченнаго спицу и поэтому эта установка могла быть достигнута установительными винтами подшипниковъ.

Питаніе производится 2 парами бороздчатыхъ или гладкихъ валиковъ, приводимыхъ во вращеніе зубчатой передачей. Верхніе валики нажимаются къ дереву системой рычаговъ со грузомъ, изъ осей поворачивающихся въ опорахъ, принадлежащихъ рычагамъ df и dg. Оси вращенія рычаговъ d и e. Нижніе валики устанавливаются винтами k и k, поддерживающими ихъ опоры. Около разсматриваемыхъ аппаратовъ помѣщаются нажимательные механизмы – ролики l, т или же планки, нагруженные грузомъ и пружиной. Ихъ назначеніе направлять поступательное движеніе дерева и удерживать его отъ дрожаній подъ дѣйствіемъ рѣзцовъ. Очень важную часть въ строгательной машинѣ составляетъ укрѣпленіе оси рѣзцоваго аппарата.

При жесткомъ укрѣпленіи, т.е. когда ось не можетъ измѣнять своего положенія, то вслѣдствіе періодическаго дѣйствія рѣзцовъ, они испытываютъ удары, которые передаются и другимъ частямъ механизма. При эластическомъ укрѣпленіи является неудобство другого рода – обстраиваемая плоскость получается неровною: гдѣ сопротивленіе больше, тамъ рѣзцы подымаются и срѣзаютъ болѣе тонкую стружку. Такимъ образомъ оказывается возможнымъ допускать только очень податливыя эластическія укрѣпленія,

напримѣръ съ резиновой прокладкой.

Режущій аппаратъ строгальной машины 2го типа, назначенный главнымъ образомъ для строганія плоскостей, получилъ примѣненіе для цѣлаго ряда разнообразныхъ работъ. Дальше мы замѣтимъ, что фрезы этого рода могутъ употребляться для строганія кривыхъ линейчатыхъ поверхностей произвольнаго профиля.

Для этого вмѣсто плоскихъ фрезъ употребляютъ соотвѣтственнаго вида фигурныя фрезы (Таб. 11 фиг. 6). Такими фрезами изготовляются карнизы, шпунты въ столярныхъ работахъ и т.п.

Наточка ихъ производится точильными кружками или ручнымъ точильнымъ оружіемъ. Этотъ же аппаратъ употребляется для нарѣзки шиповъ у брусьевъ и гребней и четвертей у досокъ. Для этого онъ снабжается 2мя тонкими стальными пилами т и п, укрѣпленными за подошву въ одной сторонѣ аппарата.

Пилы дѣлаютъ надрѣзы въ плоскостяхъ cb и ef (Таб. 11 фиг. 7), перерѣзая волокна въ торцѣ, въ то же время фрезы снимаютъ надрѣзанные слои и образуютъ плоскости ab и de шипа. При употребленіи одного такого аппарата работа требуетъ перестановки дерева.

При двухъ аппаратахъ шипъ нарѣзается съ двухъ сторонъ одновременно. Разумѣется и въ томъ и въ другомъ случаѣ работа производится въ нѣсколькихъ пріемовъ, если глубина вырѣзки съ весьма.

Мы видѣли раньше, что такая работа можетъ быть исполнена круглою пилою. Разница будетъ только въ томъ, что строгальный аппаратъ требуетъ меньшаго числа перестановокъ для гребней и четвертей досокъ (дѣйствуя по длинѣ волоконъ) но не для торцевыхъ шиповъ; тогда какъ круглая пила, не цѣпляя всего слоя, затрачиваетъ меньшую работу двиганія, дѣйствуетъ быстрѣе и даетъ

более чистую поверхность въ дв для шипа. Для нарѣзки двойныхъ шиповъ два строгальныхъ аппарата соединяются съ круглою пилою, которая дѣлаетъ средній прорѣзъ слѣдуя 2^мя пилами. Очевидно разводъ пилы долженъ соотвѣтствовать ширинѣ средняго прорѣза. (Таб. II, фиг. 8)

Тотъ же аппаратъ съ узкими рѣзцами употребляется для строганія у досокъ пазовъ или шпунтовъ (Таб. II, фиг. 9). Такъ какъ рѣзцы при этомъ выходятъ довольно длинны, то конецъ рѣзца загибаютъ для полученія выгоднаго угла α. Этотъ рѣзецъ нѣсколько выбираетъ паз, но вмѣстѣ съ тѣмъ обстраиваетъ и узкую сторону a'f' доски ребра ав и ef. Три узкіе рѣзца, укрѣпленныхъ въ одной головкѣ могутъ быть употреблены для нарѣзки двойного шипа. Необходимо однако замѣтить, что въ этомъ случаѣ рѣзаніе происходитъ главнымъ образомъ въ торецъ, слѣдовательно работа будетъ не экономична въ смыслѣ затраты двигателя (Таб. II, фиг. 10)

Кромѣ того прибавленіемъ сопротивленія рѣзанію и значительной массы самые рѣзцы становятся непрочными. Съ этой стороны, предыдущій способъ нарѣзки двойныхъ шиповъ можетъ считаться болѣе совершеннымъ. Относительно же чистоты работы и этотъ и другой способы даютъ результаты несовсѣмъ удовлетворительные, такъ какъ бока шиповъ получаются рѣзаніемъ по направленію поперечному къ волокнамъ. Впрочемъ чистота здѣсь не особенно требуется, такъ какъ шипы будутъ скрыты въ гнѣздахъ.—

Для выстраиванія пазовъ, полученныхъ по направленію волоконъ дерева употребляются аппараты съ пилами, которыя перерѣзаютъ волокна въ торецъ и доставляютъ возможность плоскому рѣзцу дѣйствовать въ этомъ невыгодномъ направленіи, не производя задиринъ. Wosdworth, Robbs и друг. американскіе строители въ своихъ новыхъ машинахъ упот-

рабланать вместо плоск ножек, (Таб. 11, фиг. 11 (а)) достовляющіе по, видимому болѣе чистую работу. Аппаратъ (Таб. 11, фиг. 11 (в)) заключаетъ въ себѣ 2 двойныхъ ножа и два ръзца, расположенныхъ въ одной плоскости въ перемежку: за ръзцомъ слѣдуетъ ножъ, за ножемъ ръзецъ. Разумѣется этотъ аппаратъ можетъ быть употребленъ и для выстрагиванія продольныхъ пазовъ. Для обдѣлки неделимыхъ брусковъ и особенно, когда требуется придать бруску возможно правильную форму, неподвижный столъ и питающіе валики заключаются подвижной платформой, на которой помѣщается брусокъ и вмѣстѣ съ платформой движется подъ ръзцами. Такъ какъ строганіе возможно при этомъ только при движеніи платформы въ одну сторону, то при такомъ устройствѣ машина будетъ менѣе производительна предыдущей, тѣмъ болѣе, что такія машины дѣлаются обыкновенно только съ однимъ аппаратомъ, по нарядовъ строить ихъ съ нѣсколькими аппаратами. Выгодная сторона ихъ заключается въ правильности обработки даже для дерева коробленаго. Эти двѣ машины находятся совершенно въ такомъ же отношеніи одна къ другой, какъ пилка съ платформой и питающими валиками. Martig производилъ испытанія съ нѣсколькими строгальными машинами типа Woodworth'а работы нѣмецкихъ фирмъ Hartmann'а, Zimmermann'а, и съ одной англійской машиной Robinson'а. Результаты испытаній подтверждаютъ теорію Тиссие, что работа строганія пропорціональна q и уменьшается съ увеличеніемъ e, какъ это было и для машинъ типа Міч'а. При грубомъ строганіи толщина стружки e колебалась при испытаніяхъ отъ 3 $^{m.m}$ до 7 $^{m.m}$; при чистомъ строганіи отъ 0,3 $^{m.m}$ до 0,5 $^{m.m}$.

Полагаемъ опять $N = N_0 + N_1$, Martig нашелъ, что N_0, зависящее отъ конструкціи машины, для радіальныхъ машинъ не было слѣдующее:

1. — Машина Zimmermann'a съ 1 горизонтальнымъ
рабочимъ аппаратомъ ..... $N_0 = 2$

2. — тоже съ 1 горизонтальнымъ и 1 вертикальнымъ ..... $N_0 = 1{,}91$

3. — тоже съ двумя горизонт. и двумя вертикальными ..... $N_0 = 1{,}12$

4. — Машина Hartmann'a съ 1 горизонт. аппаратомъ ..... $N_0 = 1{,}41$

5. — Robinson'a съ 2 горизонт. и 2 вертикал. ..... $N_0 = 3{,}1$

Средняя величина:

Маш. съ 1 аппаратомъ ..... $N_0 = 1{,}5$

— " — 2 — " — " — ..... $N_0 = 2$

— " — 4 — " — " — ..... $N_0 = 3{,}5 - 4$.

$N_1 = Aq$ ..... A уменьшается съ увеличеніемъ e, или

$N_1 = BF$ ..... B медленно увеличивается вмѣстѣ съ e

Для q и F остаются прежнія величины.

Величины A и B очевидно недурно должны зависѣть отъ конструкціи машины, но по Hartig'y-онѣ мало измѣняются съ конструкціей. Очень можетъ быть, что прежде испытанія этого происходило отъ различной величины рабочихъ угловъ и вообще неодинаковаго состоянія рѣзцовъ и съ другой стороны отъ неодинаковаго вліянія напрасныхъ на вредныя сопротивленія въ движущихся частяхъ различныхъ машинъ различныхъ конструкцій. Но послѣднее должно быть отразится на величинахъ N_0, а не N_1

Для выраженія коэффиціента B въ зависимости отъ e Hartig принялъ эмпирическую формулу вида:

$$B = \frac{ae + b}{C},$$

гдѣ e въ миллиметрахъ; a, b и c числовые коэффиціенты машины

	1.	2.	4.	5.
Мягкое дерево: сосна, ольха...	$B = \frac{2{,}5 \cdot C + 28}{1000}$ ...	$\frac{1{,}6e + 20{,}4}{1000}$	$\frac{15e}{1000}$	$\frac{2e + 12}{1000}$
Твердое дерево дубъ, буки....	$B =$	$\frac{3{,}14e + 6{,}48}{1000}$	$\frac{22 \cdot e}{1000}$	

Машина 4 (Hartmann'a) какъ бы составляетъ исключеніе. Длина B пропорціональна e, т.е. N_1 пропорціональна e. f или q. Слѣдовательно для нея коэффиц. A и вмѣстѣ N_1 не зависятъ отъ e. Для всѣхъ остальныхъ N_1 уменьшается съ увеличеніемъ e при данномъ q.

По предыдущему числовыя величины для B будутъ:

Машина 2 .... $e = 0{,}3^{m.m.}$ ... $1^{m.m.}$ .... $2^{m.m.}$ .... $5^{m.m.}$ ..... $10^{m.m.}$

сосна ..... $B = 0{,}021$ ..... $0{,}022$ .... $0{,}023$ ..... $0{,}028$ ..... $0{,}036$

Машина 4 .... $e = 0{,}25^{m.m.}$ ..... $0{,}5^{m.m.}$ .... $1^{m.m.}$ ... $2^{m.m.}$

сосна .... $B = 0{,}0037$ ..... $0{,}0075$ .... $0{,}015$ ..... $0{,}03$

Дубъ, красноватый ..... $B = 0{,}0056$ .... $0{,}0112$ .... $0{,}0224$ .... $0{,}045$.

Работа рѣзанія можетъ быть опредѣлена также по формулѣ Тиме, для каждаго сорта обрабатываемаго дерева. Изъ этихъ же формулъ могутъ быть отысканы и коэффиціенты A и B для формулы Hartig'a.

Кромѣ разсмотрѣнныхъ строгальныхъ машинъ, существуютъ еще машины, въ которыхъ рѣзаніе совершается подобно тому, какъ при рубленіи отрогами рубанковъ. (Табл. II, фиг. 12) Эти машины имѣютъ неподвижный рѣзецъ, установленный наклонно; дерево получаетъ быстрое поступательное движеніе по верхней плоскости стола дѣйствіемъ движущихъ валиковъ или на неподвижной платформѣ подъ рѣзцомъ, которой снимаетъ стружку по всей длинѣ дерева. Машины эти даютъ очень гладкія поверхности, если только дереву сообщена надлежащая скорость; но онѣ мало вошли въ употребленіе, вслѣдствіе того, что всѣ доселѣ извѣстные аппараты для быстраго перемѣщенія дерева оказываются несовершенны.

Дерево-долбежныя машины.

Главное и почти единственное назначеніе дерево-долбежныхъ машинъ

составляетъ выдалбливаніе сквозныхъ и глухихъ гнѣздъ для шиповъ.

Рабочимъ орудіемъ въ нихъ служитъ долото, получающее прямолинейное возвратное движеніе обыкновенно по вертикальному направленію.

Долота дѣлаютъ нѣсколькихъ различныхъ видовъ. (Таб. 11 фиг. 13)

Простѣйшее изъ нихъ представляетъ прямоугольную призму съ двумя гранями, скошенными подъ углами α и α_1 (уголъ резанія и уголъ наклона) причемъ режущая расширенная часть долота получаетъ или прямоугольную, или трапецоидальную форму (для изготовленія трехъ боковъ долота о дерево) Такое долото можетъ рѣзать только въ одной плоскости (по ширинѣ гнѣзда), бока же снимаемаго имъ слоя просто скалываются, вслѣдствіи чего работа выходитъ несовсѣмъ чистою и требуетъ нѣкоторой излишней затраты движущей силы (Таб. 11, фиг. 14). Чтобы получить болѣе выгодное дѣйствіе, употребляютъ долото съ тремя режущими кромками, которыя въ поперечномъ сѣченіи представляютъ видъ ⊓.

Это тоже долото 1го типа съ выемкою въ одной сторонѣ. Замѣтимъ однако, что наточиваніе такого долота на плоскомъ точилѣ нѣсколько затруднительно и обыкновенно производится спеціальными точильными камнями соотвѣтственныхъ радіусовъ.

При выдалбливаніи глухихъ и глубокихъ гнѣздъ долотами описанныхъ двухъ видовъ, гнѣздо скоро заполняется стружками, которыя стѣсняютъ движеніе долота и должны быть періодически удаляемы. Чтобы можно было производить работу непрерывно употребляютъ иногда, какъ при ручномъ, такъ и при машинномъ долбленіи, долото съ выступомъ съ внутренней стороны, который извлекаетъ стружку при своемъ восходящемъ движеніи. Дерево-долбежныя машины дѣлаются рычажныя или дѣйствующія отъ ноги и приводныя. Машина состоитъ изъ станины a (Таб. 11, фиг. 15) съ направляющими $B-B$ для стержня долота и под-

вилочного стола C, на которомъ выдалбливаемый брусокъ устанавливается посредствомъ винта a и вмѣстѣ со столомъ получаетъ перемѣщеніе по направленію своей длины. Перемѣщеніе это въ ручныхъ машинахъ производится нѣкоторымъ механизмомъ (зацѣпленіе шестерни съ зубчатой рейкой стола d) отъ руки за маховикъ e; въ приводныхъ машинахъ подобный же механизмъ иногда получаетъ свое движеніе отъ привода.

Кромѣ этого бокового перемѣщенія стола, онъ можетъ получать еще вертикальное—вверхъ и внизъ, посредствомъ установочнаго винта съ маховикомъ g. Этимъ устанавливается относительное положеніе бруса и долота и такимъ образомъ регулируется глубина долбленія. Въ ручныхъ машинахъ движеніе долоту сообщается посредствомъ рычага frq, сочлененнаго со стержнемъ долота гайкою rs. Противовѣсъ q на концѣ рычага уравновѣшиваетъ рычагъ, стержень и другія подвижныя части рабочаго механизма. Обыкновенно гнѣзда довольно глубокія долбятся не сразу на всю длину, а въ нѣсколько пріемовъ: послѣ долбленія на извѣстную глубину поднимаютъ столъ, дѣйствуя за маховичекъ g и повторяютъ работу. Если обрабатывается твердое дерево, то необходимо сначала высверлить въ немъ отверстіе (сквозное или глухое) для перваго прохода долота; при послѣдующихъ затѣмъ ударахъ, долото, углубляясь въ дерево, должно вынѣснить нѣкоторый объемъ стружекъ, помѣщеніемъ для которыхъ и будетъ служить это отверстіе. Отверстіе высверливается въ срединѣ предполагаемаго гнѣзда и начинаютъ серединными гнѣзда долбленія при движеніи дерева сначала въ одну сторону, потомъ долото поворачивается около оси на 2 прямыхъ угла и при движеніи дерева въ обратную сторону выдалбливается другая половина гнѣзда (Таб. 11 фиг. 17).

Это предварительное сверленіе для ручныхъ машинъ дѣлается обыкновенно на отдѣльной сверлильной машинѣ. Впрочемъ въ ручныхъ маши-

нажь Wotzsam'a стержень долота можетъ получать и качательное и вращательное движеніе, смотря по надобности.

Въ первомъ случаѣ машина слуэкитъ, какъ долбежная, во второмъ случаѣ, когда въ стержень вставлено сверло, машина обращается въ сверлильную.

Приводныя долбежныя машины для большаго удобства почти всегда устроены съ сверлильнымъ аппаратомъ (Таб. 12, фиг. 1) который помѣщается съ боку станины, рядомъ съ аппаратомъ для долбленія и оба приводятся въ движеніе отъ общаго привода въ нижней части станины.

Общее устройство приводной долбежной совершенно сходно съ описаннымъ устройствомъ ручной. Движеніе долоту сообщается отъ вала D черезъ посредство кривошипа Dr и шатуна rS, соединеннаго со стержнемъ долота въ S, гдѣ ползунъ ходитъ между направляющими B, B.-

Высота стола устанавливается установочнымъ винтомъ, боковое движеніе столу сообщается большею частью отъ руки, какъ въ ручныхъ машинахъ.

E- сверлильный аппаратъ. Если имѣютъ дѣло съ крупными брусьями, то такой брусъ помѣщается не только на столѣ (который обыкновенно бываетъ не длиненъ), но частью на горизонтальныхъ планкахъ i, i, располагаемыхъ поодаль сторонь стола, которыя слуэкатъ для болѣе свободнаго перемѣщенія дерева при установкѣ его на столѣ. Для долбленія длинныхъ брусьевъ, машины дѣлаются съ 2 шпиндэлями, на которыя брусъ укладывается и двигается поперемѣнно. Въ этомъ случаѣ брусъ имѣетъ только одно горизонтальное перемѣщеніе, глубина же долбленія можетъ устанавливаться вертикальнымъ перемѣщеніемъ самого долбежнаго аппарата, какъ это дѣлаетъ Wotzsam въ своихъ машинахъ. Машины же Ransom'a и так. же Robinson'a всѣ устраиваются съ подвижнымъ столомъ.

При долбленіи въ мягкомъ деревѣ предварительное сверленіе можетъ быть обойдено пріемъ постепеннаго увеличенія глубины дѣйствія долота при

каждому его ходу; (Табл.12, фиг.2) подъемом ли стола или опусканием долбежного аппарата- пока не получится требуемая глубина. Это делается следующим образом; при первом ходу долото углубляется в дерево на всю величину своего заострения, срезывая дерево на столько, чтобы занять объем abc. При подъеме долота, дерево перемещается на величину be. При следующем ходу долото скалывает часть beed, вытесняет ее вперед и срезывает в объем adcf, заостренная же часть долота углубляется в дерево и срезывает его, чтобы занять объем fgh и т.д. Каждый раз долото испытывает сопротивление скалыванию и срезанию, которое по мере углубления увеличивается. Таким образом получается одна сторона гнезда, составленная из ряда уступов.

Дальнейшее действие долота будет состоять в срезывании плоских элементов x, которые по мере их отделения будут помещаться в объем, занимаемый предыдущим долотом. Часть klm (Таб.12, фиг3) срезается долотом, повернутым на 180°.

Очевидно такая работа не может быть производительна по отношению ко затрачиваемому времени и двигающей силы. Вся выгода ея состоит только в том, что можно обойтись без сверлильной машины.

В применении ко твердому дереву этот прием совершенно невозможен, вследствие значительного сопротивления такого дерева срезанию.

В этих случаях необходимо сквозное сверление. Чтобы избежать разделения работы на 2 операции и сопряженных с этим перестановок и установок в тех случаях, где работа долбежием встречается часто, к которым относятся этих машин (Ранзоме и др) предполагают особое орудие, которое одновременно действует и долбежием и сверлением. Это пустотелое четырехгранное долото, внутри которого помещается винтовое сверло. (Таб 12, фиг.5) Оно выступает

нѣсколько ниже режущихъ реберъ долота и слѣдовательно начинаетъ опе-
ствовать первое, чистое вращательное движеніе и выноситъ поступатель-
ное съ долотомъ. Такимъ образомъ сверло высверливаетъ круглое отвер-
стіе, а долото въ тоже время срѣзаетъ его бока. Вращеніемъ сверла дру-
жки поднимаются кверху и выпопаются черезъ 2 боковыя отверстія въ
долотѣ. Величина перемѣщенія дерева при каждомъ ходѣ долота мо-
жетъ быть почти равна ширинѣ в паза (четвероугольника квадрата сѣченія
долота) и работа такимъ орудіемъ идетъ сравнительно довольно быстро,
но машины и самое орудіе выходятъ нѣсколько сложны. Самый серіезный не-
достатокъ этого долота состоитъ въ почти абсолютной невозможно-
сти направлять его обыкновеннымъ путемъ. Кажется единственный воз-
можный способъ для его наточки – отъ руки, точильнымъ брускомъ такимъ
радіусовъ, чтобы онъ могъ входить внутрь долота, когда сверло выну-
то; сточкой же наружныхъ граней долота уменьшались бы его радіусы
и слѣдовательно радіусы выдалбливаемаго паза.

Скорость поступательнаго движенія сложнаго долота очевидно должна
быть меньше, нежели для простаго: такъ какъ опредѣляется здѣсь, нежела-
тельно условіями сверленія, къ которому главнымъ образомъ и сводится
работа. Работа сверленіемъ, какъ увидимъ дальше, при всѣхъ одинаковыхъ
условіяхъ, вообще, менѣе выгодна, нежели работа стругающимъ долбленіе-
емъ, вслѣдствіе несовершенства сверлильныхъ орудій, но въ настоящемъ слу-
чаѣ первое будетъ выражаться преимущественно въ плоскости вокругъ, а второе въ
торцѣ, изъ которыхъ первое выгоднѣе втораго. Если принять еще во вниман-
іе то удобство, что для удаленія стружекъ формы сложнаго долота осо-
бенно благопріятна, то кажется можно придти къ заключенію, что по-
лезное дѣйствіе его должно придти къ заключенію, что полезное дѣйствіе
его должно быть по крайней мѣрѣ не меньше, нежели долота простого.

Въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ – именно при долбленіи глубокихъ и узкихъ квадратныхъ гнѣздъ – слѣдуетъ долото полагать замкнутымъ.

Работа долбежныхъ машинъ. (Шаз. 12, фиг. 4)

Сопротивленіе, встрѣчаемое долотомъ въ долбежной машинѣ, есть сопротивленіе рѣзанію въ торцъ.

$$P = k.b.e,$$

гдѣ b ширина долота; e – толщина снимаемаго слоя. Если отношеніе рычаговъ въ ручной машинѣ есть $\frac{p_0}{r_0} = m$, то усиліе на рукоять:

$$T = \frac{P}{m} = \frac{k.b.e}{m} = 16 \text{ kil (усиліе одного человѣка)}. \text{ Отсюда:}$$

$$b.e = 16\,\frac{m}{k}.$$

Обыкновенно m дѣлается отъ 4 до 6. При $m=4$; $b.e = \frac{64}{k}$.

Для сосны напр. $k = 2$ kil и $b.e = 32$ квадрат. mill. – площадь снимаемаго слоя на ручной машинѣ.–

При $b = 15^{m.m.}$; $e = 2^{m.m.}$ Для приводныхъ машинъ, если v средняя скорость движенія рѣзца и P – сопротивленіе рѣзанію.

$$\frac{1}{2}\cdot\frac{P.v}{2} = 75 N_1 \;;\; N_1 = \frac{Pv}{300} = \frac{k.b.e.v}{300}$$

Скорость v рѣзца въ приводныхъ машинахъ бываетъ отъ $1^{m/s}$ до $2,5^{m/s}$

Принимая средн. $v = 1,5^{m/s}$ и для сосны $k = 2$ kg. на $1^{kv.mi.}$ получимъ:

$$N_1 = \frac{2.1,5}{300}\,b.e = 0,01\,b.e.$$

Ширина b долота max. $50^{m.m.}$

Средняя величина $e = 3^{m.m.}$

Полагая $b = 25^{mm} = 1''$; $e = 3^{m.m.} = \frac{1}{8}''$ получимъ для сосны:

$$N_1 = 0,01.75 = 0,75 \text{ пар. силъ}.$$

По Martig'y средняя величина $N_0 = 0,35$ для приводныхъ машинъ.

Слѣдовательно: $N = N_0 + N_1 = 0,35 + 0,75 = 1,1$ силъ для сосны при $b = 25^{mm} = 1''$.

А. Ранзоме считаетъ на каждый дюймъ ширины в дюйма 1 сиеч, что почти согласно съ найденной нами цифрой. Въ станкахъ со спиральными долотомъ движеніе соединяется со вращеніемъ и, какъ уже замѣчено, работа ихъ можетъ быть разсматриваема приблизительно, какъ работа сверленіемъ.

Сверленіе дерева. Сверлильныя машины.

Сверленіе дерева представляетъ случай спиральнаго рѣзанія, совершающагося по различнымъ направленіямъ относительно волоконъ. (Таб.12, фиг.6)

Для большинства сверлъ боковое очертаніе высверливаемаго отверстія, мы можемъ разсматривать, какъ прямоугольное, а сверленіе, въ отношеніи сопротивленія, какъ рѣзаніе въ плоскости ab ⊥ къ оси cd сверла и одновременно по боковой цилиндрической поверхности отверстія. Слѣдовательно сверло должно представлять орудіе, приспособленное для двоякаго рѣзанія—одновременно въ плоскости волоконъ и въ торецъ; кромѣ того оно должно быть такъ устроено, чтобы стружка не стѣсняла его дѣйствія, чтобы оно давало возможность стружкѣ свободно отдѣляться и выходу выводило бы стружку изъ отверстія по мѣрѣ ея образованія.

Условіе это очевидно будетъ имѣть тѣмъ большее значеніе, чѣмъ глубже сверлится отверстіе. Нѣкоторыя сверла, а главнымъ образомъ машинныя сверла дѣйствительно получаютъ формы, приноровленныя для выполненія этихъ требованій въ большей или меньшей степени, другія же вслѣдствіе частныхъ требованій уклоняются отъ правильнаго типа.

Всѣ виды ручныхъ и машинныхъ сверлъ, употребляемыхъ для сверленія дерева можно свести къ тремъ типамъ: центровое сверло, винтовое и буравъ.—

Центровое сверло. (Таб.12, фиг.7) употребляется исключительно

при ручном сверлении. Оно имеет срезец св, назначенный для резания в плоскости перпендикулярной к оси, что составляет главную работу сверла, и ось а, который служит для бокового резания, т.е. в боковой поверхности отверстия. Ось опущен ниже резца, следовательно действует первый; он перерезает волокна, не отделяет стружки. За ним следует срезец, срезающий неясты в предыдущ, которые оставлены осью.—

Так как сопротивление, встречаемое осью и резцом неодинаково (второе значительно больше первого), то моменты действующие на сверло не будут в равновесии относительно его оси вращения и сверло кроме вращательного движения будет иметь еще стремление к поступательному. Чтобы препятствовать этому поступательному движению сверло имеет центр с, выступающий значительно вперед. Этот центр входит в дерево раньше нежели начинается резание и, определяет собой ось вращения, удерживает сверло.

Все стороны резца плоски и угол а одинаков для всех точек режущего ребра вс. Сторона св как раз равна ас или немного меньше, для того, чтобы резец не выходил из предыдущ действия оси.

Сторона сf несколько короче св и бока ад и вh скошены кверху для избежания трения этих боков о внутреннюю поверхность отверстия.—

Стружка, срезанная резцом поднимается по передней его грани, принимая вид винтовой поверхности, затем встречает вертикальную плоскость сверла, отгибается в сторону и, если отверстие неглубоко, выходит из него свободно. В глубоком отверстии стружка упирается в бока отверстия, изгибается и остается в отверстии, затрудняя вращение сверла. Поэтому центровое сверло может быть выходом употребляться только для сверления неглубоких отверстий, глубо-

жія же выгодитъ сверлить или винтовымъ сверломъ, которое своимъ
вращеніемъ само удаляетъ стружку, или же бураномъ, посредствомъ
котораго можно извлекать стружку, вынимая его по временамъ изъ
отверстія. Центровое сверло разнится главнымъ образомъ для сверле-
нія по направленію перпендикулярному къ плоскости волоконъ, когда
рѣзецъ его, совершающій главную работу, дѣйствуетъ въ этой плоскости
и слѣдовательно находится въ условіяхъ наивыгоднѣйшаго дѣйствія, а
ножъ перерѣзаетъ волокна поперекъ. При этомъ рѣзецъ не встрѣчаетъ
большаго сопротивленія и уголъ α дѣлается отъ 40° до 45°; $\alpha_1 = 15°$.

При сверленіи по направленію длины волоконъ, сопротивленіе, испыты-
ваемое рѣзцомъ, выходитъ больше, такъ какъ рѣзаніе совершается въ торецъ,
между тѣмъ какъ ножъ, дѣйствуя въ этомъ случаѣ между волокнами, вяз-
нетъ и увеличиваетъ сопротивленіе. Относительно чистоты работы
первый случай оказывается также болѣе благопріятнымъ для центроваго
сверла.

Винтовое сверло. (Таб. 12, фиг. 8) есть наиболѣе рациональное орудіе
для сверленія; оно употребляется какъ ручной инструментъ и какъ орудіе свер-
лильныхъ машинъ. Винтовыя сверла бываютъ однооборотныя и двухоборот-
ныя, послѣднія встрѣчаются чаще, такъ какъ несомнѣнно выгодитъ
первыхъ всякодѣтіе большаго изъ уравновѣшенія относительно оси враще-
нія. Однооборотное винтовое сверло имѣетъ винтовыя поверхности,
образующіяся движеніемъ acb и $a_1b_1c_1$, которыя не измѣняя своего положе-
нія относительно одна другой, перемѣщаются, оставаясь въ плоскостяхъ
перпендикулярныхъ къ оси винта, причемъ концы ихъ описываютъ винто-
выя линіи mbn и $m_1b_1n_1$. Если образующими служатъ кривыя линіи, то
въ вертикальной проэкціи bc и c_1 получаются закругленія и сверло при
всѣхъ другихъ обстоятельствахъ (одинаковыхъ) выходятъ прочнѣе.

Рѣзаніе въ плоскости дна совершается остріями ed и fd_1, которые образуются отъ пересѣченія винтовыхъ полостей плоскостями eg и fh, наклонными къ плоскости дна подъ угломъ β. Для бокового же рѣзанія служатъ ножи e и f, загнутые внизъ. Хотя рѣзцы расположены симметрично относительно оси сверла, но сопротивленіе для нихъ вообще нельзя полагать одинаковымъ, по несовершенству орудія и вслѣдствіе неоднородности строенія матеріала, слѣдовательно сверло нельзя считать всегда уравновѣшеннымъ. Поэтому и здѣсь для сохраненія оси вращенія сверло получаетъ центръ пирамидальный или конической съ винтовой нарѣзкой. Если разрѣзать сверло (Таб. 12, фиг. 8) плоскостью AB перпендикулярною къ касательной CD средней винтовой линіи, то въ сѣченіи получится кривая klp (Таб. 12, фиг. 9(a)), для которой kp есть половина проэкціи шага на AB, безъ толщины ребра; $rl = \frac{D - cc_1}{2}$,

гдѣ D діаметръ винта. Слѣдовательно сверло можетъ быть приготовлено нарѣзкой $2^{мя}$ оборотнаго винта рѣзцомъ, котораго профилемъ будетъ кривая klp, или же скручиваніемъ стальной полосы, сѣченіе которой подобно $acbb_1c_1a_1$, только толщина по краямъ $= e$.–

Уголъ рѣзанія α опредѣляется наклономъ винтовой линіи къ осн, слѣдовательно зависитъ отъ отношенія шага винта къ его діаметру.

Въ настоящемъ случаѣ α есть величина переменная и это составляетъ недостатокъ винтового сверла, такъ какъ при переменномъ α выгодныя условія рѣзанія не могутъ быть соблюдены для всѣхъ точекъ режущаго ребра. Наивыгоднѣйшая величина α должна быть для нѣкотораго средняго діаметра винта, затѣмъ α будетъ больше для точекъ острія, меньше ближе къ центру и наоборотъ.

Среднее плечо сопротивленія при вращательномъ движеніи сверла можно принять $R_0 = 0{,}7R$ и средній діаметръ для котораго d слѣдуетъ

дать наивыгоднейшую величину — $D_0 = 0{,}7D$.—

Развернувши на плоскость винтовую линию при диаметре D_0, будем имѣть: $h = \pi D_0 \operatorname{tg}\alpha = 0{,}7\pi D \operatorname{tg}\alpha$;

$$\frac{h}{D} = 0{,}7\pi \operatorname{tg}\alpha,$$

при $\alpha = 45°$ и $\operatorname{tg}\alpha = 1$, получимъ:

$$\frac{h}{D} = 0{,}7 \cdot \pi = 0{,}7 \cdot 3{,}14 = 2{,}2$$

Это отношеніе нѣсколько особенно въ винтовомъ сверлѣ.

Уголъ наклона β дѣлается около 15°. Центръ винтового сверла часто получаетъ винтовую нарѣзку, которая ввинчивается въ дерево и способствуетъ осевому поступательному движенію сверла. Нельзя сказать, чтобы винтовой центръ доставлялъ какую либо экономію въ движущей силѣ, напротивъ, треніе этого винта въ деревѣ увеличиваетъ сопротивленіе. Выгода винтового центра состоитъ въ томъ, что онъ уменьшаетъ усиліе необходимое для нажатія сверла; такимъ образомъ при ручномъ сверленіи работа становится болѣе способною для работника, потому что сводится преимущественно къ вращенію сверла. Въ сверлильныхъ машинахъ нажатіе обыкновенно бываетъ ручное, слѣдовательно здѣсь винтовой центръ даетъ полное поступательное движеніе сверлу, но его имѣетъ опредѣленную подачу отдачи. Подача отдачи при машинномъ сверленіи бываетъ:

для дерева мягкихъ породъ $e = 0{,}6^{m.m.} — 1^{m.m.}$

—" —" средней —" — $e = 0{,}2^{m.m.} — 0{,}5^{m.m.}$

—" —" твердыхъ —" — $e = 0{,}1^{m.m.} — 0{,}3^{m.m.}$

При ручномъ сверленіи $\underline{e}$ зависитъ отъ ширины отдачи, т.е. отъ діаметра сверла. (Таб. 12, фиг. 10) Слѣдовательно, для 2^{m} оборотовъ винтового сверла его поступательное движеніе при 1 оборотѣ центра должно быть вдвое больше $\underline{e}$ .... $h_1 = 2e$.

Если этому винту также 2 оборотный, то ..... $h_1 = e$.

То, что сказано было о центровом сверле, можно повторить и здесь это-невыгодное его действие при сверлении в торец. На этот случай вместо употребления лодей заготовляют сверху конечные углубления, так что они образуют острия, заменяющия лодки.

Боковое острие отверстия получается при этом округленным и сверло действует подобно ложковатому резцу. Угол α здесь также режущий, однако окончательно можно придать такой угол, при котором α будет меняться между предельно близкими.

Ввиду сказанного это сверло может быть употреблено также и для сверления перпендикулярно к плоскости высекой, но здесь оно обнаруживает некоторый недостаток относительно чистоты работы, которой всего более может быть место при сверлении буравом и о котором сказано в последствии. Получаемые при сверлении стружки заключаются между двумя спиральными винтовыми вставами и должны отверстия, действием сверла поднимаются вверх и выталкиваются из отверстия. Объем, который могут стружки занять в отверстии, зависит от объема самого сверла, т.е. главным образом от толщины e винтовой вставы, придаваемых диаметр и шаг винта.

Для свободного действия сверла выгодно, чтобы объем этот был больше, следовательно, чтобы e было меньше; при заданном сверлении условие это важное между сверлом руками, вследствие большой скорости сверла, при которой стружки не успевают также быстро выводиться из отверстия, как накопляются, и способны затормозить сверло. При большом диаметре сверла, толщина e по отношению к диаметру может быть сделана достаточно малою; в предыдущих простых формулах по это невозможно для сверл малого диа-

центра, которые дѣлаются поэтому съ одною винтовою вѣтвью, предоставляющею большій просторъ для стружекъ при тѣхъ же радіусахъ сверла. (Таб. 12, фиг. 9). Однооборотная винтовое сверло неуравновѣшено относительно оси си съ этой стороны; слѣдовательно есть менѣе совершенное орудіе, нежели двухоборотное сверло, во всѣхъ другихъ отношеніяхъ оба сверла мало разнятся между собой. Наивыгоднѣйшее отношеніе ma къ діаметру есть тоже 2,2 только мало здѣсь считается иначе. Ножъ замѣняется загнутою винтовою вѣтвью. Разсматривая сверло въ сѣченіи и сравнивая его съ 2-хъ оборотнымъ сверломъ, можно убѣдиться, что помѣщеніе для стружекъ для перваго больше нежели для втораго.

Въ первомъ случаѣ оно представится въ сѣченіи площадью большею половины круга, а второмъ — меньшею. Однооборотное сверло можетъ быть приготовлено наружкою, проникающею до оси, рѣзцомъ соотвѣтствующаго профиля, или скругливаніемъ около оси OH полосы, видъ которой въ сѣченіи опредѣляется сѣченіемъ сверла по CF.

Буравъ. (Таб. 12, фиг. 11) представляетъ стальной желобъ, закругленный около его оси A-B. Нижняя часть его съуживается къ окончности и при кручении получаетъ меньшій шагъ, образуя спиралью винтъ m, способствующій поступательному движенію орудія при сверленіи.

Такъ какъ высверливаемое углубленіе съужено книзу и при сверленіи расширяется вмѣстѣ съ поступательнымъ движеніемъ сверла, то рѣзаніе очевидно будетъ совершаться винтовыми ребрами gdef одновременно почти по всей длинѣ профиля g'd'e'f' отверстія (нижняя часть сверла не рѣжетъ и входитъ въ дерево, раздавая волокна). Уголъ рѣзанія и уголъ наклона будутъ слѣдовательно α и α_1 въ плоскости сѣченія перпендикулярной ~~къ~~ оси (см. сѣченіе по ab). Уголъ α опредѣляется видомъ внутренней кривой сѣченія, для данной шага онъ есть величина постоянная

и можетъ быть сдѣланъ въ 45°, но такъ какъ цѣль крученія не всегда одинаковъ, то и α измѣняется, хотя между предѣлами довольно близкими

Уголъ α_1 посредствомъ заточки наружной поверхности и бываетъ вообще невеликъ. Для правильнаго рѣзанія винтовымъ резцомъ, уголъ наклона ихъ къ оси должен быть невеликъ; слѣдовательно они должны получить большой шагъ, при которомъ автоматическое удаленіе стружекъ оказывается невозможнымъ и достигается только періодическимъ вынниманіемъ самаго орудія. При такомъ профилѣ углубленія, который этимъ буравомъ получается, рѣзаніе въ плоскости дна не существуетъ и буравъ оказывается выгоднымъ орудіемъ для сверленія въ торцъ, когда рѣзаніе будетъ въ поверхностяхъ, почти заключающихъ въ себѣ волокна.

Въ этомъ отношеніи буравъ имѣетъ только одинъ недостатокъ - отсутствіе полнаго уравновѣшенія, относительно оси, но упираясь широкими полосками въ бока отверстія, буравъ обладаетъ достаточною способностью противодѣйствовать боковымъ силамъ. При сверленіи въ направленіи, перпендикулярномъ къ плоскости волоконъ, (Таб. 12, фиг. 12) буравъ не выгоденъ не столько потому, что встрѣчаетъ большое сопротивленіе, но и въ отношеніи чистоты сверленія. Въ этомъ случаѣ рѣзаніе проявляется частью по оси волоконъ, частью въ торцъ и въ кускахъ fng, гдѣ условія рѣзанія всего менѣе благопріятны (уголъ между направленіемъ рѣзанія и волокнами острый) получается неровная поверхность, а мягкое дерево въ этихъ кускахъ раздирается и даже раскалывается. Къ этому можно добавить, что буравъ вообще. пригоденъ для ручного сверленія вообще, тогда какъ винтовое сверло - для сверленія машиною, гдѣ возможно болѣе правильное его вращеніе, необходимо обусловливаемое одинаковымъ его діаметромъ на большую длину. Буравъ не можетъ быть употребленъ въ такихъ случаяхъ, гдѣ несквозное углубленіе должно получить плоское дно, съ другой стороны его

есть почти единственное орудіе, годящееся разсверливать существующія отверстія.

Перка, - простѣйшій видъ бурава, представляетъ стальной, изогнутый крюкомъ, съ боками призматически параллельными, употребляется для сверленія отверстій небольшаго діаметра, посредствомъ ручного коловорота.- Исключительное назначеніе перки для отверстій подъ гвоздь, костыль или шуруп, т.е. для случаевъ, гдѣ не требуется чистоты, а только быстрая работа и нѣкоторая правильность въ направленіи.

Болѣе употребительные виды перекъ два: съ заостреннымъ концомъ, образующимъ центръ (Табл.12, фиг.13) и другой - съ ребромъ, дѣйствующимъ въ плоскости оси, безъ всякаго центра (Табл.12, фиг.14). Первый типъ считается болѣе удобнымъ, по крайней мѣрѣ въ отношеніи установки, но весьма мало и тотъ и другой орудія въ высшей степени несовершенныя, весьма неуравновѣшенныя. Хотя, помѣщаясь въ отверстіи и упираясь въ его бока гладкою поверхностью, они и обладаютъ нѣкоторою способностью удерживать ось сверленія, но въ первый моментъ углубленія въ дерево, для перваго типа эта поверхность очень мала, а для втораго она совсѣмъ не существуетъ.

Зубчатое заостреніе перваго образуетъ режущее ребро fc, которому почти невозможно придать правильное угловатіе, вслѣдствіе замкнутой формы этого зубца, при наточкѣ же реберъ форма орудія быстро измѣняется. Въ перкѣ втораго типа, кромѣ подобнаго режущаго часто является еще ребро gh. Эта перка можетъ работать только въ одну сторону, тогда, какъ первая - въ обѣ.

Сверлильныя машины (Табл.13, фиг.1) бываютъ горизонтальныя и вертикальныя. Вращеніе сверлу сообщается отъ привода, а поступательное его движеніе или подача обыкновенно производится рукой. Шпиндель сверла уравновѣшивается противовѣсомъ. Дерево помѣщается на столѣ

если сверлится въ небольшихъ кускахъ; крупные бруски сверлятся на ровномъ или двухъ на тележкахъ, двигающихся по рельсамъ. Механизмъ для поднятія и опусканія дерева двигается очень редко; въ запасѣ этого сверла получается значительный ходъ, при которомъ можно сверлить самые толстые бревна. Самые тонкіе (горизонтальные) сверлильные станки вспрыскиваются реже и по преимуществу тогда, когда кромѣ сверленія слѣдуетъ и для другихъ операцій (какъ это бываетъ при круглой пилѣ со сверломъ и пр.) Матеріалъ во нихъ часто производится действіемъ пилы надо

Большія машины дѣлаются иногда съ передвижнымъ сверломъ, которое можно устанавливать по работѣ, но такія сложныя сверлильныя машины для дерева встрѣчаются рѣдко. Средняя скорость вращенія наружнаго діаметра сверла допускается отъ $1^{\frac{m}{s}}$ до $2^{\frac{m}{s}}$ въ секунду, для большихъ сверлъ она доходитъ иногда до $4^{\frac{m}{s}}$

Наибольшій діаметръ машиннаго сверла не превышаетъ 100 $^{m.m.}$; такія большія сверла употребляются рѣдко, обыкновенно же не больше 50 $^{m.m.}$

Для такого сверла число оборотовъ его въ минуту:

$$n = \frac{30 \cdot v}{\pi D} = \frac{30 \cdot 3^{\frac{m}{s}} \cdot 1000}{3,14 \cdot 50} = \text{около } 600 \text{ оборотовъ}$$

Для сверла съ наименьшимъ діаметромъ 10 $^{m.m.}$

$$n = \frac{30 \cdot 1^{\frac{m}{s}} \cdot 1000}{3,14 \cdot 10} = 1000 \text{ оборотовъ}$$

Между этими предѣлами, т.е. 600 и 1000 обыкновенно и колеблется число оборотовъ шпинделя сверлильной машины среднихъ размѣровъ.

Динамометрическія испытанія, произведенныя Martig'омъ показали, что величина работы сверленія для даннаго высверленнаго объема матеріала въ зависимости отъ діаметра сверла, или точнѣе отъ увеличенія діаметра. Зависимость же этой работы отъ толщины стружки оказалась чрезвычайно слабая, вѣроятно вслѣдствіе незначительной толщины стружки (отъ 0,1 $^{m.m.}$ до 0,6 $^{m.m.}$), такъ что Martig въ

своихъ формулахъ не вводитъ этой зависимости. Кромѣ того оказалось, что винтовое сверло-двуоборотное расходуетъ крученымъ числомъ въ 4 раза меньше работы двигателя, нежели центровое сверло, при томъ же объемѣ высвердленнаго дерева и при одинаковыхъ условіяхъ машинной работы.

Хотя обстоятельство это можетъ быть до нѣкоторой степени оправдано сравнительнымъ совершенствомъ перваго орудія передъ вторымъ, но такая большая разница все таки сомнительна. Необходимо замѣтить, что испытанія производились не въ большомъ числѣ. Ихъ итогъ выходитъ:

$$N_1 = A\,q.$$

гдѣ q высвердленный объемъ въ кубическихъ метрахъ въ часъ. Величина A дана для случая сверленія центровымъ сверломъ и въ направленіи перпендикулярномъ къ плоскости волоконъ, такъ какъ машинное сверленіе въ торцъ сопряжется рѣдко.

$$A = 7{,}6 + \frac{1000}{D^{mm}} \quad \text{для сосны}$$

$$A = 210 + \frac{2280}{D^{mm}} \quad \text{для бука.}$$

Для винтоваго сверла A въ 4 раза меньше.

Для машины Hartmann'a при D доходившемъ до 100^{mm}

$$N_0 = 0{,}265$$

$$N = N_0 + N_1 \qquad \text{и } n = 800.$$

Примѣръ. Для сверленія осины при $D = 75^{mm}$ и $e = 0{,}5^{mm}$

$$q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot c \cdot 3600, \text{ гдѣ } c \text{ скорость питанія.}$$

Если h – величина питанія при одномъ оборотѣ, то $c = \frac{h \cdot n}{60}$ или $c = \frac{2e \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 0{,}5 \cdot n}{60}$; $q = \frac{3600 \cdot 0{,}78 (0{,}075)^2 \cdot 0{,}0005 \cdot 800}{60} = 0{,}054$ куб. метр.

$N_1 = (7{,}6 + \frac{1000}{75}) 0{,}054 = 1{,}09$ лош. силъ для сверленія центровымъ сверломъ. $N_1 = 0{,}28$ .... — винтовымъ сверломъ.

$N = 0{,}265 + 1{,}09 = 1{,}35$ силъ .... для центроваго сверла

$N = 0{,}265 + 0{,}28 = 0{,}54$ — " — .... для винтоваго — " — " —

A. Ranzone считаетъ для своихъ машинъ, при работѣ винтовымъ сверломъ діаметръ до 75 m/m ..... N=1

Кромѣ разсмотрѣнныхъ сверлильныхъ машинъ существуютъ еще машины съ подвижнымъ сверломъ, т.е. машины, въ которыхъ сверло кромѣ вращательнаго движенія получаетъ еще боковое поступательное. (Таб. 13, фиг. 2). Сверло приспособлено выбирать продолговатое отверстіе или пазуху, которое мобетъ замѣнить прямоугольное долбленое отверстіе напр. для вставки шипа. Орудіемъ въ этой машинѣ служитъ винтовое двуборотное сверло съ большимъ шагомъ (Таб. 13, фиг. 3). Оно не имѣетъ центра, который здѣсь не только не нуженъ, но вреденъ, потому что затрудняетъ поступательное движеніе. Въ сѣченіи сверло имѣетъ видъ буквы S. – Его режущія ребра adh и bhf для рѣзанія въ боковой поверхности, и ребра ae и cg для рѣзанія въ плоскости дна. Два первыя ребра суть главныя, дѣйствующія части орудія, совершающія большую часть работы; и имъ придаютъ наивыгоднѣйшій уголъ рѣзанія, именно $\alpha = 45°$ или около этого и $\beta = 15°$.

Для двухъ другихъ режущихъ реберъ ae и cg, которыя получаются скашиваніемъ винтовыхъ поясковъ въ разныя стороны, уголъ α' опредѣляется шагомъ винта и въ настоящемъ случаѣ значительно удаляется отъ нормальной величины, именно α' доходитъ до 75° или 80° и β около 15°.

Понятно что α' различенъ для разныхъ точекъ острія и данная величина его относится къ среднему діаметру. Впрочемъ эти режущія ребра производятъ небольшую работу. Что касается до угла α, то при постоянномъ шагѣ винта его есть также постоянная. Машина имѣетъ слѣдующее устройство: (Таб. 13, фиг. 4) сверло m устанавливается на горизонтальной оси, имѣющей вращеніе въ неподвижныхъ опорахъ a, b.

Дерево помѣщается на верхней доскѣ суппорта, укрѣпляется на ней максимумомъ винтомъ C и можетъ получать два горизонтальныхъ дви-

ження — вдоль оси сверла и по направлению перпендикулярному къ оси. Для перваго служитъ винтъ съ маховикомъ d, второе совершается при помощи рукоятки efg, которой ось вращенія въ e. Перемѣщеніемъ по оси сверла устанавливается глубина выемки, тогда какъ съ боковымъ перемѣщеніемъ совпадаетъ боковое дѣйствіе сверла и величиною этого перемѣщенія опредѣляется длина выемки. Сверло можетъ работать при боковомъ перемѣщеніи въ обѣ стороны. Иногда столъ не имѣетъ боковаго движенія, а взамѣнъ его движется само сверло. Такое устройство представляетъ больше удобствъ для сверленія длинныхъ брусьевъ, но передача къ подвижной оси нѣсколько усложняется. Работа идетъ слѣдующимъ образомъ: приведя сверло во вращеніе, сообщаютъ дереву движеніе по направленію къ сверлу и высверливаютъ цилиндрическое углубленіе небольшой глубины h_1 (пред. черт.).

Затѣмъ дѣйствуя на рукоять, сообщаютъ суппорту боковое перемѣщеніе и выбираютъ гнѣздо требуемой длины. Потомъ опять углубляютъ сверло и т. д. пока получатъ требуемую глубину h. Высверленное гнѣздо имѣетъ въ планѣ продолговатое очертаніе съ параллельными боками, скругленное на концахъ. Штихъ назначенный для этого гнѣзда должно получить подобное же очертаніе, поэтому придать гнѣзду прямоугольный контуръ, срѣзавши углы abcd на той же машинѣ. Для этого на мѣсто сверла вставляется долото; вращательное движеніе оси прекращается, а столу машины сообщаютъ отъ руки движеніе параллельное оси.

Впрочемъ эта послѣдняя операція нисколько не необходима; гораздо лучше обдѣлать самый штихъ въ формѣ гнѣзда, т. е. съ закругленными углами. По Martig'y $N_0 = 1$ для машины должно разсчитывать при $n = 1000$ оборот. въ минуту

$$N_1 = A\,q.$$

гдѣ q высверливаемый объемъ въ часъ въ кубическихъ метр.

— $A = 19,3$ для соснового дерева и

$$N = N_0 + N_1$$

Величина N_1 данная Martig'oмъ сомнительна. Повидимому она недобрана много радиитьея отъ данной для сверлильной машины ($N_0 = 9,25$)

При испытаніяхъ діаметръ сверла былъ 50 м.м., длина гнъзда 360 м.м. и глубина его 180 м.м. Гнъздо было приготовлено въ 6 минутъ.

Къ числу разсмотрѣнныхъ типичныхъ машинъ слѣдуетъ отнести еще одну — машину для вырѣзанія фигурныхъ поверхностей при криволинейномъ ихъ контурѣ, обыкновенно служащихъ для украшенія деревянныхъ издѣлій какови напр.: кривые карнизы, впадающіе и выпуклые, узоры фигурныхъ спинокъ мебели и т. п. (Таб. 13, фиг. 5) Машина эта по роду работы могла бы быть отнесена къ строгальнымъ машинамъ, новыей вырѣзаются операціи, напоминающіе также и сверленіе. Мы назовемъ ее узорною (carving, moulding) Дѣйствующее орудіе этой машины представляетъ тѣло вращенія данной профиля около нѣкоторой оси, получившее нѣкія вырѣзки, которыя даютъ 4 режущихъ ребра ab, cd и пр. съ правильными углами рѣзанія. Изъ нихъ 2 дѣйствуютъ при вращеніи рѣзца въ одну сторону, 2 другіе — при вращеніи его въ сторону обратную, такимъ образомъ сопротивленія всегда уравновѣшены относительно оси. Профиль рѣзца можетъ быть безконечно разнообразенъ, по роду работы рѣзцы можно раздѣлить на 2 или даже на 3 типа. Рѣзцы перваго типа имѣютъ ребра режущія главнымъ образомъ въ боковой поверхности и назначаются для нарѣзанія фигурной поверхности на нарушенныхъ сторонахъ издѣлій.

Такой рѣзецъ насаживается на стержень, для этого онъ имѣетъ въ средней отверстіе и закрѣпляется сверху гайкой. Снаряженный такимъ образомъ стержень скрѣпляется съ осью машины и съ него получаетъ вращеніе отъ привода. Произвольный контуръ mnop (Таб. 13, фиг. 6) при-

дается дереву (б. д) выстукиванием при помощи легкой киянки и затем оно подвергается обработке на узорочной машине. Дерево помещается на горизонтальный стол машины и руками направляется под режущее орудие, при этом в дереве получается выемка; а зуб ф упирается в цилиндрическую майку V. выше резца; диаметр майки определяет собственно глубину выемки. Затем перемещают работу А руками на столе, так чтобы зуб ея мог скользить постоянно прикасаясь к майке V и узор нарезается по всей длине кривой. Работу начинают не с конца доски, а несколько отступая от него ближе к середины. Перемещение дерева должно быть по направлению противному вращению резца, поэтому, продвинув работу в одну сторону, изменяют направление вращения и продвигают в другую. То же самое делают, если замечают, что выбранное направление резания в некоторых местах невыгодно относительно расположения волокон, т.е. изменяют направление вращения резца, поэтому продвинув работу в одну сторону от середины, изменяют направление вращения и продвигают в другую. То же самое делают, если замечают, что выбранное направление резания в некоторых местах невыгодно относительно расположения волокон т.е. изменяют направление вращения резца и начинают работу с другого места, перемещая дерево в другую сторону.

Если профиль (Таб 13, фиг. 7) выемки должен быть симметричен относительно средины толщины доски и притом выпуклый, то по предыдущему способу нельзя пользоваться майкой V для направления перемещения. В этом случае на работу накладывается деревянный шаблон B, имеющий совершенно тот же контур, какой должна работа; следовательно и шаблоном и работа могут быть выполнены вместе.

В результате этого типа обращают главным образом внимание на

угловых бокового фрезания и придаютъ ему наивыгоднѣйшую величину, т.е. 45°; уголъ наклона $\beta = 15°$ получается заточкой наружной поверхности cb и fd; уголъ α обыкновенно бываетъ больше 45°, именно около 60°; углы въ закруглениях будутъ измѣняться отъ α до δ.—

Фрезы 2го типа назначаются для выемки уродливыхъ углублений (Табл.13, фиг.10) въ фасѣ доски, подобно тому, какъ это дѣлаетъ подвижное сверло. Они получаютъ фрезующія ребра для фрезанія въ боковой поверхности и одновременно въ поверхности дна углубленія. Подобно первымъ они имѣютъ 4 фрезующихъ ребра ab, cd, ef, gh для одного фрезанія и 4 для другого фрезанія и могутъ работать, вращаясь въ ту или другую сторону. Понятно, что такой фрезъ не можетъ быть насаженъ на отдѣльномъ стержнѣ, такъ какъ верхнее закрѣпленіе гайкой невозможно; фрезъ дѣлается цѣльный со стержнемъ, который вставляется въ вертикальную ось машины и закрѣпляется въ ней однимъ или нѣсколькими винтами. Для направленія перемѣщенія доски съ верхней ея стороны къ ней временно укрѣпляется деревянная рамка B, служащая шаблономъ, съ довольно, плотно входящая внутреннюю выемку, контуръ которой одинаковъ или подобенъ контуру узора, который требуется произвести въ доскѣ. Этотъ шаблонъ во время работы прикасается однимъ изъ своихъ внутреннихъ сторонъ къ направляющему стержню d, установленному выше стола, на особой стойкѣ; стержень можетъ быть поднятъ выше или ниже, смотря по толщинѣ обрабатываемой доски. Работа начинается съ того, что, уложивъ доску на столъ и прижавъ шаблонъ къ направляющему стержню, направляютъ фрезъ въ дерево по направленію снизу вверхъ и высверливаютъ углубленіе, (Табл.13, фиг.11) котораго глубина устанавливается раньше въ надлежащемъ механизмѣ. Потомъ передвигаютъ доску, удерживая положеніе фрезца и слѣдя шаблономъ по направляющему стержню.

Размеры шаблона очевидно должены быть сообразны съ діаметромъ направляющаго стержня. Подобнымъ же образомъ можно нарѣзать и наружные бока доски, но для этого годится рѣзецъ перваго типа и шаблонъ съ наружнымъ контуромъ. Рѣзцы 2го типа не дѣлаются очень сложнаго профиля, потому что сложная выемка можетъ быть произведена въ 2ухъ и далѣе съ 3хъ пріемовъ различными рѣзцами. Для всѣхъ пріемовъ будетъ служить одинъ и тотъ же шаблонъ и только глубина сверленія, т.е подъемъ оси кверху устанавливается для каждаго раза особо.

Точно также рѣзцы 1го типа сложнаго очертанія могутъ быть заточены нѣсколькими рѣзцами впрочемъ въ этомъ случаѣ и самый рѣзецъ можно составить изъ нѣсколькихъ, собранныхъ по данному профилю и закрѣпленныхъ на общемъ стерженѣ.— (Таб. 13, фиг. 12).

Наконецъ рѣзцы 3го типа служатъ для фигурнаго сверленія безъ перемѣщенія доски. (Таб. 13, фиг. 8) Ихъ форма подобна формѣ простѣйшаго сверла, имѣютъ рѣжущія ребра, назначенныя для дѣйствія въ поверхности дна имѣютъ углы не вездѣ одинаковые, варіирующіе около 45°.

Углы реберъ рѣжущихъ въ боковыхъ поверхностяхъ выходятъ гораздо больше. Этими ребрами приходится дѣйствовать по преимуществу въ торцъ дерева, а такъ какъ дерево при этомъ употребляется обыкновенно породъ болѣе или менѣе твердыхъ, то и боковое рѣзаніе даетъ довольно чистую поверхность. Сверленіе происходитъ снизу вверхъ и на небольшую глубину, поэтому не требуется особенныхъ мѣръ для удаленія стружекъ.

Устройство машины. (Таб. 13, фиг. 9) Внутри металлическаго стола AABB помѣщается вертикальная ось ab съ подшипникомъ a и пятою b. Къ верхнему концу оси укрѣпляется рѣзецъ C, средняя же часть занимаетъ барабанъ M, получающій вмѣстѣ съ осью вращенія отъ привода. Ось ab вмѣстѣ съ своими опорами устанавлива-

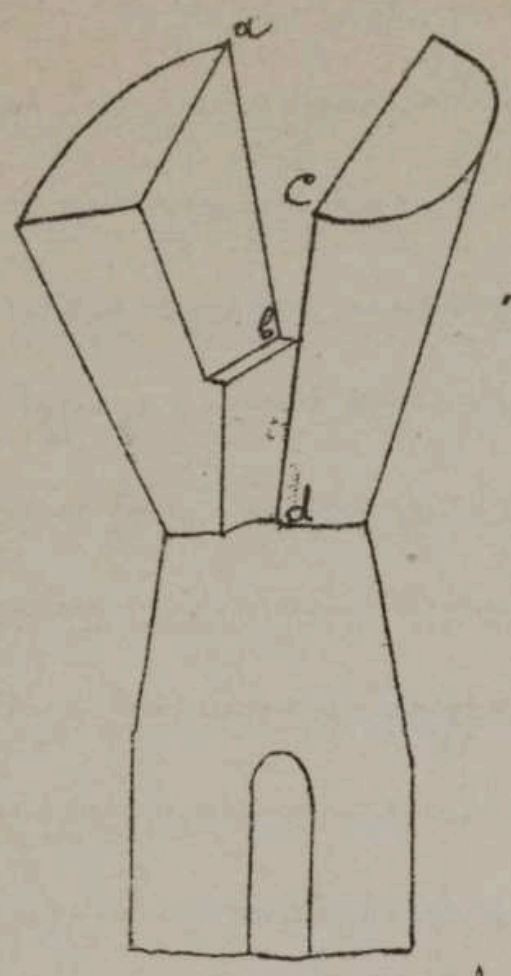
ется въ рамѣ, способной двигаться между направляющими вверхъ и внизъ.

Движеніе вверхъ сообщается оси рычагомъ dhk, сочлененнымъ губчатымъ зацѣпленіемъ съ рамою; противоположный конецъ рычага имѣетъ педаль k для дѣйствія ногою. Движеніе рамы внизъ совершается собственнымъ вѣсомъ. Предѣлъ подъема оси или нажатія рѣзца устанавливается по глубинѣ сверленія; подъемная ось можетъ быть задержана въ произвольномъ положеніи.— При работѣ рѣзцомъ 2го типа требуется особый направляющій штифтъ d и майба K для противодѣйствія нажатію снизу. И то и другое составляютъ одно цѣлое съ цилиндромъ dl, установленнымъ въ особой стойкѣ f, которая на этотъ случай привертывается къ столу и можетъ быть снята при работѣ рѣзцомъ 1го типа; для рѣзца 3го типа можетъ быть употреблена майба K безъ штифта. Положеніе штифта и майбы устанавливается по толщинѣ дерева винтомъ съ рукояткою e.

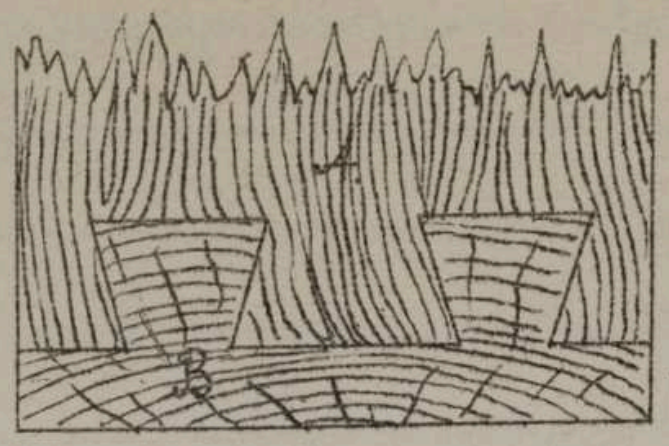
Машина эта можетъ имѣть много приспособленій въ слѣдующемъ родѣ: если мебель готовится изъ цѣльнаго лѣса, а не оклеивается фанерами.

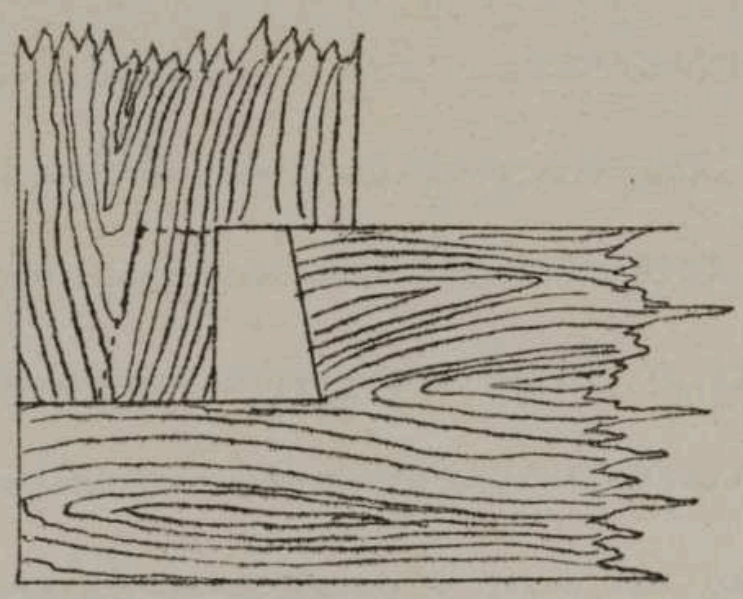
Помимо приспособленій уже разсмотрѣнныхъ, эта машина можетъ служить еще для нарѣзки ящичныхъ шиповъ, т.е. шиповъ служащихъ для соединенія досокъ подъ угломъ. Для этой цѣли употребляется рѣзецъ, принадлежащій ко второму изъ разсмотрѣнныхъ шиповъ.—

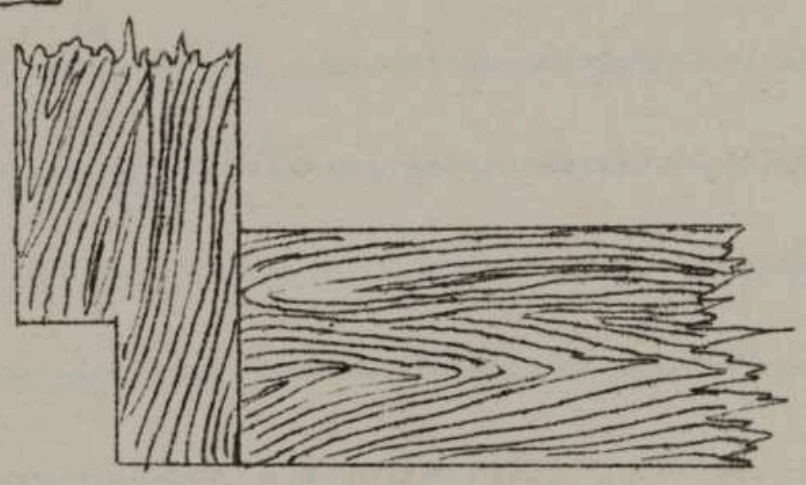
Онъ имѣетъ коническую форму, образованную основаніемъ квергу съ вы-емками, образующими острыя ребра, которыя рѣжутъ бока ав нес (черт. 1 слѣдующей страницы) вѣмка шипа при вертикальномъ по-ложеніи доски. Направленіе вращенія рѣзца всегда въ одну сторону, по-этому боковыя рѣжущія ребра только два; ребра рѣжущія въ плоскости ас имѣютъ невыгодные углы рѣзанія, именно тупые, поэтому ребра иногда снабжаются еще лезвіями. Такъ какъ рѣжущее ору-

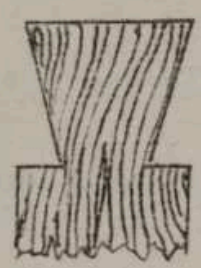


черт. 1.









дів здѣсь только одно, то нарѣзка шиповъ идетъ послѣдовательно при боковомъ перемѣщеніи доски на опредѣленное разстояніе для каждой выемки. Это перемѣщеніе производится автоматически помощью руки, по особенному механизмомъ очень простого устройства, который мы разсматривать не будемъ. Замѣтимъ только слѣдующее: у двухъ досокъ A и B, которыя должны быть связаны шипами, шипы нарѣзаются различно: у доски A — по длинѣ, у доски B — въ торецъ; у первой прорѣзы будутъ сквозныя, у второй глухія или потайныя. При рѣзаніи этихъ послѣднихъ, ихъ очертаніе въ пазахъ будетъ не прямоугольное, а съ закругленіемъ т.

Такъ какъ шипъ прямоугольный въ сѣченіи не можетъ запомнить та-

кой высечки, то чтобы скрыть эту недопиленную часть, ширина fg ни на сколько не должна превышать толщины hk доски. Съ этой же цѣлью и прорѣзы второй доски должны быть не сквозные по толщинѣ доски, а глухіе.

Впрочемъ при употребленіи мягкаго дерева, вколачиваніемъ можно довольно плотно загнать шипъ шириною hk въ высѣчку съ скругленіемъ.

Особенность этого способа нарѣзки состоитъ еще въ томъ, что у обѣихъ досокъ A и B можно нарѣзать шипы одновременно, если сложить ихъ подъ прямымъ угломъ одну къ другой, такъ чтобы обѣ упирались въ столъ — первая торцемъ, вторая широкой стороной. —

Кромѣ разсмотрѣнныхъ нами машинъ по обработкѣ дерева существуютъ еще такъ называемыя спеціальныя машины.

Къ такимъ машинамъ относятся напр. машины для приготовленія спицъ экипажныхъ колесъ, машины для производства бочекъ, гонтъ, деревянныхъ гвоздей, копировальныя станки и пр. которыя настолько многочисленны и разнообразны, что разсмотрѣть ихъ каждой въ отдѣльности не представляется возможнымъ въ настоящемъ курсѣ.

Упомянемъ еще объ универсальныхъ станкахъ. Они имѣютъ назначеніе служить для разныхъ работъ — или одновременно всѣми орудіями станка, или послѣдовательно. Эти станки употребляются преимущественно для небольшихъ мастерскихъ, давая собою нѣсколько отдѣльныхъ машинъ. Въ полномъ составѣ универсальный станокъ состоитъ изъ горизонтальной оси, на которой насажена круглая пила и укрѣплена строгальный инструментъ, на концѣ оси имѣется сверло, противъ котораго расположенъ подвижной столъ. Этимъ сверломъ совершается и сверленіе и долбленіе (высверливаніе гнѣздъ), такъ какъ особаго долбежнаго орудія не имѣется здѣсь.

Иначе устройство станка усложнилось бы въ значительной сте-

ными. Работа для приведенія въ дѣйствіе универсальнаго станка зависитъ отъ размѣровъ его орудій и еще отъ того, будутъ ли нѣсколько операцій происходить одновременно или нѣтъ. Обыкновенно при расчетѣ универсальнаго станка полагаютъ, что работа производится только однимъ орудіемъ и считаютъ для станка средняго размѣра № отъ 2 до 4. А какъ изъ всѣхъ орудій станка самую большую работу двигателя поглощаетъ круглая пила, то, принимая № = 2 до 4 силъ, какъ говорятъ слѣдовательно въ виду имѣютъ 2" до 3" въ діаметрѣ, если нѣсколько орудій дѣйствуютъ одновременно, то число силъ, расходуемыхъ для дѣйствія станка, значительно увеличивается.

Литература по механической технологіи дерева.

Nördlinger. Die Technischen Eigenschaften der Hölzer. 1860.

Bolley (подъ редакціей) Chemische Technologie des Holzes als Baümaterial (Band VI, erste Gruppe) 1872.

Gottgetreu. Phisische und chemische Beschaffenheit der Baümaterialien I Band. 1874.

Grotte. Mechanische Technologie. 1874.

Wiebe. Die Maschinen-Bau Materialien. 1858.

Rühlmann. Algemeine Maschinenlehre II. Band. 1865.

Moyer. Lehrbuche der Mechanischen Technologie. 1ste, 2te, 3te und 4te Lieferungen. 1874, 75, 76.

Shelley Workshop appliances. 1874.

Worssam. On mechanical saws 1868.

Тимме. Сопротивление материалов и дерева при изгибе. 1870.
Егорьев Новая Теория о прочности 1877.
Martig. Versuche über Zeistung und Arbeits-Verbrauch der Werkzeugmaschinen. 1873
Mart. Die Werkzeugmaschinen fur den Maschinenbau zur Mettall- und Molzbearbeitung. 1^ste, 2, 3 und 4 Lieferungen 1872, 73, 74.
Meissner. Die Werkzeug unid Molzbearbeitung-Machin. 1876.
Richards. A treatise on the construction and operation of mood-woorking machines. 1872.

Конецъ.

БИБЛІОТЕКА
ИМПЕРАТОРСКАГО
Московскаго
ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА

Издатель Мазуринъ.