

P1.889

4

ОСКАР БЕРГМАН

ГОРЯЧАЯ
ОБРАБОТКА
МЕТАЛЛОВ

КНИГА

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

P.1.889

Круг. технол. инж. Гавриленко

ОСКАР БЕРГМАН

ГОРЯЧАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Том IV

ПРОКАТКА. ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ.
ВОЛОЧИЛЬНОЕ ДЕЛО.

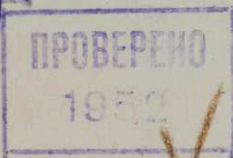
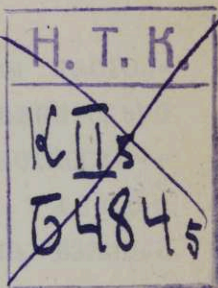
Переработанный и дополненный
перевод с последнего шведского
издания инж.-мех. Н. С. Ачеркана
под редакцией и с дополнениями
профессора А. Н. ЕГОРНОВА

189 черт. и рис. в тексте

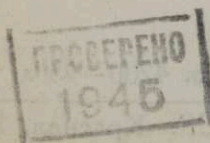


„КНИГА“

ЛЕНИНГРАД — 1928 — МОСКВА



183
Провер. 1935



Ing. OSCAR BERGMAN
Handbok i järn - och
metallbearbetning
2: dra uppl.

Ленинградский Областлит № 12.933.

Тираж 4200—25 л.

Типография „Коминтерн“ Центриздата Народов СССР. Красная, 1.

ВЫДАСТЕРЯ
Крупная Технологическая
по металлу и дереву
при М. В. Т. У.

ОТДЕЛ

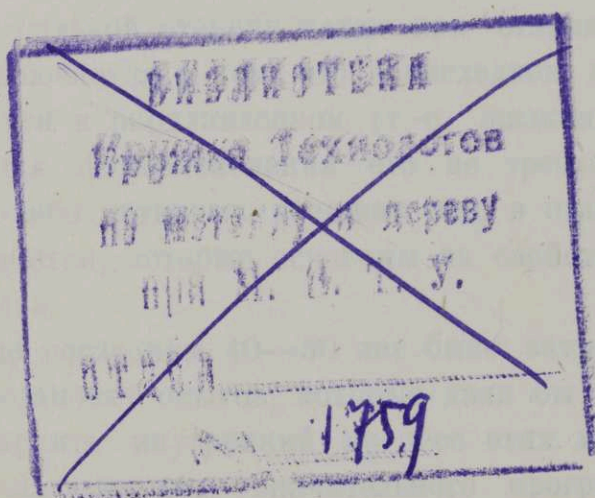
1759

Перевод настоящего тома книги О. Бергмана значительно дополнен по сравнению с оригиналом, особенно—в части теоретических выводов, практических формул и цифровых данных. Дабы не затруднять чтения книги и не пестрить текст многочисленными примечаниями и выносками, дополнения внесены в самый текст перевода. Читатель, менее подготовленный, может пропустить теоретические выводы без ущерба для дальнейшего понимания книги.

Многие причины не позволили увеличить объем настоящего тома, и без того значительно выросшего сравнительно с оригиналом (на $2\frac{1}{2}$ печ. листа и 20 рис.), в частности—разработать отдел калибровки прокатных валков с тою полнотой, какую заслуживает этот весьма важный вопрос прокатного дела. Издательство предполагает посвятить этой теме отдельное издание.

Инж. Н. С. Ачержан.

ВВЕДЕНИЕ



Обработка, основанная на перемещении частиц материала.

При ковке, прокатке, вытяжке, выбивании, чеканке и т. под. методах обработки металлов намеченное формоизменение материала достигается путем относительного перемещения его элементарных частиц и отдельных частей, иначе говоря — путем изменения взаимного расположения их. По сравнению с этим, изменение молекулярного расстояния между отдельными частицами материала, имеющее место в известных случаях, настолько незначительно, что его можно не принимать в расчет. Подобное перемещение частиц наблюдается в еще более сильной степени также при отливке металлов. Разница заключается в том, что в последнем случае материал находится в расплавленном (т.-е. жидком) состоянии и поэтому для формоизменения его не требуется воздействия каких-либо активных внешних сил, в отличие от тех методов обработки, которые основаны на свойстве пластичности металлов.

В течение последних 40—50 лет было затрачено много труда на постановку опытов, которые дали бы возможность научно объяснить внутренний процесс этих методов обработки. Нельзя отрицать значительного прогресса в этой области экспериментальной технологии, тем не менее, законы и теории, установленные в отношении рабочего процесса при обработке различного рода материалов путем относительного перемещения их частиц, еще слишком немногочисленны для того, чтобы можно было говорить о действи-

тельном научном фундаменте, на котором возможно было бы строить практику работы. Однако, следует думать, что развитие теории указанных технологических процессов будет продолжаться, поэтому здесь уместно будет кратко остановиться на проделанных в этой области опытах и указать на те результаты, к которым они привели. Для того, кто хочет глубже проникнуть в сущность предмета, недостаточно знать, как лучше всего выполнить ту или иную работу: должно знать так же, почему в результате примененного способа обработки получается намеченный результат.

Основание одной из важнейших теорий, установленных в этой области технологии, было положено опытами Треска (Treska) над истечением твердых тел. Эта теория гласит, что твердое тело, будучи подвергнуто достаточно сильному давлению, ведет себя, как жидкость, т.-е. элементарные частицы тела перемещаются в том направлении, где они встречают наименьшее сопротивление. Таким образом, если поместить мягкий металл, напр., свинец, в замкнутый цилиндр и подвергнуть его давлению сильно нагруженного поршня, то его можно выдавить в холодном состоянии из небольшого отверстия в дне цилиндра. В зависимости от рода материала для этого может потребоваться весьма различное давление—от 4 до 12000 кг/см².

Кикк (Kick), которого можно считать продолжателем работ Треска, установил закон пропорционального сопротивления, или закон подобия, как его часто называют. Он нашел, что количества работы, затрачиваемой на подобные формоизменения геометрически подобных тел из одного и того же металла, пропорциональны весу или объему соответствующего тела, и что требуемое для этого давление всегда находится в постоянном отношении к площади поперечного сечения или поверхностям тела. Следствием этого закона является следующее положение: работа, затрачиваемая для определенного формоизменения

какого-либо тела, равна произведению веса данного тела на величину работы, затрачиваемой на геометрически подобное формоизменение геометрически подобного тела из того же материала весом в одну единицу.

Если обозначить объемы двух геометрически подобных тел из одного и того же материала (при одной и той же температуре, давлении и пр.) через V_1 и V_2 , отношение соответственных линейных размеров их (l_2 к l_1) через k , веса—через G_1 и G_2 , а через T_1 и T_2 —соответствующие величины работ, в результате которых оба тела получили подобные формоизменения, то закон подобия можно представить в виде равенства:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{G_2}{G_1}$$

Так как $\frac{V_2}{V_1} = k^3$, то $T_2 = T_1 \cdot k^3$

Из этого же равенства следует:

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{G_2}{G_1}$$

Если принять $G_1 = 1$, то

$$T_2 = T_1 \cdot G_2$$

где T_1 обозначает величину работы, необходимой для соответствующего формоизменения тела, вес которого равен единице.

Элементарная работа внешней силы P за очень короткий промежуток времени выражается величиною $P \cdot ds$, где ds —путь, пройденный точкой приложения силы, т.-е. $dT = P \cdot ds$. Следовательно:

$$\frac{dT_2}{dT_1} = \frac{P_2 ds_2}{P_1 ds_1} = \frac{V_2}{V_1} = k^3$$

так как $\frac{ds_2}{ds_1} = k$, то $\frac{P_2}{P_1} = k^2$, т.-е. отношение $\frac{P_2}{P_1}$ пропорционально отношению соответствующих поверхностей обоих тел.

Таким образом, основываясь на этом законе, можно путем опытов в малом (лабораторном) масштабе определить, какие силы требуются для осуществления аналогичных формоизменений предметов более крупных размеров.

Посредством ряда опытов Кикк подтвердил также теорию, созданную Геймом (Albert Heim) и заключающуюся в том, что многие хрупкие каменные породы, находясь под давлением и вообще в условиях, аналогичных природным условиям залегания горных пород, могут изменять свою форму совершенно так же, как пластичные или ковкие материалы. Эти опыты показали, что какого-либо абсолютного различия между хрупкими и пластичными материалами, в сущности говоря, не существует, а есть лишь более высокая или низкая степень пластичности материала. Какие возможности явятся в будущем результатом этого факта — в настоящее время трудно себе представить.

Если обратиться к рассмотрению какого-либо современного инструмента из числа тех, которые применяются в настоящее время, то часто бывает трудно решить вопрос о том, какова была первоначальная форма этого инструмента и какой из них появился прежде всех других. В этом отношении представляет значительный интерес установленное Гартигом (Ernst Hartig) положение об эволюции форм инструментов. Гартиг показал, что человек инстинктивно пытается применить один и тот же инструмент для различных целей и материалов, и затем, руководствуясь полученным опытом, старается приспособить форму инструмента соответственно различным специальным целям. В результате этого все многообразие существующих различных инструментов, как оказывается, возникло из немногих основных форм.

Явления внутри тела, сопровождающие процесс формоизменения.

Формоизменение материала может быть осуществлено посредством давления, вытяжки или удара. На практике приходится отнести сюда также изгиб и кручение, которые, однако, представляют собою лишь особые формы приложения сжимающих или растягивающих сил.

Сопротивление, преодолеваемое при этом внешними силами, определяется частью—сцеплением между молекулами данного материала, иначе говоря—той силой, которая связывает между собою эти элементарные частицы тела и величина которой в высокой степени зависит от рода материала, частью же — так наз. внутренним трением, которое, напр., в жидкости является причиной постепенного затухания движения в ней и которое можно определить, как трение между неподвижной и находящеюся в движении частями жидкой среды. Следовательно, внутреннее трение возникает лишь в тот момент, когда известные части материала приходят в движение относительно остальной части тела.

Таким образом, твердое тело, после перехода границы известного состояния, так наз. предела текучести, с этой точки зрения может рассматриваться, как жидкое тело. Пределом текучести называют то напряжение, при котором вязкий материал начинает изменять свою форму, сохраняя свое деформированное состояние и после устранения внешней силы («остающиеся деформации»). Однако, говорить о совершенно определенной границе состояния в этом смысле нельзя,

частью—потому, что материал никогда не бывает вполне одинаковым и однородным во всей массе, частью—вследствие затруднительности точного определения действительного момента начала деформаций.

Казалось бы вполне естественным ожидать, что, напр., при испытании на разрыв бруска из вязкого материала для самого растяжения бруска за пределом текучести, т.-е. уже после того, как началось деформирование его, потребуется меньшая сила, нежели в начале деформирования. В действительности имеет место обратное явление—эта сила должна быть больше. По Рейтö (Rejtö) это объясняется тем, что в начале деформирования бруска внутреннее трение материала до известной границы постепенно возрастает по мере увеличения деформации.

Рейтö принимал, что трение между частицами материала зависит от нормального давления между ними и от коэффициента трения, при чем последний, в свою очередь, зависит от формы поверхности частиц и структурных групп. Основные положения теории Рейтö сводятся к следующему: 1) перемещение частиц тела имеет место тогда, когда внешние силы преодолевают сопротивление междучастичного трения; 2) разрушение тела наступает в тот момент, когда приложенные внешние силы преодолевают силы сцепления между частицами тела; 3) для пластичных тел коэффициент междучастичного трения сохраняет постоянную величину, для упругих (до известного предела) тел этот коэффициент является переменным.

Возрастание внутреннего трения по мере увеличения напряжений в материале Юинг (Ewing) и Розенгайн (Rosenhain) объясняют тем, что в начале процесса деформирования отдельные кристаллы внутри каждого так наз. зерна материала несколько перемещаются один относительно другого в различных направлениях, при чем негладкие поверхности относительного скольжения их обуславливают увеличе-

ние внутреннего трения. По мнению этих ученых, относительное перемещение частиц начинается там, где трение особенно мало, напр., в месте включения очень тонкого слоя посторонней примеси или там, где в материале имеется в высшей степени тонкая прослойка какого-либо газа. Это начальное перемещение частиц настолько незначительно, что может быть доказано лишь наблюдением под микроскопом. Вследствие увеличения трения, которое имеет место при этом, дальнейшее скольжение должно происходить по другим плоскостям, где трение — меньше, однако, превосходит трение между поверхностями относительного перемещения в самом начале описываемого процесса. Было бы слишком долго останавливаться подробнее на этой теории, которая к тому же в известной части случаев оказалась несостоятельной.

По исследованиям этих же авторов, разрушение тел из чистых металлов происходит всегда по плоскостям скольжения кристаллов, в металлах же, содержащих примеси, разрушение происходит также по поверхностям, ограничивающим зерна материала, особенно в тех случаях, когда эти зерна окружены примесями более хрупкими, нежели данный чистый металл. Это можно наблюдать под микроскопом, под которым поверхности, ограничивающие зерна, представляются матовыми, тогда как поверхности кристаллов, по которым происходит излом, сильно блестят, если подобрать соответствующим образом угол освещения.

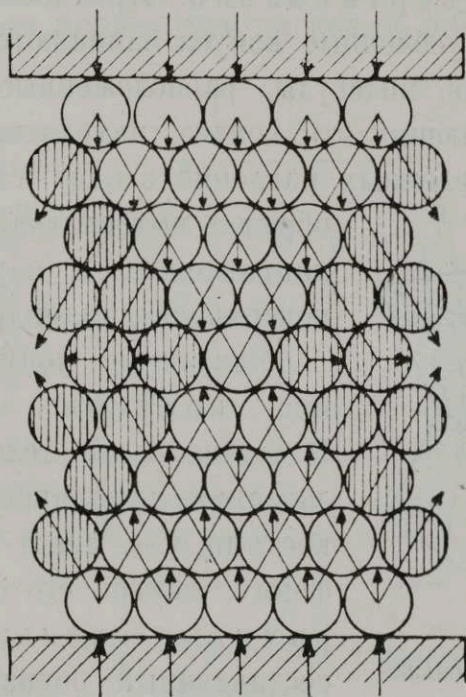
Остающееся формоизменение может быть осуществлено лишь в том случае, если под действием приложенных сил будет превзойден предел упругости материала. Разрушение наступает в тот момент, когда обусловленные внешними силами напряжения в материале окажутся больше его временного сопротивления. Чем дальше отстоит предел упругости от временного сопротивления, тем меньше опасность повреждения материала во время обработки (ср., напр., влечение

твердой проволоки, где напряжения, имеющие место во время обработки, должны быть в высшей степени точно сообразованы с этими двумя точками и должны лежать в определяемом ими интервале). Поэтому ковкость материала зависит от величины интервала напряжений, ограниченного, с одной стороны, пределом упругости, с другой—значением временного сопротивления. Ковкость материала зависит, кроме того, и от применяемого метода обработки и бывает различна, напр., для давления, растяжения, удара, изгиба, кручения и т. д. Чем ниже лежит предел упругости материала, тем меньше силы и механической работы должно быть затрачено для осуществления желаемого изменения формы.

Формоизменение посредством давления.— Допустим, что цилиндр из вязкого материала подвергнут давлению между двумя плитами, при чем направление этого давления совпадает с направлением оси цилиндра. Так как, очевидно, каждая отдельная молекула в верхнем слое материала с одинаковою силою отжимается вертикально вниз, то ясно, что диаметр цилиндра в результате формоизменения, вызванного этим давлением, должен увеличиться, если только материал не считать настолько пористым, что следствием давления может явиться одно лишь уплотнение его. Дальнейшим результатом приложенного таким образом давления оказывается утолщение цилиндра посередине, следовательно, первоначальная форма предмета при этом не сохраняется.

Характер распределения внутренних сил при сдавливании цилиндрического куска вязкого материала поясняется фиг. 1, на которой отдельные молекулы изображены кружками. Конечно, нельзя предполагать, чтобы элементарные частицы какого-либо материала были в действительности расположены в таком правильном порядке. Однако, под действием давления, приложенного, как было указано выше,

каждая из них должна стремиться, так сказать, «вклиниться» в промежуток между соседними с нею частицами, так что практически действие давления выражается так, как представлено на фиг. 1. Отсюда следует, что частицы, лежащие на верхней и нижней поверхностях предмета, стремятся

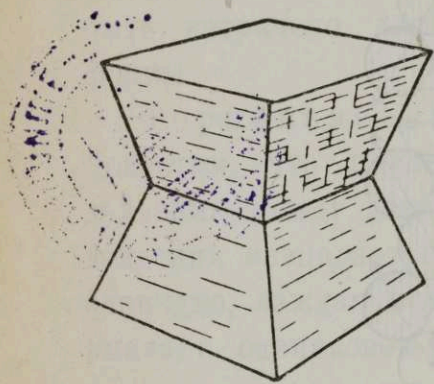


Фиг. 1. Распределение внутренних сил при сдавливании цилиндра из вязкого материала.

двигаться лишь в вертикальном направлении, тогда как частицы, расположенные в слоях материала, более удаленных от торцевых поверхностей, подвергаются, кроме того, давлению, направленному косо, в сторону боковой поверхности. Последнее является результатом клиноподобного действия молекул, расположенных в слоях, более удаленных от среднего сечения.

Рисунок ясно показывает, что при этом в цилиндре образуются два конуса, обращенных вершинами друг к другу,

при чем молекулы, заключенные внутри поверхностей, ограничивающих эти конуса, стремятся двигаться лишь в вертикальном направлении, так как давления, действующие под одинаковым углом к вертикали и равные по величине, дают составляющие, направленные вертикально. При достаточно большой длине цилиндра усеченные конуса заменяются полными конусами. Напротив, молекулы, расположенные вне поверхностей, ограничивающих эти конуса, находятся под действием давлений, направленных наклонно в одну сторону и таким образом вытесняющих материал по направлению к наружной боковой поверхности цилиндра.

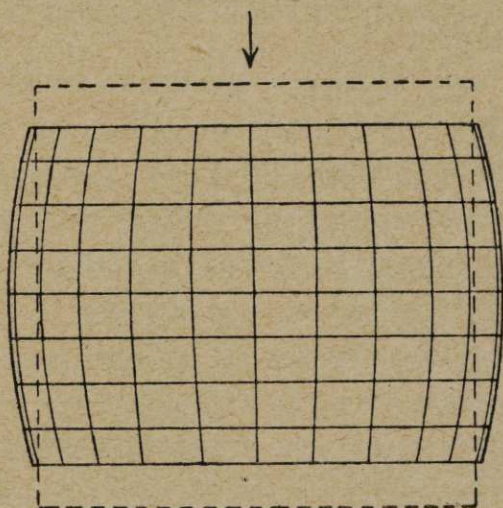


Фиг. 2. Пирамиды скольжения, остающиеся при разрушении цементного кубика.

Указанные конуса носят название конусов скольжения. В случае, если тело, подверженное давлению, ограничено с боков плоскостями, т.-е. имеет призматическую форму, внутри его образуются пирамиды скольжения. Угол, составленный образующими конуса или боковыми гранями пирамиды скольжения с плоскостью внешнего давления, называется углом действия и составляет для хрупких материалов от 50° до приблизительно 61° , для мягких — меньше, доходя до 45° . Этот угол остается для каждого материала постоянным, при условии, однако, постоянства состояния этого материала.

Данные практики хорошо согласуются с изложенной выше теорией, что подтверждается многими наблюдениями; в особенности относится это к хрупким материалам. Если цементный кубик из совершенно однородного материала подвергнуть давлению, возрастающему с возможной постепен-

ностью, то он разрушается таким образом, что прежде всего откалываются его бока, при чем остающийся кусок имеет форму двух усеченных пирамид, обращенных вершинами в одну сторону, как изображено на фиг. 2. В том случае, когда прочность материала в разных точках образца различна, разрушение протекает иначе, но, как правило, скалывание материала происходит по каким-либо граням пира-



Фиг. 3. Форма свинцового цилиндра после сжатия.

мид скольжения. То же самое наблюдается и в том случае, если одна из боковых граней сжимаемого предмета по той или другой причине не имеет возможности подаваться в сторону под влиянием давления. Это обычно имеет место при обработке металлов режущими инструментами, напр., когда резец продольно-строгального станка или шепинга снимает стружку с поверхности металла. Опыты, произведенные Кикком, показали, что конуса скольжения образуются при сдавливании также пластичных и вязких материалов.

Если боковую поверхность цилиндра из ковкого материала разделить на равные по высоте пояса и затем сдавливать

этот цилиндр между двумя плитами, то оказывается, что больше всего уменьшается высота крайних поясов (верхнего и нижнего). Отсюда следует, что в этих слоях материал сжимается сильнее, нежели ближе к среднему сечению (см. фиг. 3). Этот факт согласуется с теорией образования конусов скольжения, по которой вертикальное давление должно быть максимальным на торцевых поверхностях цилиндра и постепенно как бы распределяться в косом направлении по мере удаления от этих поверхностей.

В то время, как диаметр среднего сечения цилиндра увеличивается больше всех других, диаметр торцов возрастает до такой степени незначительно, что для констатирования его увеличения требуются точные опыты. Поскольку на торцевые поверхности цилиндра действует лишь вертикально направленное давление, увеличение диаметра торцов теоретически не должно было бы иметь места. Так как, однако, в действительности такое увеличение все же наблюдается, особенно, если эти торцы перед сдавливанием цилиндра смазать, то следует предположить, что молекулы, расположенные ближе к середине цилиндра, при выдавливании их в стороны увлекают за собою молекулы, находящиеся у торцевых поверхностей.

Как показывает опыт, площадь f_m среднего сечения цилиндра определяется достаточно точно по формуле:

$$f_m = \frac{V}{h - x}$$

где V — первоначальный объем цилиндра, h — начальная высота его и x — уменьшение высоты после сдавливания. При круговом цилиндре:

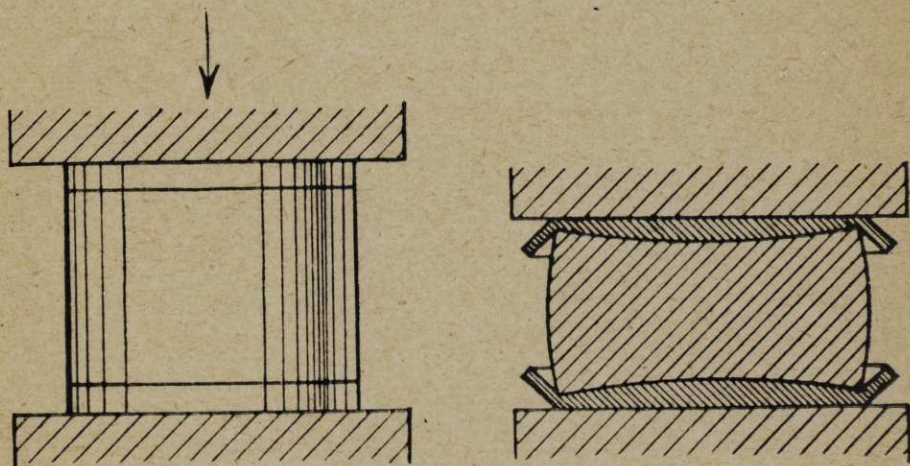
$$f_m = \frac{\pi}{4} d_m^2$$

где d_m — диаметр среднего сечения цилиндра после деформации. Следовательно:

$$d_m^2 = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{V}{h - x}$$

Зависимость между силой давления и соответствующим ей значением x была изучена Риделем (Fr. Riedel).

Путем опытов, подобных описанному, Кикк установил еще более своеобразное явление, доказывающее несостоя-



Фиг. 4. Сжатие медного цилиндра между двумя свинцовыми шайбами.

тельность допущения, которое всегда делают при расчетах на прочность и которое заключается в том, что давление, производимое на тело, распределяется по всей площади поперечного сечения тела равномерно.

Медный цилиндр подвергался сжатию между двумя свинцовыми шайбами того же диаметра, что и самый цилиндр. При этом оказывалось, что торцевые поверхности последнего получались вогнутыми (см. фиг. 4). Отсюда следует, что давление в центре цилиндра было больше, чем по периферии, где передвижение частиц встречает меньшее сопротивление. Это установленное наблюдением явление предста-

вляется вполне логичным; единственное возражение, которое можно было бы привести, заключается в том, что также и наружным частицам торцов цилиндра приходится преодолевать меньшее сопротивление. Однако, так как на них не действует направленное наклонно давление, то также и с этой стороны указанное явление представляется вполне понятным и закономерным.

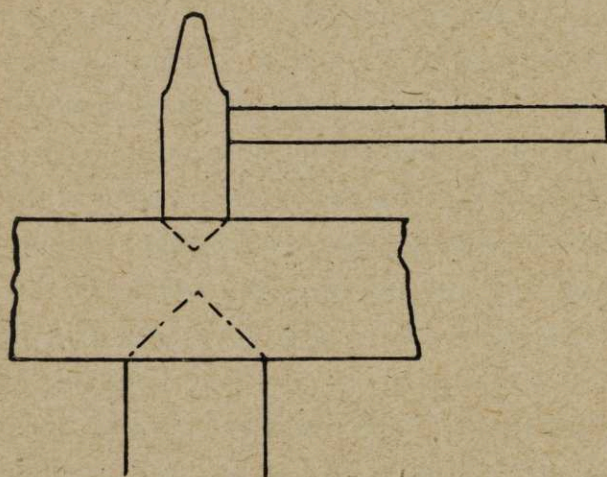
Посредством опытов Кикк установил, кроме того, что при сжатии твердые тела, подобно жидкостям, не уменьшаются сколько-нибудь заметно в объеме, иначе говоря, последний остается почти вполне постоянным. Так, например, сталь может быть сжата лишь в той мере, какая соответствует сдавливанию («расплющиванию») заключенных в ее массе мелких газовых пузырей. Даже каучук, будучи сжат в каком-либо направлении, соответственно раздается в другом, так что объем его остается при этом неизменным. Поэтому в случае применения, напр., резиновых буферов, необходимо помещать их так, чтобы они могли свободно расширяться в боковом направлении, иначе эластичность их совершенно не будет использована.

Особый интерес представляют опыты Кикка над изменением формы тел из хрупких материалов под влиянием высокого давления. Для этого он помещал мраморный шар в прочную гильзу из меди или латуни, заполнял свободное пространство между стенками гильзы и шаром расплавленными квасцами и затем подвергал эту гильзу давлению. При этом шар деформировался, но не разрушался. Палочку каменной соли, помещенную в короткую газовую трубу, которая затем заполнялась расплавленным шеллаком, после чего концы трубы закупоривались, оказывалось возможным изгибать вместе с трубой так, что после растворения шеллака в спирте и удаления палочки из трубы получалась изогнутая палочка каменной соли. Подобным же образом удалось произвести чеканку предметов из мрамора, янтара

и т. д., окружая эти материалы жидкостью и подвергая последнюю высокому давлению. Для того, чтобы каменная соль приобрела свойства пластичного материала, необходимо давление в 36 *атм.*

Формоизменение посредством растяжения.— Если какой-либо материал в форме, напр., прутка круглого сечения, подвергнуть действию растягивающих сил, приложенных к торцам прутка и равномерно распределенных по их площади, то внутри материала имеют место те же самые явления, как и при сжатии, с тою лишь разницей, что направления сил в обоих случаях противоположны. Следовательно, также в случае растяжения можно принимать, что в материале образуются конуса скольжения, причем элементарные частицы, заключенные внутри поверхностей, ограничивающих эти конуса, стремятся перемещаться по направлению к торцам прутка. Частицы же материала, расположенные вне этих конусов и находящиеся под действием одних лишь косо направленных (под углом действия) и равных по величине сил, стремятся двигаться по направлению к оси прутка. Это подтверждается тем явлением, которое наблюдается при испытании на разрыв брусков из вязких материалов: при увеличении растягивающей силы выше известного предела диаметр бруска в одном или нескольких местах уменьшается, после чего брусок ломается. При растяжении брусков из хрупких материалов, напр., из чугуна, подобное явление образования «шеек» или «перехватов» не наблюдается: это объясняется тем, что сцепление между молекулами хрупкого материала преодолевается внешними растягивающими силами раньше, чем напряжения достигнут предела текучести, так как для этих материалов молекулярное сцепление меньше внутреннего трения. Опыты подтвердили предположение, что углы действия при растяжении и при сжатии одинаковы.

Формоизменение посредством удара. — Характер внутренних явлений при изменении формы посредством удара такой же, как в случае деформирования тела давлением. Основываясь на том, что сказано было выше, легко представить себе действие удара молота по более или менее толстому куску ковкого материала. В тот момент, когда боек молота ударяет по поверхности материала, в последнем образуется пара конусов скольжения (см. фиг. 5), кото-



Фиг. 5. Действие удара молота.

рые вытесняют частицы, расположенные вокруг их наружной поверхности, во все стороны, и главным образом—в том направлении, где перемещение частиц встречает наименьшее сопротивление. Чем уже боек молота, тем больше, при одинаковой величине приложенной силы, «растягивающее» действие удара бойка *).

По этой причине эффект кузнечной работы зависит в высокой степени от формы и величины молота и подкладки (наковальни), что и подтверждается практикой. Если вес молота слишком мал сравнительно с весом изделия, то вытяжку

*) О вытяжке см. Том V настоящего издания, стр. 78—80 и сл.

последнего произвести не удастся, и результатом работы являются лишь местные перемещения частиц материала близ поверхности изделия (наклейка металла). Этим способом можно посредством легких ударов обработать торец цилиндрического тела таким образом, чтобы верхний конец его получился утолщенным (вместо бочкообразного утолщения к середине, как это имеет место при сжатии; см. фиг. 3), без передачи эффекта удара на нижележащие слои или вглубь материала.

Влияние скорости деформаций на эффект работы.

Для полного завершения изменения формы, вызываемого известной силой, всегда требуется известное время. С целью более точного аналитического определения этого явления было предпринято много опытов, которые, однако, не дали возможности установить какое-либо простое правило, характеризующее закономерность его.

Однако, удалось установить, что если формоизменение происходит медленно или с умеренной скоростью (примерно, от $\frac{1}{40}$ до $\frac{1}{3}$ мм/сек.), то для осуществления его требуется тем большее количество работы, чем больше скорость деформации. Это явление можно объяснить следующим образом. Если посредством давления привести в движение частицы материала, то сообразно с увеличением скорости этого движения должен возрасти и соответствующий ей расход работы (подобно тому, как для того, чтобы бросить камень с некоторой скоростью, необходимо приложить известную силу, которая должна быть тем больше, чем больше требуемая скорость).

Так, например, если желательно отпрессовать кусок свинца, чтобы придать ему известную форму в сравнительно короткое время, то для этого требуется применить давление большее, нежели в случае более медленного формоизменения.

Удельное давление σ_g на пограничной поверхности двойного конуса, образующегося внутри свинцового цилиндра при сдавливании его, при малых скоростях связано со скоростью

деформации линейной зависимостью. При скорости деформации v это давление σ_{gv} выражается для свинца формулой:

$$\sigma_{gv} = \sigma_g (0,976 + 0,024v)$$

где σ_g — удельное давление при $v = 1$ мм/сек. ($\sigma_g = 4$ кг/мм²).

Для литого железа:

$$\sigma_{gv} = \sigma_g (0,9 + 0,1v)$$

Возможность применения в случае медленных деформаций пониженного давления может быть объяснена еще и другой причиной: при небольшом длительно действующем давлении свинец имеет время для так наз. самопроизвольного (свободного) «отжига», о чем подробнее см. стр. 39. Следует, однако, заметить, что в отношении влияния скорости деформаций металлы ведут себя чрезвычайно различным образом, и в то время, как свинец, будучи нагружен постоянным по величине и направлению давлением, продолжает изменять свою форму в течение многих часов или дней, формоизменение, напр., железа, красной меди, бронзы и латуни совершенно заканчивается, практически говоря, в несколько секунд.

Посредством опытов Кикк, между прочим, доказал, что количество работы, затрачиваемой на осуществление определенной деформации тела, в случае удара всегда больше, нежели при применении давления, если под работою удара понимать произведение веса падающих частей молота на высоту их падения. Отношение между количествами работы, затрачиваемыми на одинаковую деформацию, при давлении и при ударе является величиной, изменяющейся в весьма широких пределах, от 3:4 и выше до 1:4. В случае обработки посредством ударов часть расходуемой работы теряется на нагревание заготовки (как известно, маленький кусок железа можно нагреть докрасна одними лишь ударами молота), на сообще-

ние вибраций подкладке, т.-е. наковальне и шаботте, а также—на возвращение молота в исходное положение. Если изделие обладает большой упругостью, то молот после удара отскакивает выше, поэтому теряется больше работы. Напротив, при обработке давлением потери работы очень незначительны.

Посредством ряда опытов Кикк доказал, что если скорость удара остается постоянной или изменяется в не очень широких пределах, то количество работы, затрачиваемой на определенную деформацию, зависит лишь от произведения веса падающих частей молота на высоту падения их, следовательно, с этой точки зрения безразлично, будет ли падать более легкая баба с большей высоты или наоборот. Это положение сохраняет силу для скоростей в пределах от 3 до 10 м/сек. *).

При ковке мягких пластичных материалов достигается больший эффект, если ударить молотом большое число раз при меньшей высоте падения, нежели при ковке меньшим числом ударов, но при большей высоте падения (следовательно, больший эффект соответствует меньшей скорости падающих частей в момент удара, при условии более частых ударов); предполагается, конечно, что сумма работ всех ударов в обоих случаях одинакова. Действительно, как показывает практика, кузнецы предпочитают ковать сильно нагретое железо под паровым молотом с малой скоростью падения бабы, нежели пользоваться для этой цели молотами с большой скоростью падающих частей. В случае обработки железа несколько остывшего (ниже 1000°C) или, вообще, сравнительно упругого материала, имеет место прямо противоположное явление; последнее можно объяснить тем, что

*) В этом именно интервале лежат скорости большей части применяемых в настоящее время механических молотов.

для подобных материалов требуется затрата сравнительно большего количества работы на преодоление сопротивлений до предела упругости, при чем эта работа, не имеющая, конечно, результатом формоизменения материала и таким образом бесполезно теряемая в этом смысле, тем больше, чем больше число ударов.

Как следует из сказанного выше (см. стр. 22, Формоизменение посредством удара), эффект работы удара ограничен больше теми слоями материала, которые лежат вблизи поверхности тела, тогда как при медленно действующем давлении деформации распространяются во всей массе материала. Уже эта одна причина делает ковочные прессы для обработки крупных поковок более пригодными, нежели паровые молоты, так как только при помощи подобных прессов возможно проковать заготовку во всей ее массе. С другой стороны, формоизменение посредством удара много проще и для него требуется менее громоздкое и более дешевое оборудование.

Для того, чтобы определить максимальное значение давления в течение очень короткого периода удара, было произведено большое число различных опытов, которые показали, что даже для сравнительно легких молотов это давление достигает очень большой величины. Пусть молоток, весящий всего лишь 1 кг, падает со скоростью 10 м/сек. и при этом оставляет на поверхности изделия отпечаток глубиной 0,1 мм ($= 0,0001$ м); тогда среднее значение давления, производимого этим молотком в течение периода удара, составляет около 50000 кг. Действительно, это давление p (в кг) определяется, очевидно, из равенства:

$$ps = \frac{PV^2}{2g}$$

где s (в м)—путь бойка молота (глубина отпечатка, получившегося в результате удара), P (в кг)—вес падающих

частей молота, V (в $м/сек.$) средняя скорость падения их и g (в $м/сек^2$)—ускорение силы тяжести ($\cong 9,8 м/сек^2$). Таким образом, для взятого примера:

$$p = \frac{PV^2}{2gs} = \frac{1 \cdot 10^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,0001} = 50000 \text{ кг}$$

По данным Кодрона (Codron) опыты показали, что пресс силою давления в 40000 кг не мог произвести никакого формоизменения там, где кувалда весом 30 кг при высоте падения всего лишь в 1 м еще могла производить полезную работу. Следует еще заметить, что зачастую соображения чисто практического порядка заставляют прибегать к работе ударом вместо медленно действующего давления (напр., в случае свободной ручнойковки).

Влияние различных факторов на ковкость металлов.

Влияние химического состава.—Влияние химического состава металлов на их ковкость уже было рассмотрено, в связи с другим вопросом, в Томе I настоящего издания (стр. 127). Здесь необходимо остановиться на этом вопросе несколько подробнее.

Сплавы, или металлы, содержащие примеси других металлов и металлоидов, обладают, вообще говоря, меньшею ковкостью, нежели чистые металлы, так как предел упругости сплавов лежит выше. Также и временное сопротивление в результате присадок в известных случаях повышается, однако, в меньшей степени, чем предел упругости; вследствие этого интервал между этими двумя точками, характеризующий ковкость сплава, уменьшается по сравнению с чистым металлом.

Железо и сталь.—Повышение содержания углерода влечет за собою уменьшение ковкости стали, которая совершенно исчезает при $C=1,7\%$. Кремний и марганец действуют в том же направлении, как и углерод, но в более слабой степени. Напротив, очень высокое содержание марганца (7—12%) сообщает материалу большую вязкость, при условии неизменности процентного содержания углерода.

Примесь, оказывающею наиболее сильное влияние на ковкие свойства железа, является фосфор. Уже 0,10% содержания его заметно увеличивает хрупкость. Вредное влияние фосфора увеличивается с повышением содержания углерода, вследствие чего для стали допустимо меньшее со-

держание фосфора, нежели для железа. Сварочное железо не так чувствительно к влиянию фосфора, как литое. Вредное влияние этой примеси сказывается сильнее всего, когда железо находится в холодном состоянии. Слишком высокое содержание фосфора сообщает железу хладноломкость, которая при сильных морозах становится заметной уже при содержании $P=0,06\%$. Железо высокого качества, напр., хорошие шведские сорта, содержит всего лишь $0,010—0,030\%$ фосфора.

В противоположность фосфору, вредное влияние серы сказывается сильнее, когда железо находится в нагретом виде (красноломкость). Содержание серы не должно превышать $0,015\%$. Вредное влияние ее уменьшается в присутствии марганца, вследствие чего литое железо, содержащее больший процент марганца, чем сварочное, менее чувствительно к влиянию серы. Кислород повышает хрупкость железа и стали в нагретом состоянии.

Медь. — Этот металл отличается в чистом виде высокой ковкостью. В этом отношении самой вредной для него примесью является висмут: при $Bi=0,02\%$ медь становится красноломкой, при $Bi=0,05\%$ — хладноломкой. Вредно влияет на ковкость меди также и мышьяк при содержании более $0,5\%$. Кислород в количестве более $0,10\%$ также уменьшает ковкость меди. Примесь 1% сурьмы сообщает этому металлу красноломкость.

При обычной температуре присадка цинка к меди в количестве не свыше 30% сплава не оказывает неблагоприятного влияния на ковкость меди. При увеличении содержания цинка в сплаве выше 30% ковкость последнего уменьшается и почти совершенно исчезает при $Zn=50\%$. В нагретом состоянии сплавы меди с цинком являются хрупкими, за исключением тех из них, которые содержат от 35% до 42% цинка: эти сплавы можно ковать и прокатывать также и при температуре красного каления. Сплавы меди с цинком

при содержании последнего до 20% в холодном состоянии куются лучше, чем чистая медь. Нейзильбер (сплав меди, цинка и никкеля) также поддается обработке в холодном состоянии.

В отношении уменьшения ковкости меди примесь олова действует сильнее, чем цинк. Бронза обладает в холодном состоянии ковкостью лишь в том случае, если содержание в ней олова не превышает 1—2%. При $Sn = 6\%$ бронзу в холодном виде ковать нельзя, и даже в нагретом состоянии ковка ее должна производиться с большой осторожностью.

Алюминий оказывает на ковкость меди менее неблагоприятное влияние, нежели олово. Алюминиевую бронзу с содержанием от 2,5% до 10% алюминия при светло-красном нагреве можно ковать даже в штампе; также и в холодном состоянии этот сплав обладает довольно большой ковкостью. Алюминиевая латунь подходящего состава и при содержании алюминия более 2% (напр., $Cu = 63\%$, $Zn = 34\%$, $Al = 3\%$) поддается кузнечной обработке при температуре красного нагрева. Однако, вообще говоря, повышение содержания алюминия влечет за собою увеличение хрупкости этого сплава. Поэтому алюминиевая латунь с содержанием алюминия более 4% получается хрупкой.

Точно так же понижает ковкость меди и примесь свинца; влияние его становится заметным уже при содержании в 1%.

Цинк, как известно, обладает ковкостью лишь в интервале температур между 100° и $150^{\circ}C$. Примесь свинца сообщает ему хрупкость. Однако, при содержании свинца до 1,5% цинк еще возможно прокатывать, что становится уже невозможным при повышении содержания этой примеси до 3%. Олово еще более ухудшает ковкие свойства цинка; впрочем, эта примесь в цинке встречается редко.

Олово в чистом виде отличается высокой ковкостью. Последняя уменьшается в присутствии сурьмы и меди. Сплав олова с 8% сурьмы и 2% меди еще поддается

кузнечной обработке без особых затруднений. Примесь висмута понижает ковкость как олова, так и свинца.

Алюминий хорошо поддается обработке в холодном состоянии, но должен подвергаться частому отжигу, если содержание в нем примесей составляет 3% и более. Если примеси составляют более 5%, то алюминий можно обрабатывать лишь при нагреве примерно до 200°C. Медь и железо уменьшают ковкость алюминия; меньше сказывается присутствие кремния. Цинк при содержании до 15% не оказывает неблагоприятного влияния на ковкие свойства алюминия.

Никкель часто содержит в качестве примесей железа, углерод, кремний и мышьяк; все эти элементы уменьшают ковкость никкеля. Безусловно вредное влияние в этом отношении оказывают мышьяк и сера при содержании в 0,10% и выше.

Ковкость и тягучесть различных металлов характеризуются приводимой ниже табличкой, в которой металлы расположены по убывающей степени этих свойств.

К о в к о с т ь.	Т я г у ч е с т ь.
Золото	Золото
Серебро	Серебро
Медь	Платина
Олово	Железо
Платина	Никкель
Свинец	Медь
Цинк	Цинк
Железо	Олово
Никкель	Свинец

Влияние плотности. — Само собою разумеется, что более плотный металл обладает большей прочностью, т.-е. более высоким временным сопротивлением, а вследствие этого — и большею ковкостью сравнительно с менее плотным металлом. То же самое относится и к более однородному по

структуре материалу, если сравнивать его с таким, в массе которого содержатся шлаковые включения и т. д. Так как неплотности структуры обуславливаются главным образом газами, образующимися во время процесса литья, и в большей или меньшей степени могут быть предупреждены посредством присадки в расплавленный металл незначительных количеств других металлов (см. Том I настоящего издания, стр. 201 и 208 и Том III), то приведенное выше общее правило, что сплавы, вообще говоря, обладают меньшей ковкостью, нежели чистые металлы—в этом случае неприменимо.

Неблагоприятное влияние неплотностей, шлаковых включений, газовых пузырей и т. п. сказывается тем сильнее, чем больше уменьшается поперечное сечение материала во время обработки, так как при этом отношение площади пороков металла к полному сечению заготовки увеличивается, следовательно, относительная прочность материала уменьшается в более значительной степени.

Неплотности встречаются чаще и выражены сильнее (для металлов, в массе которых во время литья развиваются газы) в тех случаях, когда исходный материал отливается в виде мелких изделий; в более крупных отливках эти пороки не так заметны, так как они остывают медленнее мелких и успевают дать выход относительно большему количеству газов. Поэтому обычно материал заготавливают в виде полуфабриката более крупных размеров, чем это само по себе требуется размерами конечного продукта. В качестве примера можно привести стальную болванку, из которой прокатываются рельсы. Размеры подобной болванки берут с таким расчетом, чтобы из нее можно было прокатать по крайней мере два, а иногда—четыре или шесть рельсов нормальной длины. Этот принцип применяется не только в отношении железа, но и других металлов.

Влияние температуры. — Прочность металлов, а вместе с тем и ковкость, изменяются, как известно, в зави-

симости от температуры, до которой нагрет металл. Однако, зависимость этих свойств от температуры нагрева для различных металлов различна. Для некоторых из них при повышении температуры изделия выше комнатной предел упругости и временное сопротивление вначале повышаются; при дальнейшем нагреве металла значения этих точек опускаются с большей или меньшей скоростью до тех пор, пока не станут равными нулю, что соответствует моменту перехода металла в жидкое состояние.

Изменение механических свойств железа и стали в зависимости от температуры, для интервала температур, представляющего интерес для прокатки, можно представить в виде следующей таблицы:

Температура °C	Временное сопротивление (по Geiger'y) кг/см ²		Давление истечения (по Кольману) кг/см ²	
	железа	стали	железа	стали
1200	155	208	—	—
1150	230	310	—	—
1100	330	440	120	320
1050	445	595	130	360
1000	575	760	150	400
950	696	920	190	470
900	794	1050	220	540
850	850	1125	—	—
800	940	—	400	790
700	—	—	620	1050
600	—	—	700	1500

Эта таблица показывает, что в пределах между 800° и 1200°C (т.-е. при температурах прокатки) отношения временных сопротивлений разрыву изменяются в арифмети-

ческой прогрессии, разность которой, как легко подсчитать, равна 0,07 (до интервала в 50°). Эта простая зависимость дает возможность определять с вполне достаточной для практики точностью временное сопротивление разрыву для любой температуры в интервале 800° — 1200° путем интерполяции.

Однако, повышение температуры не всегда влечет за собою понижение предела упругости, пропорциональное нагреву. В ряде случаев это явление имеет как раз противоположный характер, и некоторые из металлов обладают большой ковкостью или высокой хрупкостью лишь в известных, нередко довольно резко ограниченных температурных интервалах.

Влияние температуры на ковкость металла зависит также и от характера предполагаемой обработки; иначе говоря, влияние температуры на механические свойства металла может быть различным, смотря по тому, обрабатывается ли изделие путем, напр., волочения, посредством давления или изгиба. По этой причине волочение, напр., проволоки производится чаще всего в холодном состоянии, тогда как обработка посредством давления или удара производится обычно после предварительного нагрева металла.

Если нет особых причин, препятствующих этому, то обработка металлов, и в первую очередь железа, производится чаще всего в горячем виде из тех соображений, что при этом на работу расходуется меньше силы.

По данным Пуппе (Puppe), расходу работы в 1 кг/м при прокатке железа в ручьевых валках соответствуют следующие объемы смещаемого металла:

при $t = 950^\circ\text{C}$	смещаемый объем	20 см ³
» » 1100°C	» »	30 см ³
» » 1200°C	» »	45 см ³
» » 1300°C	» »	90 см ³

Довольно часто намеченная обработка вообще не может быть выполнена без нагрева металла.

В известных случаях более предпочтительной является холодная обработка, при которой отпадают расходы на нагрев и неудобства, связанные с последним (напр., материал при этом не покрывается слоем окалины). Кроме того, холодная обработка применяется с целью сообщения материалу большей твердости и повышенной упругости. В некоторых случаях холодная обработка даже легче и удобнее горячей, напр., в отношении сравнительно тонких листовых металлов.

Железо, как известно, переносит тем более сильный нагрев, чем ниже содержание в нем углерода. Бедное углеродом сварочное железо можно без риска обрабатывать при бело-калильном жаре, тогда как литое углеродистое железо несколько более чувствительно к нагреву, а твердая сталь не должна быть нагреваема выше температуры, соответствующей желтому калению. Быстрорежущую сталь не следует нагревать при ковке сильнее, чем до желтого калильного цвета. При температуре бурого каления железо обладает заметною хрупкостью, т.-е. железо более хрупко, нежели в холодном состоянии. Поэтому, когда температура железа опустится ниже той, которая соответствует цвету красного каления, обработку следует прекращать и снова нагревать материал. В противном случае, в металле могут появиться трещины, которые нередко становятся заметными лишь тогда, когда изделие пущено в дело соответственно своему назначению и подвергается при этом известным напряжениям.

Более или менее крупные предметы из меди обрабатываются большею частью при нагреве до темно-красного цвета. При более высокой температуре медь становится хрупкой и вблизи точки плавления может быть измельчена в порошок (в ступке). Бронза с низким содержанием олова ведет себя в этом отношении примерно так же, как медь. Своеобразное исключение представляет бронза с содержанием 20% олова: этот сплав отличается хрупкостью в холодном состоянии и при ясно выраженном красном нагреве, в то

время, как при несколько более высокой температуре он становится ковким, а затем, при дальнейшем увеличении последней, снова становится хрупким.

Ковкость сукарасной меди и латуни по мере нагрева уменьшается, вследствие чего эти сплавы обрабатываются чаще всего в холодном состоянии. Исключением является латунь с содержанием цинка от 35% до 42%, которую обычно нагревают до красного калильного цвета (см. стр. 30).

Ковкие свойства алюминия улучшаются при нагреве, который, однако, не следует вести выше, чем 450°C. Алюминиевая бронза легче всего поддается обработке при температуре, соответствующей умеренному красному нагреву.

Никкель и никкелевые сплавы, свинец, олово, серебро, золото и сплавы этих металлов обрабатываются в холодном состоянии, а цинк—при температуре около 150°C, которой соответствует максимум ковкости цинка. С увеличением температуры выше 150°C хрупкость цинка увеличивается, так что при 200°C он поддается обработке хуже, нежели в холодном состоянии. Платина хорошо обрабатывается при бело-калильном жаре.

Влияние предварительной обработки.—Следствием обработки металлов посредством удара, давления, растяжения и т. д. при обычной температуре является повышение как предела упругости, так и временного сопротивления металла; при этом, однако, предел упругости возрастает больше, нежели временное сопротивление, следовательно, ковкость металла уменьшается. Если при этих условиях продолжать обработку, то металл может, наконец, стать настолько твердым или хрупким, что дальнейшая обработка его окажется невозможной и перед тем, как продолжать ее, придется принять известные меры для расширения интервала между пределом упругости и временным сопротивлением (отжиг и пр.).

Это явление особенно заметно у металлов, обладающих высоким пределом упругости, к числу которых относятся,

напр., сталь, медные сплавы, никкель, а также серебро и золото. Однако, также и на олове и свинце сказывается в известной степени влияние обработки, если она продолжается достаточно долго. Влияние обработки на чистые металлы меньше, нежели на сплавы или металлы, содержащие примеси.

Объяснение этого явления отчасти дают теории, о которых было упомянуто на предыдущих страницах настоящего тома. Так как формоизменение, произведенное над ненагретым материалом и доведенное до известного предела, увеличивает внутреннее трение материала, то следствием этого является уменьшение его вязкости. При повторной обработке для преодоления сил внутреннего трения требуется приложить бо́льшую силу (другими словами, предел упругости материала повышается); с другой стороны, интервалу напряжений, начиная от предела упругости до временного сопротивления, отвечает меньшая сила. Таким образом, расстояние между этими двумя точками уменьшается.

Наглядным примером этого может служить волочение проволоки, при котором последняя становится настолько твердой, что в процессе работы ее приходится несколько раз отжигать для того, чтобы возможно было проволочь ее до требуемого номера (тонины). Хрупкость материала может возрастать, однако, и в тех случаях, когда инструмент не приходит в непосредственное соприкосновение с ним.

Так, например, при обрезке кромок или пробивке дыр в листовом железе хрупкость материала в кромке листа или вблизи стенок пробитых отверстий увеличивается (см. Том VII, стр. 39). По этой причине технические нормы предписывают все заклепочные дыры в барабанах и днищах паровых котлов сверлить или, если они пробиваются, затем рассверливать. В последнем случае диаметр пробитой дыры должен быть меньше требуемого на 4—5 мм; при рассверливании ее до надлежащего диаметра часть материала стенок, ставшая

хрупкою во время пробивки дыры, удаляется. Если ограничиться одной лишь пробивкой заклепочных отверстий, то возрастает опасность, что котел, будучи нагружен рабочим давлением, лопнет вдоль одного из заклепочных швов.

Первоначальные свойства металла, утраченные им во время холодной обработки, могут быть восстановлены посредством нагрева. Если медный цилиндр сжимать определенным давлением до тех пор, пока последнее не перестанет производить деформации цилиндра, и затем отжечь его, то оказывается, что то же самое давление может сжимать цилиндр и дальше. Повторяя отжиг несколько раз, можно после каждого из них продолжать сжатие цилиндра постоянным давлением, однако, с каждым разом, конечно, все меньше и меньше.

Для того, чтобы уменьшить хрупкость или твердость материала, явившуюся следствием обработки, не всегда необходимо прибегать к отжигу. Тот же результат может быть достигнут, если нагревать материал в течение более или менее продолжительного времени до сравнительно низкой температуры; что касается других металлов, кроме железа и стали, то их для этого достаточно выдержать в течение долгого времени при комнатной температуре. При этом материал проходит через особое состояние, называемое Ле-Шателье (Henry Le-Chatelier) самопроизвольным отжигом, и снова приобретает свою первоначальную вязкость. Так, напр., медную проволоку можно волочить на все более тонкие номера практически неограниченное число раз, не отжигая ее между отдельными операциями, если после каждого перехода выдерживать ее известное время при комнатной температуре.

Причина того, что металлы в результате отжига—как в обычном смысле этого термина, так и самопроизвольного—снова приобретают вязкость, утраченную ими во время обработки, заключается в устранении напряжений между кристаллами. Одновременно в массе материала происходит пере-

кристаллизация, иначе говоря, изменение кристаллической структуры материала. Так, при прокатке или волочении железа кристаллы его вытягиваются в направлении увеличения длины материала; при последующем отжиге эти кристаллы распадаются таким образом, что размеры их во всех направлениях становятся примерно одинаковыми.

Из сказанного следует, что при холодной обработке металлов последние нередко приходится подвергать повторному отжигу для того, чтобы сделать возможным продолжение обработки. Самопроизвольный отжиг, требующий чересчур продолжительного времени для достижения необходимого эффекта, на практике не применяется.

Железо и платина нагреваются для отжига до цвета красного каления. Нагрев железа до температуры ниже 700°C никаких результатов в этом смысле не дает. Для отжига меди требуется температура не меньше 350°C . Посредством нагрева меди до 500°C процесс отжига ее может быть ускорен, но в этом случае для получения хорошего результата необходимо заканчивать отжиг охлаждением металла в воде. Латунь с содержанием 30% цинка отжигается лучше всего при 600°C ; качества ее ухудшаются, если позволить температуре подняться значительно выше 700°C . Для отжига томпака достаточен нагрев до 300°C , для алюминия — до 150°C . Понятно, что олово и свинец не могут быть отжигаемы в обычном смысле этого термина; однако, первоначальная ковкость их восстанавливается довольно быстро, если оставить их лежать в течение некоторого времени при обычной температуре.

Само собою разумеется, что если обработка металла производится при достаточно высокой температуре, то ковкость его вследствие обработки не утрачивается, так как температура, до которой нагрет металл, одновременно, так сказать, возвращает ему его ковкие свойства. Однако, вообще говоря, материал, обработанный в горячем виде, требует последую-

щего отжига, либо вследствие чересчур быстрого охлаждения после обработки, либо потому, что предмет не был подвергнут нагреву во всей массе.

Влияние охлаждения.—Влияние охлаждения на свойства стали было подробно рассмотрено в главе Термическая обработка стали (Том I, стр. 144 и сл.). Поэтому здесь достаточно будет ограничиться лишь главнейшими данными. Если сталь нагреть не ниже, чем до 700°C (ясно выраженный цвет красного каления) и сейчас же вслед за тем быстро охладить ее, то твердость стали увеличивается, а предел упругости значительно повышается; иначе говоря, сталь становится хрупкой и уже не может обрабатываться посредствомковки и т. под. методов в холодном состоянии. Влияние охлаждения сказывается тем сильнее, чем выше содержание углерода в стали и чем ближе температура нагрева к температуре образования твердого раствора; мягкое, бедное углеродом железо претерпевает при описанном способе термической обработки лишь мало заметное изменение как твердости, так и предела упругости. Первоначальную ковкость стали можно восстановить путем нагрева ее до температуры предыдущего нагрева и последующего сравнительно медленного остывания. Нагрев стали до температуры ниже 700°C с последующим быстрым охлаждением на механические свойства ее совершенно не влияет.

Что касается красной меди, то, как уже было указано выше, дело обстоит прямо противоположным образом: охлаждение ее в воде после нагрева до температуры в 500°C имеет следствием увеличение ее ковкости и тягучести. Бронза ведет себя в этом отношении точно так же, как медь.

В заключение, здесь следует привести несколько признаков, по которым можно судить о ковкости металлов.

Известный металл может считаться более ковким сравнительно с другим:

1) если для осуществления определенной деформации его требуется меньший расход силы;

2) если формоизменение его можно вести дальше, нежели формоизменение другого металла, без вреда для его механических свойств или структуры;

3) если обработку данного металла можно производить как в холодном, так и в горячем состоянии, тогда как обработка другого металла возможна лишь в одном из этих состояний или лишь в известном интервале температур;

4) если при обработке данного металла в холодном состоянии он становится хрупким не так скоро и поэтому должен отжигаться не так часто, как другой металл.

Отсюда следует, что «ковкость» является понятием не абсолютным, а относительным, и при определении ее должна приниматься во внимание вся совокупность условий, характеризующих состояние данного металла.

ПРОКАТКА

Принцип работы прокатных станов и основы их конструкции.

Первичная обработка металлов, имеющая целью быстро придать исходному материалу заданные размеры и определенный профиль, наиболее пригодные для дальнейшего непосредственного применения в машиностроении или при сооружении различного рода металлических конструкций, достигается посредством прокатки, и в настоящее время даже трудно представить себе, что когда-то она производилась иначе. По данным Бека (Ludwig Besk) первый прокатный станок был построен в Нюрнберге в XVI столетии и служил для изготовления более высоких сортов железа. Таким образом, в первое время этот процесс обработки применялся, вероятно, лишь для раффинирования железа (посредством прокатки и сварки), другими словами, для выжимания из криц шлаковых включений. Однако, уже вскоре после этого начали строить прокатные станки для прокатки литых плоских металлических полос или лент, которые применялись для чеканки монеты, а позднее и для прокатки листового материала. Сортовое железо начали изготавливать посредством прокатки впервые лишь в начале XIX столетия. До тех пор вытяжку железа в полосы производили при помощи так наз. водяных молотов, которые кое-где применяются еще и теперь, но почти исключительно для обжимания слитков, изготавливаемых на металлургических заводах, притом только там, где имеются естественные источники водной энергии. Молота этого

типа вкратце описаны на стр. 98 Тома V настоящего издания.

В своей простейшей форме прокатка производится, как известно, таким образом, что материал вводится между двумя вращающимися вальцами или валками, которые при своем движении захватывают заготовку и протаскивают ее вперед, вследствие чего материал подвергается давлению, изменяющему форму или размеры поперечного сечения заготовки или (в известных случаях холодной прокатки) лишь выглаживающему ее поверхности. Прокатным станом (приводом) называют либо только машину, выполняющую самую работу прокатки, либо весь агрегат, включающий ряд вспомогательных механизмов; в последнем случае чаще пользуются термином прокатное устройство.

Таким образом, конечной целью прокатки не всегда является изменение профиля материала: она может применяться также для рафинирования железа (при этом прокатный стан исполняет, следовательно, роль кричного жома), о чем упомянуто выше, и для отделочной обработки поверхностей заготовки или готового продукта («полировка» металла).

При прокатке материал приходится пропускать между валками, вообще говоря, несколько раз, при чем, если прокатывается листовой материал, то перед каждым пропуском расстояние между валками уменьшается; если же ведется прокатка сортового или фасонного материала, то заготовка пропускается всякий раз через все более и более узкие и соответственным образом профилированные канавки—ручьи или калибры—между валками.

Прокатка сопровождается очень большой вытяжкой материала, вследствие чего этот способ обработки особенно удобен для изготовления металлических полос различных профилей в концах значительной длины. В этом отношении один пропуск между валками заменяет собою большое число ударов молота; вместе с тем подача материала при прокатке

производится, так сказать, автоматически, вследствие одного только вращения валков прокатного стана. Поэтому для изготовления сортового и фасонного железа и стали, а также — листовых металлов, целесообразнее пользоваться прокатными устройствами, производительность которых значительно выше производительности механических молотов и ковочных прес-сов, тем более, что также и в отношении сохранения одно-образия профиля и, следовательно, пригодности для дела ко-нечного продукта, машины последних типов далеко уступают прокатным станам. С другой стороны, стоимость прокатного устройства и его установки значительно превосходит первоначальные затраты на установку ковочных машин. Поэтому про-катные устройства с экономической точки зрения оправдывают себя лишь в тех случаях, если обеспечено производство боль-ших партий однородных по характеру прокатных материалов.

Когда материал приходит в соприкосновение с валками, между последними и материалом возникает трение, увлекаю-щее материал в промежуток между валками. Однако, если отношение толщины заготовки к проходу между валками, т.-е. к наименьшему расстоянию между ними, слишком велико, то валки не могут захватить или, как говорят, при-нять материал.

Условие для приема металла прокатными валками можно вывести следующим образом.

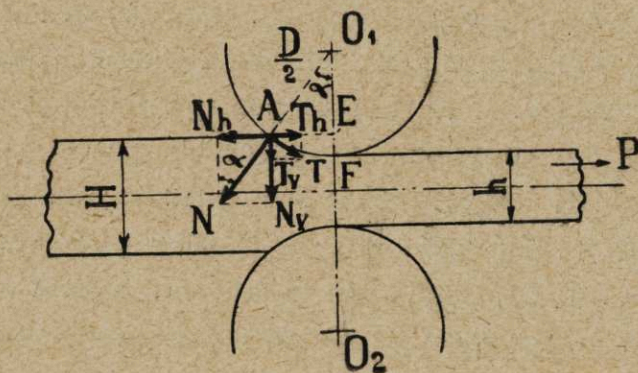
Пусть заготовка, задаваемая в стан, прижимается к вал-кам силою P (см. фиг. 6). Она вызывает со стороны валков реакции N (на рис. построение сделано только для верх-него валка), нормальные к поверхности их, и силы трения $T = fN$, направленные по касательной к поверхности соответ-ствующего валка в точке приема A . Через f здесь обозначен коэффициент трения между материалом валка и прокатывае-мым металлом, т.-е.

$$f = \operatorname{tg} \varphi$$

где φ — угол трения.

Разлагая обе силы N и T (для каждого вала) на вертикальные (N_v и T_v) и горизонтальные (N_h и T_h) составляющие, легко видеть, что вертикальные составляющие взаимно уравниваются, как попарно равные по величине и противоположные по направлению, а горизонтальные дают результирующую:

$$2 (T_h - N_h) = P$$



Фиг. 6.

Для приема необходимо, очевидно, чтобы:

$$T_h - N_h > 0$$

или

$$f N \cos \alpha - N \sin \alpha > 0$$

Отсюда получается:

$$\operatorname{tg} \alpha < f$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha < \operatorname{tg} \varphi$$

Так как оба угла α и φ меньше 90° , то условие приема материала валками можно представить в виде:

$$\alpha < \varphi$$

иначе говоря, угол захвата α должен быть меньше угла трения. Отсюда можно было бы определить наибольший угол приема, если бы был известен угол трения φ

в действительных условиях прокатки. Этого, однако, нет, и немногие имеющиеся данные различных авторов настолько сильно различаются между собою, что основываться на даваемых ими цифрах нельзя. Как показывает опыт, прием материала, зависящий, помимо угла α , и от целого ряда других условий (см. ниже), может происходить, пока этот угол не превышает 30° (по Hirst'y). Данные Жеза, по которым для возможности приема угол захвата должен быть меньше 22° , опровергаются практикой прокатки, так как в действительности угол α очень часто лежит в пределах от 25° до 30° .

Прием материала прокатным станом зависит от:

- 1) угла захвата α ,
- 2) толщины материала,
- 3) диаметра валков: валки большого диаметра принимают материал лучше, нежели валки меньшего диаметра (см. фиг. 18),
- 4) от температуры прокатки.

Если обжатие, т.-е. разность между толщиной заготовки H перед валками и толщиной ее h после пропуска (фиг. 6), взято слишком большим, то материал (предполагается, что речь идет о железе, нагретом до температуры красного каления) подвергается чрезмерно высоким напряжениям. Опыт показал, что для железа уменьшение поперечного сечения или толщины для каждого прохода между валками (пропуска) должно составлять ни в коем случае не больше 0,5, так как иначе возможно появление трещин на поверхности заготовки. В случае краснотопкого железа эта опасность, конечно, еще больше. Хороший прием получается при условии, если величина обжатия составляет не более $\frac{1}{17}$ диаметра валков.

Определим отсюда соответствующий угол захвата.

Из фиг. 6 имеем:

$$H - h = 2 \cdot EF = D - 2 \cdot OE = 2 \cdot \frac{D}{2} (1 - \cos \alpha)$$

или

$$H - h = D(1 - \cos \alpha)$$

При

$$\frac{H - h}{D} = 1 - \cos \alpha = \frac{1}{17}$$

угол захвата α получается равным 20° . Хотя, как уже замечено выше, металл принимается валками и при угле захвата до 30° (для увеличения трения поверхность валков насекают или бросают в ручьи песок), однако, это связано с потерей времени на прокатку, и поэтому предпочитают брать угол захвата α не выше 25° . При этом получается:

$$\frac{H - h}{D} \cong \frac{1}{10}$$

Относительное уменьшение сечения и относительное увеличение длины прокатываемого материала характеризуются коэффициентами, представляющими отношение площади сечения—соответственно длины полосы—после пропуска между валками к значению соответствующей величины до пропуска. Если обозначить:

F_0 — площадь сечения материала до первого пропуска,

l_0 — длину „ „ „ „

F_n — площадь сечения „ после n -ого „

l_n — длину „ „ „ „

ξ_n — коэффициент уменьшения сечения для n -ого пропуска,

λ_n — „ „ „ „ „

то:

$$\xi_n = \frac{F_n}{F_{n-1}} (F_n < F_{n-1})$$

и

$$\lambda_n = \frac{l_n}{l_{n-1}} (l_n > l_{n-1})$$

Объем прокатываемого материала можно принять постоянным, как показали опыты Керкальди (Kirkaldy), т.е.

$$F_{n-1} \cdot l_{n-1} = F_n \cdot l_n$$

или

$$\frac{F_n}{F_{n-1}} \cdot \frac{l_n}{l_{n-1}} = 1$$

Отсюда зависимость между обоими коэффициентами получается в виде:

$$\xi_n \cdot \lambda_n = 1$$

или иначе:

$$\xi_n = \frac{1}{\lambda_n} \quad \lambda_n = \frac{1}{\xi_n}$$

Если принять коэффициент уменьшения сечения, следовательно, и коэффициент вытяжки, постоянным для всех пропусков, то легко найти полное число m пропусков, необходимых для уменьшения прокаткою начального сечения F_0 данной заготовки до требуемой величины F_n . Действительно, полагая $\xi_n = \text{const} = \xi$ (следовательно, и $\lambda_n = \text{const} = \lambda$), получаем:

$$\begin{aligned} F_1 &= F_0 \cdot \xi, \\ F_2 &= F_1 \cdot \xi = F_0 \cdot \xi^2, \\ F_3 &= F_2 \cdot \xi = F_0 \cdot \xi^3; \\ F_m &= F_0 \cdot \xi^m \end{aligned}$$

Отсюда:

$$m = \frac{\lg F_m - \lg F_0}{\lg \xi}$$

или, так как $\xi = 1 : \lambda$:

$$m = \frac{\lg F_0 - \lg F_m}{\lg \lambda}$$

Коэффициент вытяжки λ , очевидно, всегда больше единицы. Очень часто вместо этого коэффициента указывают величину e удлинения полосы в $\%$. Так, если, напр., $\lambda = 1,15$, то говорят, что вытяжка $e = 15\%$. Следовательно, коэффициент вытяжки λ можно представить также в виде:

$$\lambda = 1 + \frac{e}{100}$$

Основываясь на том, что чем железо толще, тем дольше оно сохраняет высокую температуру, следовательно, и пластичность, Кирхберг (Kirchberg) принимает значение e пропорциональным толщине прокатываемого материала, т.-е.

$$\frac{e_{i-1}}{e_i} = \frac{H_{i-1}}{H_i}$$

Это допущение, вполне уместное для профилей, которые при прокатке не подвергаются боковым давлениям, позволяет определять значение переменных коэффициентов вытяжки для последовательных ручьев стана. Так как:

$$\lambda_n = 1 + \frac{e_n}{100} = \frac{l_n}{l_{n-1}} = \frac{F_{n-1}}{F_n} \cong \frac{H_{n-1}}{H_n} = \frac{e_{n-1}}{e_n}$$

то

$$e_{n-1} = e_n \left(1 + \frac{e_n}{100} \right) = e_n + \frac{e_n^2}{100}$$

Эта формула дает возможность определить переменные коэффициенты вытяжки для последовательных ручьев, идя от чистых к подготовительным и далее, если возможно, к черновым. Так, если $e_n = 18\%$, то:

$$e_{n-1} = 18 + \frac{18^2}{100} \cong 21\%,$$

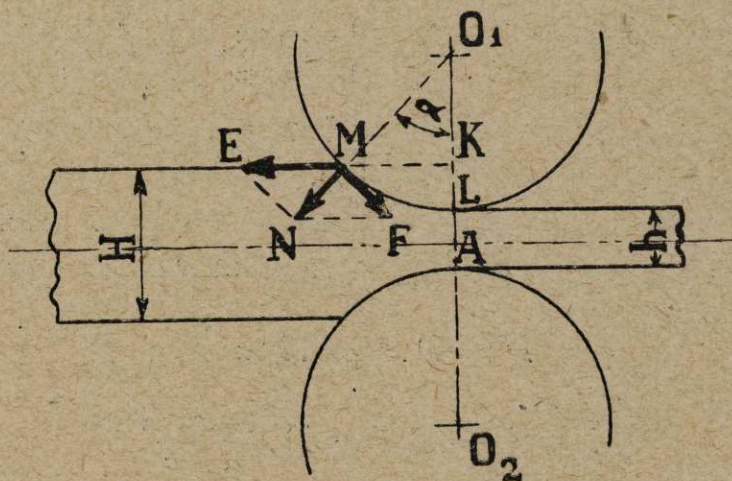
$$e_{n-2} = 21 + \frac{21^2}{100} \cong 25\%,$$

$$e_{n-3} = 25 + \frac{25^2}{100} \cong 31\%, \text{ и т. д.}$$

Следует, впрочем заметить, что для обжимных калибров это возможно далеко не всегда, так как эти калибры предназначаются для большого числа различных размеров заготовки, поэтому желательно на обжимных валках делать как можно меньше ручьев, за счет увеличения вытяжки в отдельных ручьях.

Предельное значение коэффициента уменьшения сечения ξ для одного пропуска не должно превышать, как указано выше, 0,5. Кирхберг обосновывает это положение, под-

тверждаемое практикой, следующим образом. Силы N действия валка на металл (фиг. 7) можно разложить на составляющие E , выталкивающие прокатываемую полосу из валков, и касательные силы F , продвигающие ее вперед. В зависимости от положения точки пересечения направления силы F с центральной линией O_1O_2 Кирхберг делит эти касательные силы на положительные (точка пересечения лежит пра-



Фиг. 7.

вее A) и отрицательные (точка пересечения лежит левее A). При одновременном действии на полосу как положительных, так и отрицательных сил должно произойти либо скольжение валков по металлу, либо разрыв полосы. Для предупреждения последнего Кирхберг считает необходимым избегать отрицательных касательных сил. Для этого, очевидно, необходимо, чтобы касательная в точке приема M проходила через точку A или правее ее. Отсюда легко определить предельное значение коэффициента ξ . Если пренебречь уширением, то:

$$\xi = \frac{h}{H} = \frac{H - 2KL}{H}$$

Подставляя:

$$H = 2 \cdot \frac{D}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha = D \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$$

$$KL = \frac{D}{2} (1 - \cos \alpha)$$

получим:

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{D \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} - D \cdot (1 - \cos \alpha)}{D \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}} = \frac{\sin^2 \alpha - (1 - \cos \alpha) \cdot \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} = \\ &= \frac{\sin^2 \alpha - \cos \alpha + \cos^2 \alpha}{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{1}{1 + \cos \alpha} \end{aligned}$$

Отсюда предельное значение ξ при очень малых углах захвата равно приблизительно 0,5.

Максимальную толщину H и минимальную h для заданных диаметра валков D и угла захвата α можно вычислить по формулам:

$$H = D \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

и

$$h = H - 2KL = D \cdot \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

Абсолютная величина обжатия:

$$H - h = 2KL = D (1 - \cos \alpha)$$

По этим формулам Кирхбергом вычислены значения $h_{\min}$ и $H_{\max}$, $\frac{H}{h}$ и $H - h$ для различных значений α и D .

Результаты вычислений представлены в следующей таблице.

α	D	$h_{\min}$	$\frac{H}{h} = 1 + \cos \alpha$	$H_{\max}$	$H - h$
15°	200	8	1,96	16	8
	400	16		31	15
	600	24		47	23
	800	32		63	31
	1000	40		79	39

α	D	h_{min}	$\frac{H}{h} = 1 + \cos \alpha$	H_{max}	$H - h$
20°	200	14	1,93	27	13
	400	28		54	26
	600	42		81	39
	800	56		108	52
	1000	70		135	65
25°	200	22	1,90	42	20
	400	44		84	40
	600	66		126	60
	800	88		168	80
	1000	110		210	100
30°	200	33	1,86	61	28
	400	66		122	56
	600	99		183	84
	800	132		244	112
	1000	165		305	140

Средние коэффициенты вытяжки, принимаемые на практике *):

А. Фасонные профили:

для отделочных валков из твердой стали: $\lambda = 1,1 - 1,2$;
для черновых валков для прокатки железа таврового, двутаврового, коробчатого и т. п.: $\lambda = 1,2 - 1,3$.

Для черновых валков для прокатки железа углового, квадратного, зетового и т. п.: $\lambda = 1,3 - 1,4$.

Для обжимных валков: $\lambda = 1,2 - 1,85$.

*) А. Виноградов. Основы калибровки прокатных валков (1925), стр. 33.

Б. Сортовое железо:

для чистовых валков: $\lambda = 1,14 — 1,15$

для подготовительных валков: $\lambda = 1,14 — 1,15$

для квадратных и овальных ручьев: $\lambda = 1,2 — 1,8$

для оживальных и ромбических ручьев: $\lambda = 1,4 — 1,6$

для полосового и обручного железа в черновых и подготовительных ручьях: $\lambda = 1,3 — 1,9$.

Более подробные цифровые данные указываются в литературе, посвященной специально калибровке прокатных валков.

Во время прохода между прокатными валками металл, находящийся в пластическом состоянии, подвергается истечению во всех направлениях, где этому не препятствуют валки, причем в наибольшей степени в продольном направлении (т.-е. перпендикулярно к осям валков), в меньшей степени — в стороны (параллельно осям валков). Благодаря этому во время прокатки несколько увеличивается и ширина заготовки. Последнее явление носит название уширения.

Совершенно очевидно, что абсолютная величина уширения b должна быть тем больше, чем больше обжатие материала $H — h$, т.-е.

$$b = k (H - h)$$

где k — некоторый коэффициент. Как показывает опыт, от ширины полосы уширение не зависит. Коэффициент k зависит от многих факторов, однако, до настоящего времени явление уширения изучено еще настолько мало, что эти факторы не могут считаться установленными достаточно бесспорно. Так, одни исследователи считают, что величина уширения зависит, в частности, также от температуры и качеств (вязкости) металла, другие держатся противоположной точки зрения. Следует заметить, что практика прокатки доказывает, что уширение более холодного металла всегда

больше, при прочих равных условиях, нежели уширение горячо прокатанного металла. Далее, считают, что чем тверже металл, тем меньше уширение. Эта зависимость указывается и формулами Жеза (Geuze) для уширения:

$$\text{железа: } b = 0,48 (H - h)$$

$$\text{стали: } b = 0,36 (H - h)$$

Как показывает ряд опытов, произведенных Кирхбергом, величина уширения зависит также и от угла захвата и может быть приближенно выражена следующей формулой:

$$b = 2 (H - h) \cdot 0,01 \cdot \cot \alpha$$

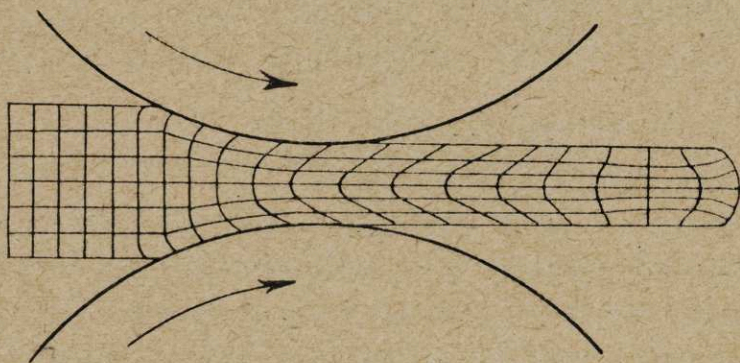
где α — среднее арифметическое углов захвата верхнего и нижнего валков. Наряду с указанными факторами на уширение влияют также: толщина h прокатанной полосы, диаметр D валков, скорость v валков и форма ручья. Влияние толщины заготовки доказано опытами Кодрона (Codron) над обжиманием свинца под прессом, а также опытами Дени и Шельда. Оказывается, что, при одинаковой ширине полос одного и того же материала при одинаковой температуре прокатки, отношение уширений почти точно обратно пропорционально толщинам прокатанных полос.

Особенно усложняется явление уширения при прокатке в ручьевых валках. Здесь приходится поэтому при калибровке пользоваться либо данными опыта, либо приближенными формулами. Кроме приведенных выше формул Жеза и Кирхберга, уширение определяется иногда и по формуле Шельда, учитывающей влияние угла захвата и толщины h прокатанной полосы. При принятых выше обозначениях формула Шельда имеет следующий вид:

$$b = \frac{\frac{\pi D \alpha}{360} (H - h) \cdot \sin \alpha}{h}$$

Все эти формулы, однако, следует рассматривать лишь, как первое приближение к действительности.

Характер движения частиц прокатываемого материала поясняется фиг. 8, которая показывает, что слои металла, ближайšie к поверхности валков, перемещаются вперед быстрее, нежели внутренние слои, т.-е. движутся с известной скоростью относительно последних. Вследствие давления валков на материал, толщина заготовки несколько увеличи-



Фиг. 8. Перемещение частиц внутри материала при прокатке.

вается непосредственно перед тем сечением ее, где она соприкасается с валками. То же самое имеет место и при выходе из валков, где под действием внутренних сил упругости материал несколько раздается в толщину. В результате сжатия, кромки прокатываемой полосы получаются, в случае применения гладких валков, несколько скругленными.

Как изображено на рисунке, расстояния между равноотстоящими до прокатки вертикальными линиями (искривленными после прохода между валками) после нее увеличиваются, что является следствием вытяжки материала. Поэтому, если на боковой поверхности валков сделать возвышения или впадины, то расстояния между «отпечатками» последних на материале не равны соответствующим расстояниям между ними на поверхности валков, а больше их.

Это явление, называемое опережением (реже — ускорением) при прокатке, объясняется вытяжкой материала во время этой операции.

Аналогично уширению, явление опережения до настоящего времени еще слишком мало изучено, чтобы можно было говорить о точном предвычислении его величины. Максимальную величину опережения можно, однако, вычислить следующим образом.

Обозначим сечение полосы при входе в валки через F_1 , при выходе из валков через F_2 , соответственные скорости — v_1 и v_2 , окружную скорость валков через v . Опережение ε , выраженное в процентах:

$$\varepsilon = \frac{v_2 - v}{v} \cdot 100$$

Полагая объем полосы во время прокатки неизменным, т.-е.

$$v_1 \cdot F_1 = v_2 \cdot F_2$$

получим:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{F_2}{F_1} = \xi = \frac{1}{\lambda}$$

или

$$v_2 = v_1 \cdot \lambda$$

где λ — поперечному коэффициент вытяжки.

По Финку (Fink) окружная скорость v валков связана со скоростями v_1 и v_2 зависимостью:

$$v = 0,54 (v_1 + v_2)$$

Следовательно, опережение:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{v_2 - 0,54 (v_1 + v_2)}{0,54 (v_1 + v_2)} \cdot 100 = \frac{v_1 \lambda - 0,54 (v_1 + v_1 \lambda)}{0,54 (v_1 + v_1 \lambda)} \cdot 100 = \\ &= \frac{100\lambda - 54 (1 + \lambda)}{0,54 (1 + \lambda)} = \frac{46\lambda - 54}{0,54 (1 + \lambda)} \% \end{aligned}$$

Еще проще формула Кирхберга, составленная им на основании ряда опытов и дающая лишь первое грубое приближение:

$$\varepsilon = 0,1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

где α — угол захвата.

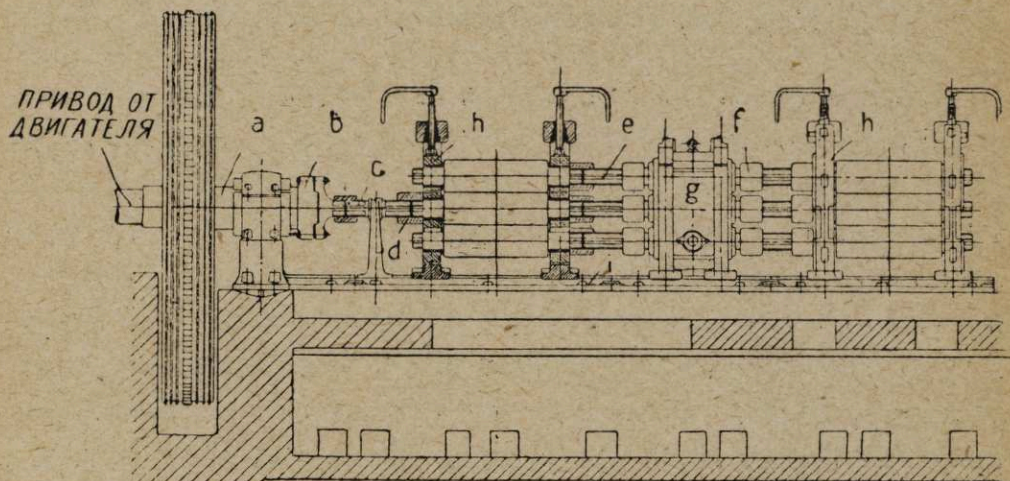
В действительности опережение зависит не только от коэффициента вытяжки и угла захвата, но также и от ряда других факторов—от диаметра валков, от величины уширения, от температур металла и валков, профиля ручья и др.

По наблюдениям Пуппе (Puppe) опережение крайне незначительно при $t \geq 1150^\circ$ и увеличивается по мере понижения температуры. Помимо того, опережение получается тем большим, чем больше уменьшение толщины полосы. Наконец, некоторые исследователи этого вопроса (Кирхберг, Фальк) считают, что величина опережения зависит также от коэффициента трения металла о валки.

Обыкновенный прокатный стан в своей простейшей форме состоит из пары валков, шейки (цанфы) которых лежат в подшипниках двух стоек, носящих название станин. Совокупность двух станин образует так наз. клеть или став. Обычно ряд подобных клеток соединяется вместе, образуя одну прокатную линию или прокатный привод. Фиг. 9 дает представление об общем виде подобного стана; на рисунке изображен стан с тремя валками (стан трио).

Прокатный стан приводится в движение через посредство главного вала a , несущего маховик, и главной муфты b , которая может быть сконструирована в виде дискового сцепления или кулачной (зубчатой) муфты; одна половина ее заклинена на валу маховика, тогда как вторая связана с ведущим (приводным) валом муфтой c , которую также можно сцеплять и расцеплять. Этот вал, который кончается несколько не доходя до первой станины h , муфтами d связан с валом шестеренной или зубчатой клетки g , расположенной посередине стана. Шестеренная клеть состоит из двух стоек,

в подшипниках которых лежат цапфы шестеренных валков (в данном случае таких валков три); через посредство верхнего и нижнего шестеренных валков, муфт и промежуточных валов или середишей *e* движение передается от среднего шестеренного валка верхнему и нижнему прокатным валкам. В отличие от того, что изображено на фиг. 9,



Фиг. 9. Прокатный стан трио.

шестеренная клеть обычно располагается возможно ближе к двигателю. Если стан состоит из нескольких клетей, то привод валков каждой из них осуществляется совершенно аналогичным образом. Станины шестеренных и прокатных валков скрепляются со своими фундаментными плитами посредством болтов или клиньев.

Для охлаждения валков вдоль линии стана протягивается трубопровод, и от него к валкам идут ответвления, по которым подается вода для поливки валков, во избежание их чрезмерного нагрева. Однако, температура валков должна быть около 150° , чтобы вся охлаждающая вода успела испариться и не попадала на прокатываемый продукт, излишнее охлаждение которого могло бы затруднить прокатку.

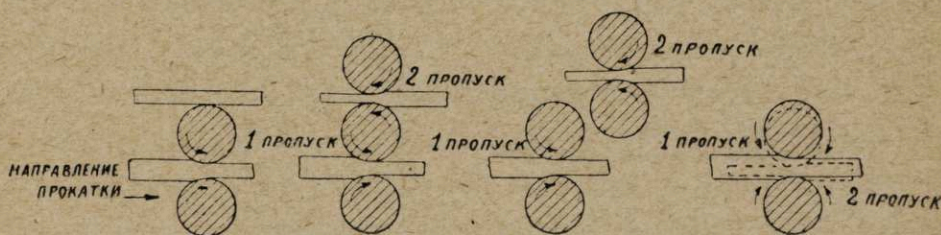
Классификация прокатных станов.

В зависимости от назначения прокатных станов различают станы болваночные (обжимные, блуминги), заготовочные, сортовые, рельсобалочные, толсто-листовые (листо-котельные), тонколистовые (обшивочные), кровельные, жестепрокатные, проволочные, трубопрокатные, универсальные (для прокатки толстого «универсального» железа с ровными краями) и специальные (напр., для прокатки бандажей, колес, серпов, волнистых труб и т. д.).

В зависимости от толщины прокатываемого материала приводы можно подразделить на крупные (черновые), средние и мелкие. Первые применяются для прокатки литой стальной болванки и т. под. первичных продуктов (напр., мильбарса, сутунки, т.-е. листовой болванки, и пр.), средние — для так наз. заготовки и др. материалов, предварительно прокатанных на черновом стане, а мелкие — для сортового железа и стали мелких профилей. В частности, сортовые станы делят на крупносортовые, среднесортовые и мелкосортные, в зависимости от размеров профилей прокатываемых сортов. По порядку применения станов для изготовления материала известных размеров различают подготовительные и отделочные станы. Равным образом, первому стану средне- или мелкосортной вальцовки часто придают название «обжимного», по назначению его для предварительного быстрого обжатия исходного материала. Материал для подобного «обжима» зачастую подвер-

гается предварительному обжатию на действительном обжиме—блужинге и дальнейшей резке на куски, называемые «заготовками» и служащими, после повторного нагрева, исходным материалом для обжимного стана средне- и мелко-сортной вальцовки.

Тип конструкции прокатных станов дает классификацию их на станы дуо (двухвалковые), трио (трехвалковые), двойные дуо или доппель-дуо (четырёхвалковые) и универсальные. Что касается чистых дуо, то их приходится подразделить на дуо с постоянным направлением вращения (фиг. 10) и на дуо реверсивные



Фиг. 10.

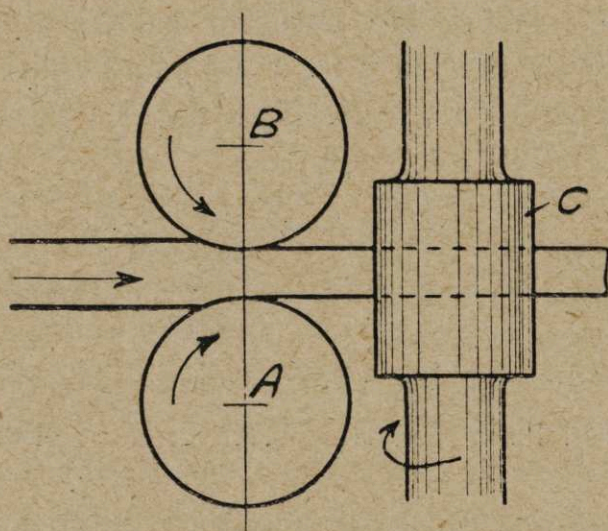
Фиг. 11.

Фиг. 12.

Фиг. 13.

(фиг. 13), которые позволяют изменять направление вращения валков после каждого прохода. Фиг. 10—13 изображают расположение валков в приводах первых четырех типов. Станы дуо, или двухвалковые, имеют, как показывает самое название их, два прокатных валка, вообще говоря—параллельных между собою и вращающихся в противоположных направлениях. В станах дуо первого типа прокатка идет все время в одном направлении, и подача прокатываемого продукта вновь на рабочую сторону производится путем перекидывания продукта через верхний валок (фиг. 10). Между тем, в реверсивных дуо прокатка ведется в одном и в другом направлении благодаря попеременному изменению направления вращения валков (фиг. 13). Трио, или трехвалковые станы (фиг. 11) имеют три валка, расположенных параллельно друг другу, причем оси их лежат в одной верти-

кальной плоскости; средний валок вращается в направлении, противоположном направлению вращения верхнего и нижнего валков. В станах этого типа материал пропускается сначала между нижним и средним валками, затем—в обратном направлении между средним и верхним. Четыре валка станом двойных дуо располагаются, как показано на фиг. 12. Верхний валок нижней пары лежит примерно на той же высоте, что и нижний валок верхней пары. Материал про-



Фиг. 14. Схема расположения прокатных валков в универсальном стане.

ходит здесь между нижней парой валков—в одном направлении и в обратном направлении—между верхней парой.

Гораздо реже применяются прокатные станы с числом валков более четырех, а именно—доппель-трио и семивалковые, не обладающие какими-либо особыми преимуществами сравнительно со станами других более обычных типов и вместе с тем значительно более сложные по своему устройству.

Универсальные станы имеют как горизонтальные, так и вертикальные валки, расположенные таким образом, что материал может прокатываться сразу с четырех сторон (см. фиг. 14). Горизонтальных валков (A, B) бывает два или

три, вертикальных (С)—два или четыре. В последнем случае одна пара вертикальных валков располагается впереди горизонтальных, а другая—позади них; если вертикальных валков только два, то они устанавливаются позади горизонтальных. Также и универсальные станы строятся иногда реверсивными.

В зависимости от расположения отдельных клетей, различают обыкновенные прокатные приводы, в которых все клетки идут в одном направлении, по осевой линии валков, образуя таким образом один или несколько прокатных станов, как бы соединенных в одной общей раме (так наз. одноосевое или бельгийское расположение), и непрерывные станы, клетки которых расположены одна позади другой, так что материал может быть пропущен через весь стан по прямой линии, без перерывов прокатки и пропусков в обратную сторону. Полунепрерывные станы представляют собою ту или иную комбинацию обыкновенных приводов с непрерывными, обычно—в форме соединения непрерывно расположенных черновых валков с одной или несколькими отделочными клетями.

К категории прокатных станов могут быть отнесены также листозагибочные станки и машины для фальцевания, рассматриваемые, впрочем, в других местах настоящего издания (см. Том VI, стр. 7—11, 144 и сл.).

Обыкновенные станы дуо применяются иногда еще и теперь для прокатки слитков, хотя для этой цели следует предпочитать реверсивные станы, позволяющие пропускать материал в обратную сторону без подъема его над валками. Кроме того, они применяются в качестве отделочных станов для более или менее крупных и средних сортов балок и рельсов, а также для прокатки толстых и тонких листов.

Реверсивные станы особенно удобны для прокатки болванок, но применяются также в качестве подготовительных для обжимания заготовки (квадратной болванки сечением

примерно до 5 кв. дм.), для прокатки сутунки (плоская листовая болванка) и толстых листов, а также—в качестве отделочных станов для балок и т. под. Для прокатки болванок лучше всего применять станы с переставным верхним валком.

Станы трио часто применяются для небольших болванок, в качестве подготовительных—для прокатки заготовки, сутунки и толстых листов, и в качестве отделочных—для мелкосортного материала (сортового и фасонного железа и стали). Для прокатки проволоки (катанки) почти всегда применяются станы этого типа. В обычных прокатных мастерских приводы трио встречаются чаще всех других.

Станы двойные дуо находят применение почти исключительно в качестве отделочных для мелкосортного материала (сортового и фасонного железа и стали).

Универсальные станы применяются для прокатки полосового и листового железа, а также—прямоугольных профилей, особенно в тех случаях, когда кромки прокатного материала должны получаться острыми. Существуют также специальные универсальные приводы для изготовления балок, рельс, железных шпал и т. д.

Как уже было упомянуто выше, если работа производится на двухвалковом стане, то перед каждым пропуском материал приходится поднимать выше верхнего вала и возвращать его назад, в исходное положение, что всегда представляется невыгодным, так как связано с потерей времени. В случае прокатки литой болванки на профиль меньших размеров, трудно, кроме того, успеть выполнить эту работу с одного нагрева, прежде, чем материал слишком заметно остынет. Далее, для подъема болванки необходим подъемный стол или какое-либо иное подъемное устройство.

В реверсивных станах с переставным верхним валком можно прокатывать даже и довольно крупные болванки до размеров обычной заготовки в одной клетке. Недостаток

приводов трио для этой цели заключается в том, что они требуют применения двух клетей, и материал приходится подавать, таким образом, из одной клетки в другую. Подобно обычным двухвалковым станам, приводы трио должны обслуживаться специальными устройствами для подъема болванок. С другой стороны, совокупность ручьев («калибровка») в станах трио остается неизменной, тогда как в реверсивных станах с переставным верхним валком последний может быть устанавливаем после каждого пропуска, так что болванка проходит несколько раз—взад и вперед—через один и тот же ручей, прежде, чем задается в другой калибр.

Как следует из сказанного выше, станы трио применяются чаще всего для прокатки мелких профилей, так как в этих случаях ручной подъем материала для очередного пропуска между верхним и средним валками не представляет никаких затруднений. Станы двойные дуо употребляются для этой цели значительно реже, несмотря на ряд преимуществ их по сравнению с трехвалковыми приводами. К числу этих преимуществ относятся: 1. Более легкая установка валков. 2. Возможность установки обеих пар валков во время работы стана, что позволяет загнуть материал, выходящий из нижней пары валков, и сейчас же задать его в калибр верхней пары. В станах трио это невозможно, так как средний валок во время прокатки несколько сдает (пружинит). Поэтому размеры прокатанной полосы посередине и на концах получались бы несколько различными, так как во время прокатки средней части полосы средний валок не мог бы пружинить вследствие пропуска материала одновременно с обеих сторон его (над и под ним). 3. Приводы двойные дуо содержат число ручьев вдвое большее, нежели приводы трио с валками такой же длины, поэтому при пользовании ими не приходится производить так часто смену, или, как говорят, перевалку прокатных валков. В остальном достоинства станов трио—те же, что и двойных дуо; главное

из них—возможность пропуска материала между валками в обоих направлениях. Что касается стоимости устройства, то понятно, что станы трио дешевле двойных дуо.

Достоинства универсальных приводов заключаются в том, что посредством одной лишь установки валков можно настраивать привод на большое количество профилей различной ширины и толщины. Кроме того, кромки продукта получаются более острыми, а поверхности—ровнее, нежели в случае прокатки между калиброванными валками.

ДЕТАЛИ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ.

Фундаменты.

Фундаменты под прокатные станы кладутся обязательно из кирпича на гидравлическом цементе или реже делаются из бетона. Устройство деревянных фундаментов, часто практиковавшееся в прежнее время, нельзя считать целесообразным, так как неизбежная в этих случаях осадка стана приводит к тому, что получить точно калиброванный продукт нельзя. Рекомендуются следующие размеры фундаментов (см. фиг. 15):

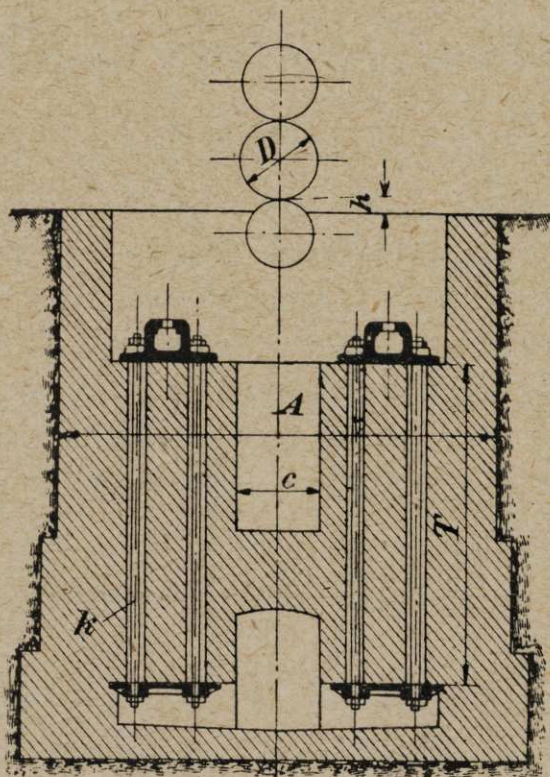
<i>D</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>c</i>
220 — 300	2200 — 2300	2000 — 2200	600
300 — 400	2400 — 2900	2200 — 2500	600
450 — 550	3100 — 3400	2500 — 2700	600
600 — 800	3600 — 4400	2800 — 3200	700 — 800
850 — 1150	4700 — 5000	3200 — 3800	800 — 1000
1250	5500 — 6200	3800 — 4200	1200

Фундамент должен доходить до твердого грунта.

Показанная на фиг. 15 канава с предназначена для стока воды, охлаждающей валки во время прокатки. Сюда же падает и окалина, удаляемая из канавы с помощью вагонетки или нории.

Расстояние между фундаментными плитами зависит от размеров валков и конструкции станин.

Значение h принимают обычно для станков, обслуживаемых вручную—от 250 до 350 мм, для станков с подводящим рольгангом—около 50 мм. В современных станах для обжима



Фиг. 15. Разрез фундамента прокатного стана.

болванок, прокатки сутунки и листов принимают нередко $h = 650—850$ мм, так как рольганги этих станков располагаются на высоте 600—800 мм над полом мастерской.

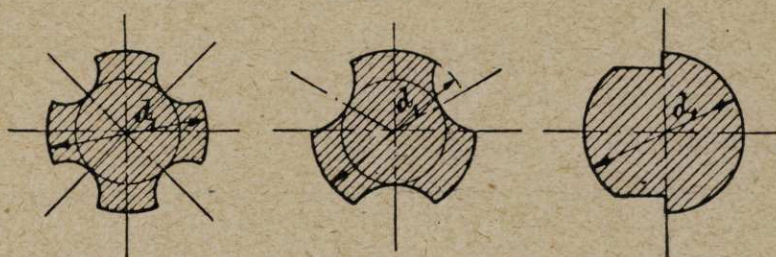
Для кладки бетонных фундаментов под станы применяют раствор, состоящий из 1 об. части портландского цемента и 3—4 об. частей мелкозернистого песка.

Диаметр фундаментных болтов—около $0,075 U + 5$ мм, где U —расстояние между осями смежных валков.

Прокатные валки и их калибровка.

В прокатном деле применяются валки преимущественно следующих двух главных типов: гладкие или листовые— для прокатки листов и калиброванные, т.-е. снабженные по цилиндрической поверхности круговыми канавками— калибрами или ручьями— для прокатки сортового и фасонного железа и стали, балок, рельс и т. д.

В прокатном валке можно различать три части: самое тело или бочку (полотно, раскат), выполняющую



Фиг. 16. Различные формы соединительных концов (треф) прокатных валков.

работу прокатки, шейки или цапфы, которыми валок лежит в подшипниках станин, и соединительные концы или трефы (квадраты). На фиг. 16 изображены различные сечения соединительных концов; из них профили с 3-мя и 4-мя желобками встречаются чаще всего.

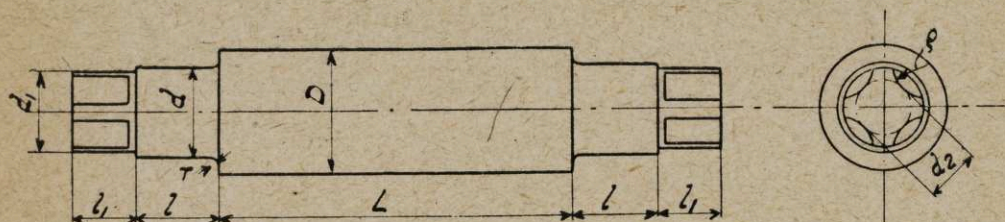
Три желобка берут обычно в болваночных и рельсобалочных станах. Если обозначить при этом через d_1 диаметр окружности, описанной вокруг профиля трефа, d_2 —диаметр окружности вписанной и r —радиус кривизны желобка, то:

$$d_2 = 0,6 d_1$$

$$r = \frac{d_1}{3} + 10 \text{ мм}$$

Трефы четырехлопастные изнашиваются быстрее, нежели трефы с тремя желобками, так как в первых давление часто

передается лишь на две противоположных точки, тогда как в трефах трехлопастных это давление сосредоточивается всегда в трех точках.



Фиг. 17.

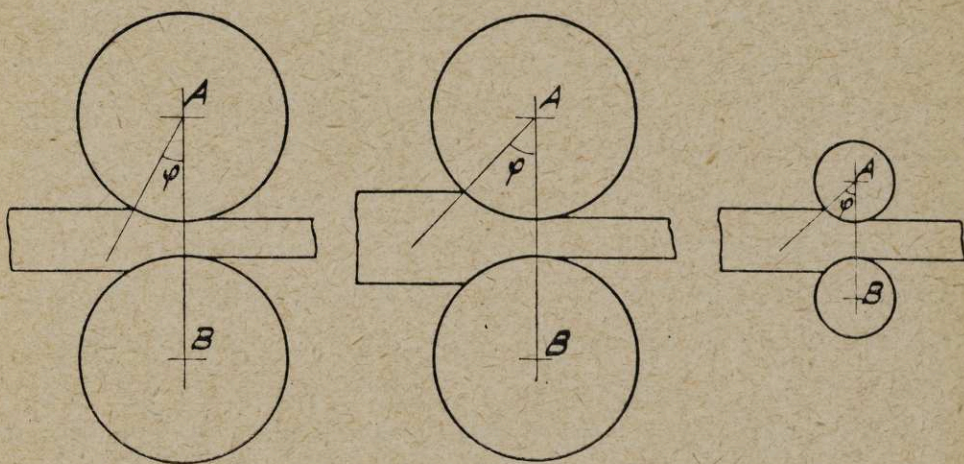
Ниже приведена таблица по данным справочника «Hütte», дающая целесообразные размеры шеек и треф в зависимости от диаметра бочки валка (см. фиг. 17).

Валки для станков:	l	d	r	d_1	l_1	d_2	p
толстолистовых	$0,8 d$	$0,66 D$	$0,1 d$	$0,94 d$	$0,5 d_1 + 40$	$0,66 d_1$	$0,3 d_1 + 10$
тонколистовых	$0,8 d$	$0,72 D$	$0,1 d$	до $0,95 d$			
проволочных	$d + 20$	$0,53 D$		$0,92 d$			
отделочных мелко- косортных	до $d + 50$	до $0,55 D$	$0,1 d$	до $0,93 d$			
различного на- значения (ру- чевых).	$0,9 d + 20$	до $0,58 D$	$0,1 d$	до $0,96 d$			

Как показывает практика, эта таблица дает результаты во всяком случае не худшие, нежели существующие эмпирические формулы, составляемые, как правило, по цифровым данным выполненных конструкций.

Способность валков принимать материал зависит, как уже было упомянуто на стр. 49—50, в первую очередь—от их

диаметра и от отношения толщины материала к проходу между валками. Следовательно, для возможности и успешности прокатки должно быть правильно выбрано соотношение между тремя этими величинами. Другими словами, угол захвата (φ на фиг. 18) не должен быть слишком велик. Фиг. 18 ясно показывает, что этот угол возрастает вместе с увеличением толщины материала, если диаметр валков и расстояние между их осями остаются неизменными. Точно



Фиг. 18.

так же угол захвата увеличивается при уменьшении диаметра валков, если толщина материала и проход между валками остаются неизменными (см. фиг. 18).

Зависимости между диаметром валков, толщиной материала, проходом между валками, углом захвата и пр. могут быть установлены путем довольно простых теоретических рассуждений (см. стр. 49—50), но так как расчет валков на прочность приводит всегда к значениям диаметра их, бóльшим, нежели подобный теоретический расчет (на возможность приема материала), то обычно пользуются практическими данными.

Диаметр калиброванных валков получается непосредственно, если известно расстояние между осями пары. При

расчете остальных размеров берут за исходный величину диаметра. Длина бочки зависит от диаметра и давления, имеющего место при прокатке. Наиболее целесообразно отношение $\frac{L}{D} = 2,4$ до 2,7, а при сравнительно малой глубине ручьев—от 2,9 до 3,2.

Обычные значения диаметра валков прокатных станов различного назначения указаны в нижеследующей табличке:

Проволочные станы . . .	диам. валков от 210 до 280 мм
Мелкосортные » . . .	» » 250 » 350 »
Среднесортные » . . .	» » 350 » 500 »
Крупносортные » . . .	» » 500 » 650 »
Черновые » . . .	» » 600 » 900 »
Болваночные » . . .	» » 850 » 1200 »
Тонко-листовые » . . .	» » 550 » 650 »
Средне-листовые » . . .	» » 550 » 750 »
Толсто-листовые и броневые »	» » 750 » 1350 »

Для того, чтобы компенсировать пружинение длинных валков листопркатных станов, что могло бы иметь следствием получение листов с большей толщиной в средней части, нежели близ кромок, диаметр валков в этих случаях делают посередине несколько большим, чем по концам бочки.

Прокатные валки выполняются литыми—из чугуна или стали и кованными—из стали. Чугунные валки бывают мягкими (не закаленными), полутвердыми и твердыми (закаленными).

Мягкий материал применяется для отливки калиброванных валков с более или менее глубокими ручьями, напр., отделочных валков для крупных профилей сортового и фасонного железа. Материалом должен служить мягкий и вязкий серый чугун с содержанием 2,4—2,7% углерода, ок. 0,8% марганца и возможно низким содержанием кремния. Очень хорошо зарекомендовал себя чугун следующего анализа:

$$\begin{aligned}C &= 2,5 - 2,8\%, \\Mn &= 0,50 - 1,0\%, \\Si &= 0,70 - 1,0\%, \\P &= 0,25 - 0,5\%, \\S &= 0,05 - 0,10\%.\end{aligned}$$

По данным «Орга-Справочника» на 1926 г. весьма хорошие валки получаются присадкой к передельному чугуну 38%—46% рельсовых концов. Отливка производится в шаблонные формы.

Полутвердые (или полузакаленные) валки применяются для прокатки сортового и фасонного железа и стали средних и мелких профилей. Ручьи подобных валков не должны идти глубже наружного слоя, закаленного отливкою в изложницы.

В качестве материала для отливки полутвердых валков применяют смесь белого и серого чугунов. Отливка их производится в железных изложницах, вымазанных слоем глины толщиной от 2 до 5 мм, при чем цапфы, для сохранения мягкости, отливаются только в глине, без изложниц. Полутвердые валки применяются особенно часто, как ручьевые, для прокатки полосового железа.

Закаленные валки употребляются в качестве полировальных при прокатке ленточного железа, а также для отделки проволоки, сортового и листового железа, для прокатки обручного и шинного железа, листовой стали и пр. Отливка производится в изложницы с очень тонким слоем обмазки глиной или совершенно без обмазки. Шейки отливаются в глину, без изложниц. Материалом служит белый древесно-угольный чугун с присадкой 10—15% стальных обрезков. Анализ шихты:

$$\begin{aligned}C &= 2,80 - 3,0\% \\Mn &= 0,50 - 1,0\% \\Si &= 0,70 - 1,0\% \\P &= 0,25 - 0,5\% \\S &= 0,05 - 0,1\%\end{aligned}$$

В Англии для отливки закаленных чугунных валков применяют чугун следующего среднего состава:

$$\begin{aligned}C &= 3,0\% \\ Mn &= 0,65\% \\ Si &= 0,10\% \\ P &= 0,45\% \\ S &= 0,10\%\end{aligned}$$

При отливке металла в железную изложницу поверхностные слои быстро застывают, а внутренние остаются еще некоторое время в жидком состоянии, производя таким образом некоторый отпуск затвердевшей корки валка. Изготовление закаленных валков представляет известные затруднения, так как нередко усадка металла происходит в различных направлениях неодинаково, и валок получается не круглым в поперечном сечении, а овальным.

Срок службы закаленного чугунного валка зависит от толщины закаленного слоя (с нею связано возможное число обточек валка по мере его изнашивания) и от упругости валка. Оба эти условия противоречат друг другу, поэтому от умелого подбора соотношения между ними зависит качество валка. Хорошими считаются валки, позволяющие прокатать до 350—450 тонн листового железа.

Валки литые из стали находят применение в блумингах и подготовительных клетях крупносортовых станов. Литые стальные валки можно применять в качестве отделочных для прокатки крупных двутавровых балок; для швеллеров они употребляются лишь в качестве подготовительных, так как в узких ручьях железо иногда застревает. Эти валки отливаются из мартеновской стали примерно следующего анализа:

$$\begin{aligned}C &= 0,40 — 0,70\% \\ Mn &= 0,50 — 0,70\% \\ Si &= 0,20 — 0,40\% \\ P &— \text{не более } 0,05 — 0,08\%\end{aligned}$$

Валкам, литым из стали, присущ тот недостаток, что поверхность их не обладает достаточной твердостью, и холодные концы прокатываемых полос оставляют на них отпечатки, которые сравнительно быстро приводят подобные валки в негодность. Кованными валками пользуются в тех случаях, когда ручки должны быть особенно глубокими или валки подвергаются исключительно высоким напряжениям (напр., для прокатки тонко-листового железа).

К а л и б р о в к а в а л к о в. — Для того, чтобы из исходного материала (так наз. полупродукта) прокатать полосу сортового или фасонного железа заданных размеров и профиля, материал должен быть пропущен через большое число ручьев, проточенных на бочке валков, причем перед каждым пропуском полосу «кантуют» (поворачивают) на 90° , так что ширина полосы в первом калибре становится высотой в следующем. Материал квадратного или прямоугольного профиля можно прокатывать, в зависимости от формы применяемых ручьев, так, что либо одна из сторон профиля, либо его диагональ направлена во время прокатки параллельно осям валков. Выбирая соответственным образом размеры калибров и кантуя материал (почти всегда на 90°) перед каждым пропуском, можно таким образом получить в конце прокатки желаемый профиль материала.

Явления при прокатке металлов настолько сложны и поэтому еще настолько мало изучены, что при калибровке валков приходится основываться главным образом на данных опыта. Этим и объясняется тот общеизвестный факт, что число хороших калибровщиков очень ограничено. Эти специалисты располагают обычно большими коллекциями шаблонов для различных профилей, собранными в течение долгих лет и представляющими результат практического опыта многих мастеров-калибровщиков. Обладая, несомненно, большой практической ценностью, эти коллекции шаблонов имеют, однако, и весьма существенный недостаток, заключаю-

щийся в том, что в этой области прокатного дела чрезвычайно сильна рутина, замедляющая темп развития этой отрасли технологии металлов. Теоретическое изучение калибровки сделало за последнее время довольно значительные успехи; при всем том, теория калибровки находится еще в зачаточном состоянии. Взгляды различных исследователей этого вопроса иногда коренным образом расходятся. Поэтому еще и в настоящее время прокатчик при калибровке валков на тот или другой профиль вынужден пользоваться, главным образом, данными опыта. Теоретическое исследование калибровки валков в настоящей книге поэтому опущено, и желающим ознакомиться с этим вопросом подробнее можно рекомендовать обратиться к библиографическому указателю, помещенному в конце настоящего тома. В дальнейшем же изложении даны лишь те сведения, которые необходимы для общего представления о приемах калибровки прокатных валков.

Если принять, что прокатка материала прямоугольного сечения производится в калибре, две стороны которого параллельны и две—перпендикулярны к направлению осей валков, то ширина калибра должна быть по крайней мере равна ширине прокатываемого материала, тогда как высота калибра должна быть меньше высоты профиля материала. Если железо шире калибра, то часть его ширины придется между боками—гребнями—ручья и будет отрезана ими, или даже заготовку совершенно невозможно будет задать в калибр. Даже и в том случае, когда ширина калибра равна ширине железа, часть последнего, вследствие некоторого уширения при прокатке, попадает между гребнями ручья и выдавливается в виде заусенцев, или так наз. перьянок. По этой причине ширину калибра берут всегда с некоторым—очень маленьким—запасом против ширины прокатываемого материала.

Трудность калибровки прокатных валков объясняется отчасти необходимостью получить требуемый профиль путем

наименьшего числа калибров, иначе говоря, посредством наименьшего возможного числа переходов, для того, чтобы таким образом избежать необходимости повторного нагрева материала или применения нескольких клетей, отчасти же, в случае прокатки фасонного железа, необходимостью подбора калибров таким образом, чтобы обусловливаемая ими неравномерная вытяжка материала не оказывала вредного влияния на качество последнего. Кроме того, уменьшение высоты материала при прокатке должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы уширение его было правильным, т.-е. чтобы профиль калибра заполнялся материалом. Если давление слишком велико, то весьма возможно образование трещин на ребрах полосы. Наконец, и относительное сжатие (вытяжка) материала, т.-е. относительное уменьшение сечения для каждого перехода должно быть сообразовано со степенью твердости материала, иначе говоря, для прокатки более твердого материала требуется число калибров большее, нежели для более мягкого материала. Однако, более или менее строгие правила калибровки прокатных валков существуют лишь в отношении ручьев простейших форм.

Как следует из сказанного выше, калибры могут иметь весьма различную форму, которая зависит от их назначения и положения на валке. По роду назначения различают ручки следующих типов:

1. Сварочные ручки для прокатки так наз. пакетов сварочного железа, отдельные полосы которого должны при этом свариваться вместе.

2. Пропускные и подготовительные (черновые) ручки, назначение которых состоит, главным образом, в том, чтобы произвести вытяжку материала.

3. Обратные или промежуточные ручки, подготовляющие переход профиля материала к окончательной форме.

4. Чистовые или отделочные (окончательные) ручки, в которых производится прокатка материала до

конечного профиля, причем принимается во внимание усадка материала после охлаждения.

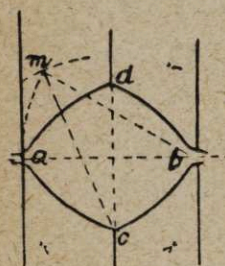
Особый тип обратных ручьев представляют:

5. Осаживающие ребровые ручки, предназначенные для образования (высадки) известных частей прокатываемого профиля (напр., подошвы рельса).

К числу чистовых ручьев относятся:

6. Отделочные (правильные) ручки для отделки ребер или определенных закруглений профиля, и полировочные ручки.

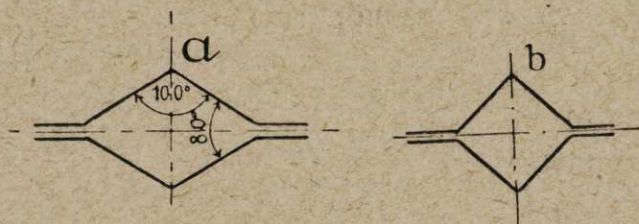
Фиг. 19. Оживальный ручей.



Сварочные и пропускные калибры протачиваются на подготовительных (черновых) валках, обратные и окончательные—на отделочных.

По форме различают ручки следующих типов:

1. Оживальные или стрельчатые (не совсем правильно называемые иногда ромбоидальными) по фиг. 19.

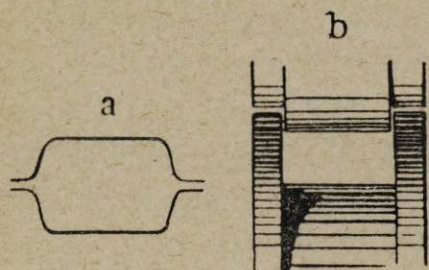


Фиг. 20. Четырёхгранные ручки.

Задаются длины ab и cd , отношение которых может составлять, напр., 12:10; центр m дуги cb получается засечкой из точек b и c двух круговых дуг радиусом ab (таким образом $bm = cm = ab$) или $0,75 ab$.

Если на валке располагают несколько оживальных калибров рядом, то ширина каждого из них берется равной высоте предыдущего плюс некоторый припуск на уширение. Перед каждым пропуском материал кантуют всегда на 90° .

2. Четырехгранные (квадратные и ромбические) ручки по фиг. 20. Слева изображен промежуточный ручей, справа—чистовой.



Фиг. 21. Прямоугольный (плоский) ручей.

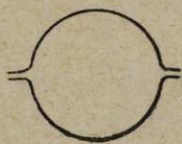


Фиг. 22. Овальный ручей.

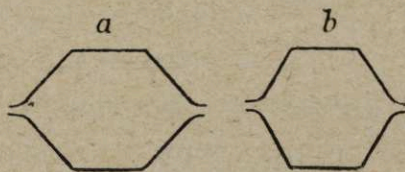
3. Прямоугольные или плоские ручки по фиг. 21. На рисунке изображены открытый (a) и закрытый (b) ручки (см. стр. 82).

4. Овальные ручки по фиг. 22. Высота калибра зависит от твердости материала.

5. Круглые ручки (фиг. 23), которые применяются всегда в качестве чистовых.



Фиг. 23. Круглый ручей.



Фиг. 24. Шестигранный ручей.

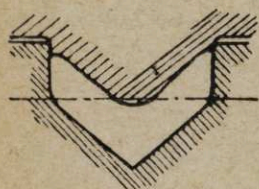
6. Шестигранные ручки по фиг. 24. Левый рисунок изображает подготовительный ручей, правый—отделочный.

У всех этих ручьев, за исключением закрытого прямоугольного по фиг. 21 b, гребни закруглены, благодаря чему материал легче захватывается валками и легче выходит из них.

В зависимости от расположения очертания ручья в валках различают ручьи:

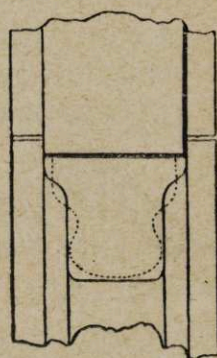
- 1) открытые,
- 2) закрытые,
- 3) частью открытые, частью закрытые, и
- 4) эксцентрические.

Открытыми и называются такие ручьи, которые образуются желобками, проточенными в обоих валках пары. Боковые стороны подобных ручьев всегда открыты, вследствие того, что гребни обоих валков не достают один до другого. Все ручьи, изображенные на фиг. 19—24, за



Фиг. 25. Закрытый ручей для прокатки углового железа.

исключением фиг. 21 *b*, являются, следовательно, открытыми и могут служить примером калибров этого типа. Они применяются главным образом на черновых валках, но могут служить также и для окончательной прокатки, реже — для полировки и



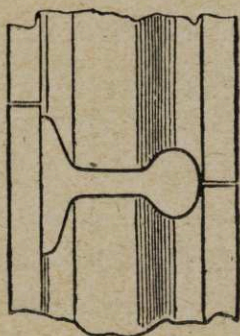
Фиг. 26. Ребровой (осаживающий) ручей.

правки. Последнее объясняется тем, что для прокатки профилей точных форм и размеров открытые ручьи непригодны.

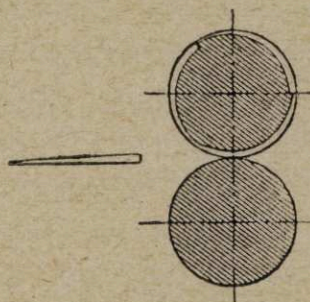
Закрытые ручьи получают в тех случаях, когда выступающая часть одного валка входит в желобок другого (фиг. 21 *b* и 25). Они применяются в качестве прямоугольных или фасонных ручьев. Специальным типом закрытых ручьев являются осаживающие (ребровые) ручьи, пример конструкции которых изображен на фиг. 26. Пунктирной линией показано поперечное сечение полосы до пропуска ее через этот калибр. Закрытые ручьи служат в большинстве случаев обратными или чистовыми ручьями.

Пример частью закрытого, частью открытого калибра показан на фиг. 27, которая представляет отделочный ручей для закругления головки рельса Виньоля.

Все упомянутые до сих пор ручки идут кругом всей бочки вала и протачиваются в ней по шаблонам. Эксцентрическими называются такие ручки, которые целиком или частью расположены эксцентрически относительно оси вала. Если отступление ручья от формы круга повторяется два, три или большее число раз на протяжении длины калибра,



Фиг. 27. Ручей частью — открытый, частью — закрытый.



Фиг. 28. Периодические валки для прокатки заготовки столярных железок.

то он носит название периодического. Подобные калибры применяются для прокатки, напр., заготовок для напильников, сабельных клинков, железок для столярных строгов различных типов и т. д. и облегчают последующую кузнечную обработку изделий. На фиг. 28 изображена форма периодического калибра для прокатки железок; слева показана получаемая при этом заготовка.

Указанные на стр. 49—50 и 54—55 пределы обжатия материала дают максимальные значения для особенно простых случаев. Вообще же говоря, степень обжатия определяется далеко не так просто, так как она зависит от целого ряда факторов, о чем уже было сказано выше. В случае прокатки в ручьях

отношение между размерами поперечного сечения до пропуска через калибр и после него в огромном большинстве случаев берется значительно ниже указанного предельного значения (1:0,5), так как оно должно быть сообразовано со структурой материала, размерами и формой его сечения. При прокатке более или менее крупных профилей в прямоугольных ручьях это отношение может составлять от 6:5 до 5:4; если материал сильно нагрет и мягок, оно может доходить до 4:3 и 3:2, для мелких профилей проволоки даже до 2:1, если только форма сечения достаточно проста, так что вытяжка получается одинаковой по всему сечению материала. Для прокатки фасонного железа это отношение должно быть выбрано значительно меньшим, так как в этих случаях целью обработки является в первую очередь изменение формы материала, и если чересчур резко уменьшать на каждом переходе его сечение, то, вследствие различной вытяжки в различных частях профиля, весьма возможно образование трещин во время прокатки.

Представление о целесообразной степени обжатия при прокатке железа может дать следующий ряд значений радиуса *ab* (фиг. 19) оживального калибра для последовательных ручьев этой формы: 158, 132, 112, 98, 86, 75, 66, 59, 53, 46 мм.

Обжатие в первом ручье может быть взято большим, нежели в следующих, в виду того, что в начале прокатки железо имеет более высокую температуру, которая затем постепенно падает. В известных случаях необходимо брать меньшую степень обжатия для калибров, расположенных посередине бочки валков, так как риск поломки вала при прокатке в этих калибрах больше, нежели при пропуске материала через ручьи, расположенные ближе к шейкам валков.

При прокатке сравнительно сложных профилей, напр., фасонного железа и балок, обычно приходится брать в качестве исходного материал, сечение которого очень близко

к четырехгранному; следовательно, сечение последнего должно быть изменено прокаткою тем больше, чем сложнее профиль конечного продукта. Если для образования известных частей профиля необходимо применять глубокие ручьи, то трудность прокатки увеличивается тем обстоятельством, что окружная скорость на различной глубине ручья различна, а по этой причине в различных по высоте сечениях профиля материал вытягивается в различной степени и, очевидно, больше в тех местах, где окружная скорость выше. Так как, кроме того, более тонкие части профиля остывают скорее, нежели более толстые, и так как материал вытягивается тем меньше, чем он холоднее, то ясно, что вследствие также и этих причин вытяжка получается неравномерной, а это может иногда привести к образованию трещин в остывших частях материала. С целью избежать этого, калибровку производят с таким расчетом, чтобы при прокатке более толстые части профиля формировались раньше, а более тонкие позже. Чем меньше известная часть профиля относительно его других частей, тем большей должна выбираться степень обжатия для этой части профиля, чтобы можно было избежать слишком раннего остывания ее.

Чем меньше размеры ручья относительно поступающего в него материала, тем больше давление при прокатке, следовательно, тем больше износ гребней калибра и тем больше силы требуется для прокатки. С другой стороны, совершенно очевидно, что материал заполняет ручей тем лучше, чем меньше профиль последнего, но вместе с тем увеличивается и риск образования заусенцев. Точно так же ясно, что в ручьях с небольшим боковым давлением, в которых, следовательно, при прокатке высота профиля материала может обжиматься значительно, вытяжка происходит быстрее. Этим объясняется применение овальных ручьев с сильным уменьшением по высоте и почти не ограниченным уширением. Подобные ручьи применяются поэтому для подготовительной

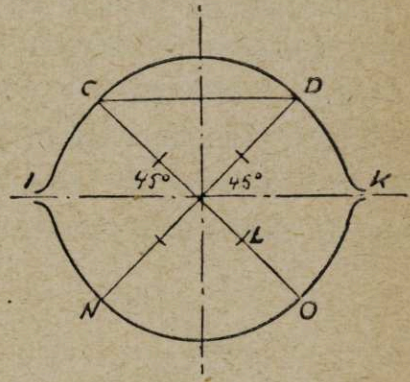
прокатки в тех случаях, где требуется быстрая вытяжка, напр., для прокатки мелких сортов, которые быстро остывают.

При прокатке проволоки и т. д. исключительно в четырехгранных ручьях можно добиться относительного сжатия (вытяжки) лишь в 24%, тогда как при прокатке с овала на квадрат оно может доходить и до 40%.

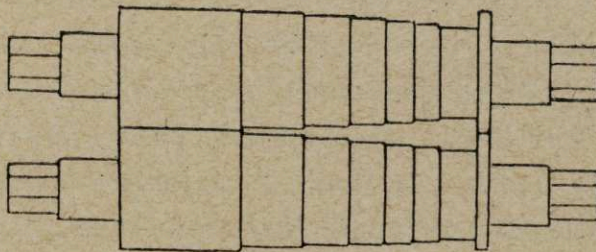
Подготовительная прокатка круглого железа производится в оживальных или овальных ручьях (для более быстрой вытяжки), а чистовая—в одном или нескольких круглых ручьях. Последние никогда не бывают совершенно круглыми, а делаются несколько большими в ширину для возможности уширения материала. Для того же, чтобы прут получил совершенно круглый профиль, его задают несколько раз подряд в последний калибр, кантуя материал перед каждым пропуском на 90°. При этом, если калибры слишком овальные, то профиль прута получается не круглым, а шестигранным с закругленными углами; напротив, при форме ручьев слишком близкой к кругу, боковое давление получается чрезмерно высоким, и в каком-либо из промежуточных ручьев могут образоваться заусенцы, которые при пропуске через следующий ручей (после поворота прута на 90°) могут дать продольные закаты.

Хорошая форма ручья для прокатки круглого материала получается путем следующего построения. Отрезок прямой CO на фиг. 29 равен диаметру железа, которое должно получаться в проектируемом ручье, плюс припуск на усадку. Отрезок $DN = CO$ и наклонен под углом в 45° к горизонтали IK , точно так же, как CO . От точки C на прямой CO отложена длина $CL = CD$; полученная точка L служит центром дуги IC ; аналогично строятся дуги DK , KO и IN . Дуги CD и NO построены из точки пересечения CO и DN радиусом, равным $\frac{CO}{2} = \frac{DN}{2}$.

Для прокатки полосового железа прямоугольного профиля (не шире 60 мм) применяют также так наз. ступенчатые валки (см. фиг. 30). Главное преимущество подобных валков перед валками с профилированными в бочке калибрами заключается в лучшем использовании длины валка, так как в этом случае отпадают гребни, занимающие на валке довольно много места. Кроме того, благодаря отсутствию калибров и гребней, отпадает возможность защемления металла в валках. Наконец, для перехода с сорта на сорт нет надобности переваливать стан, так как настройка его производится посредством соответствующей подрегулировки нажимных винтов (см. стр. 102 и сл.). Опыт показал, что при прокатке полосового железа в ступенчатых валках вместо ручьевых достигается значительное повышение производи-



Фиг. 29.

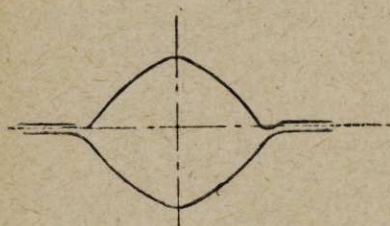


Фиг. 30. Ступенчатые валки.

тельности стана. Однако, ступенчатыми валками можно пользоваться для прокатки лишь такого материала, кромки которого не должны получаться острыми.

В станах трио ручей среднего валка должен соответствовать ручьям как верхнего, так и нижнего валков, откуда следует, что два калибра, расположенных один над другим,

должны быть профилированы одинаково. Поэтому при прокатке материала в станах с подобными валками заготовку задают поочередно в нижние и верхние ручьи не подряд, а через один, так как последовательный пропуск материала через два ручья одинаковых размеров не представляет никаких выгод. Следствием этого является неиспользование половины калибров. Чтобы обойти это неудобство, в случае применения стрелчатых ручьев можно калибровать их на больший размер—в нижнем валке и на меньший—в верхнем, по фиг. 31 *);



Фиг. 31.

такая калибровка позволяет пользоваться как верхним, так и нижним ручьем, если, как это обычно и делается, кантовать материал перед каждым пропуском. Следует, однако, заметить, что изготовление ручьев подобной формы представляет довольно значительные трудности по той причине, что углы

меньшей половины ручья нужно делать выступающими (см. фиг. 31), дабы избежать образования заусенцев.

При калибровке необходимо принимать во внимание также и усадку материала после остывания («горячий» профиль и «холодный» профиль). Поэтому размеры ручьев должны быть несколько больше желаемых размеров конечного продукта. С этой целью умножают последние на коэффициенты-усадки:

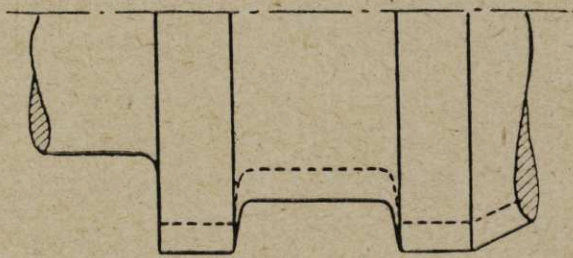
при прокатке литого железа на		1,013
„ „ сварочного „ „		1,015

и получают таким образом надлежащие размеры ручьев.

В известных случаях при калибровке прокатных валков приходится учитывать также неравномерность усадки мате-

*) Так наз. калибровка Валькампа.

риала во время остывания. Если, напр., протачивать ручки для прокатки квадратного железа в форме точных квадратов, то профиль прокатанного в них сорта будет получаться после охлаждения искаженным, вследствие различной усадки ребер и граней прута. Чтобы избежать этого, верхний и нижний углы калибра (квадратное железо катают таким образом, что одна из его диагоналей направлена перпендикулярно к осям валков) делают несколько большими прямого (от 92°

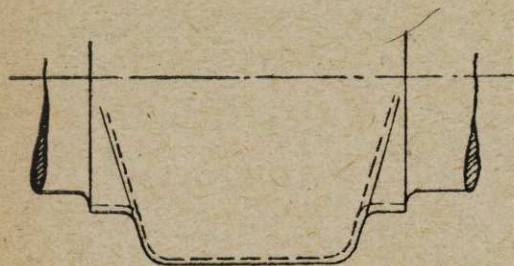


Фиг. 32. Схематическое изображение прямоугольного ручья до проточки и после нее.

до $92\frac{1}{2}^\circ$), а оба боковых угла соответственно меньшими, и задают железо в калибр два раза подряд, причем перед последним пропуском кантуют его на 90° . Тот же результат может быть получен, если гребням окончательного ручья придать соответственно выпуклую поверхность (так наз. «треугольная» форма ручья).

Гребням калибра придают почти всегда некоторый наклон, так наз. выпуск или конус (см. фиг. 32), отчасти для того, чтобы облегчить выход материала из ручья, а отчасти для возможности сохранения размеров последнего после поправки (т.-е. проточки ручья с целью его ремонта). Действительно, если ручей прокалиброван с прямыми гребнями, т.-е. последние перпендикулярны к оси валка, то после переточки размеры такого ручья увеличатся. Напротив, если гребни сделаны наклонными, то размеры ручья можно точно сохранить и после поправки, если проточить

весь ручей на несколько большую глубину (см. пунктир на фиг. 32); понятно, что при этом одновременно уменьшается и диаметр валка. Чем больше выпуск гребней, тем меньше приходится углублять калибр при поправке и тем большее число раз можно перетачивать валок (ср. фиг. 32 и 33). Необходимость подобных переточек вызывается, как это



Фиг. 33. Обточка валков.

легко понять, изнашиванием ручьев, в особенности их гребней.

Выпуск гребней чистовых калибров, которые должны давать профилю материала по возможности точные размеры, нельзя брать особенно боль-

шими. Для них обычно берут конус от 1 до 1,5 мм на 100 мм глубины ручья. В подготовительных ручьях делают выпуск до 4 мм, а в болваночных (у блумингов)—до 8 мм на 100 мм глубины калибра *).

Для того, чтобы высоту ручья можно было до некоторой степени регулировать (отчасти с целью компенсировать неизбежный износ калибра, а отчасти—для возможности прокатки в том же калибре профилей несколько меньшей высоты), также и в закрытых ручьях оставляют зазор между поверхностями стыка, параллельными осям валков (см. фиг. 25). Эти зазоры оказываются полезными, в частности, и в тех случаях, когда полоса, пропущенная через известные ручьи, чрезмерно выполняет следующий ручей, так что гребни

*) Таким образом, автор дает выпуск: для чистовых ручьев—от $0^{\circ}36'$ до $0^{\circ}52'$, для подготовительных—ок. $2^{\circ}20'$ и для болваночных—ок. $4^{\circ}30'$. В последнее время как за границей, так и на русских заводах выпуск делают несколько больше, в среднем $5^{\circ} - 6^{\circ}$, а в блумингах иногда и еще больше. Этим уменьшается риск ущемления заданной в калибр заготовки.

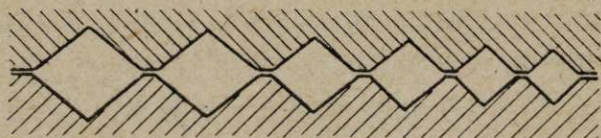
последнего подвергаются слишком высоким напряжениям или на материале образуются заусенцы. Высоту зазора можно принимать равной 0,01 диаметра валков.

Если диаметр одного из валков, между которыми прокатывается материал, меньше, нежели диаметр другого, то материал имеет тенденцию при выходе из ручья загибаться, или, как говорят, заматываться вокруг меньшего валка вследствие того, что окружная скорость последнего меньше, следовательно, прилегающие к нему слои материала вытягиваются меньше, нежели слои, расположенные на противоположной стороне *). То же самое происходит, если глубина ручья в одном из валков больше, чем в другом. Это явление иногда используют, намеренно калибрируя валки или выбирая их диаметры таким образом, чтобы материал стремился заматываться в одну сторону, так как при этом необходимо снабжать проводкой, которая не позволяет полосе материала загибаться вокруг валка, только один из них. Поэтому при разделенных между валками (т.-е. открытых) калибрах диаметр ручья в верхнем валке делают больше на 2—3 мм, при углубленных (закрытых) калибрах прямоугольного профиля диаметр бочки ручья берут на 2 до 8 мм меньше диаметра замыкающего выступа (патрицы) на другом валке. Что касается фасонных ручьев, то в прежнее время их протачивали так, что в нижнем валке приходилось нередко более $\frac{2}{3}$ калибра, в особенности в тех случаях, когда форма прокатываемого материала способствовала ущемлению его в верхнем валке. Если диаметр последнего, напр., на 10 мм больше диаметра нижнего валка, то говорят, что стан работает с 10 миллиметрами сверхдавления.

В настоящее время как валкам (парным), так и калибрам часто придают одинаковый диаметр, что, как показал

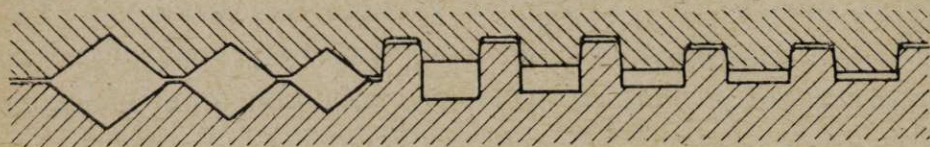
*) Предполагается, что оба валка соединены непосредственно с шестеренной клетью. В противном случае это явление не имеет места.

опыт, не связано с какими-либо существенными неудобствами в случае прокатки материалов, более или менее легко остав-



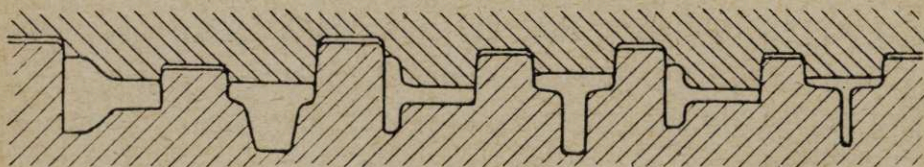
Фиг. 34. Калибровка на квадратное железо.

ляющих ручей. В других случаях, напр., при прокатке фасонного железа, балок и пр., снабжают проводкой также и



Фиг. 35. Калибровка на полосовое железо.

верхний валок. Отрицательная сторона конструкции с различными по диаметру валками или бочками ручьев заключается в том, что вследствие различия окружных скоростей

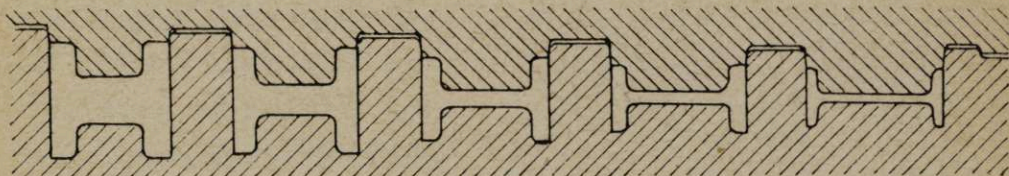


Фиг. 36. Калибровка на тавровое железо.

материал всегда проходит калибр с некоторым скольжением по большему валку, который поэтому скорее изнашивается.

Совершенно устранить такое частичное скольжение, понятно, нельзя. Как было упомянуто выше, оно всегда имеет место на поверхностях гребней ручья, а также и в других

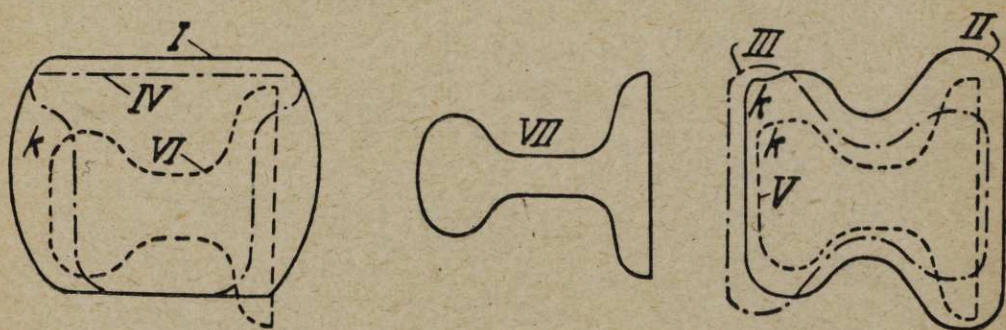
местах калибра при прокатке сортового и фасонного железа. Однако, для того, чтобы по возможности уменьшить это скольжение, ручей следует располагать в валках, вообще говоря, таким образом, чтобы площадь прокатываемого про-



Фиг. 37. Калибровка на двутавровые балки.

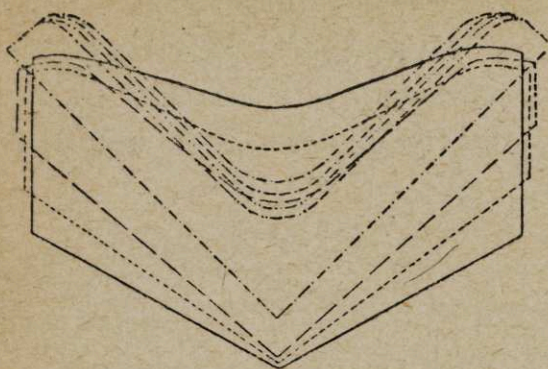
филя делилась на две примерно равные части воображаемой прямой, проведенной параллельно осям валков посередине между ними (прямая или линия прокатки).

Фиг. 34—39 представляют примеры калибровки на различные профили материала. На фиг. 38 изображена калиб-



Фиг. 38. Схема калибровки на рельсы.

ровка ручьев для прокатки железнодорожных рельсов (типа Виньоля). IV—ребровой (вытянутый в вертикальном направлении) ручей, VI—чистовой и VII—отделочный ручей для закругления ребер *k*. Остальные ручьи—подготовительные. Избежать получения во время прокатки указанного ребра *k* нельзя, так как ручьи II и IV сделаны закрытыми, и



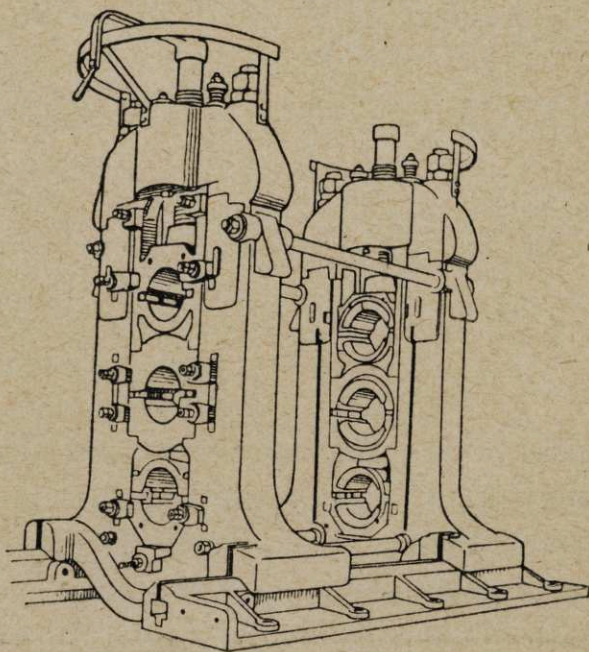
Фиг. 38. Схема калибровки на угловое железо.

если бы закругление головки нужно было осуществить уже в этих ручьях, то очертание их в верхнем валке пришлось бы закончить острым углом (как раз у точки *k*, где кончается замыкающий выступ верхнего валка), что было бы нецелесообразно. Фиг. 39 изображает схему калибровки на угловое железо. Все

ручьи в этом случае сделаны углубленными.

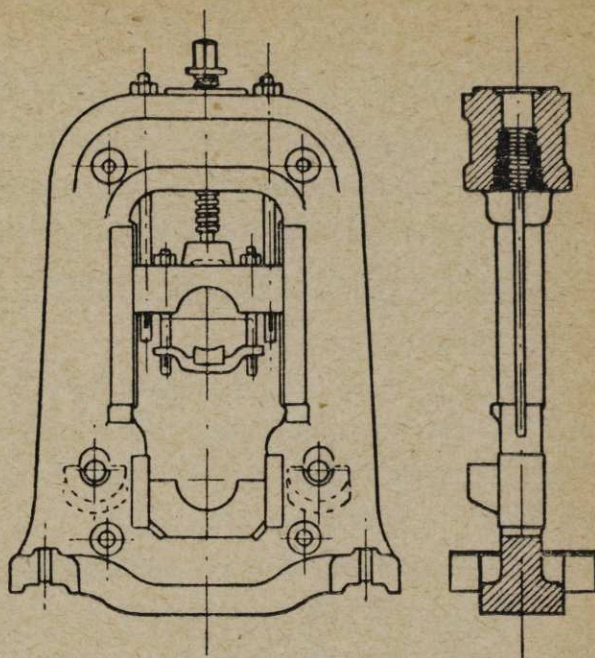
Прочие детали прокатных станов.

Станины прокатных приводов, которые обычно отливаются из чугуна (иногда с небольшой примесью стали), а для листовых и болваночных станов также из стали, строятся как открытыми (фиг. 40), так и закрытыми или рамными (фиг. 41). Станины первого типа снабжены съемной верхней частью — головкой или крышкой, которая может быть поднята кверху или, в некото-

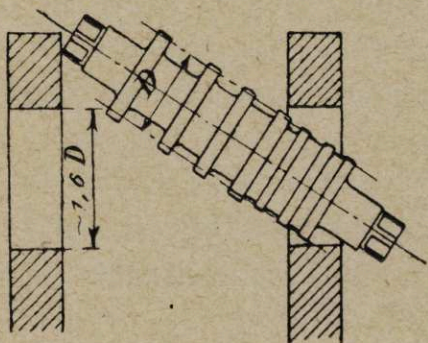


Фиг. 40. Открытые станины для стана трио.

рых конструкциях, откинута в сторону, так что при вывалке валков они могут быть подняты прямо кверху. Для смены валков в приводах с закрытыми станинами последние снабжены отверстиями, через которые вынимают подлежащие замене валки и вставляют другие (см. фиг. 42а). Если эти отверстия слишком малы, то приходится одну из ста-



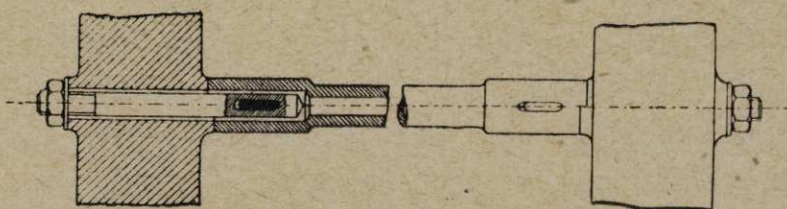
Фиг. 41. Закрытая станина для стана дуо.



Фиг. 42а. Выемка валков при рамных станинах.

нин клетки отодвигать от другой. Поэтому станины закрытого типа применяют лишь в таких станах, в которых перевалка производится редко, и если вес самих валков не очень велик.

Опасное сечение F чугунной станины рассчитывают по эмпирической формуле:



Фиг. 42 б. Чугунная труба для соединения станин клетки.

$$F = c \cdot D^2$$

где D — диаметр валков, а коэффициент

$c = 0,25$ для мелко-, средне- и крупносортовых станков,

$c = 0,30$ для проволочных, реверсивных и листовых станков,

$c = 0,35$ для тонколистовых станков.

Для стальных станин коэффициент c берут на 15%—25% меньше.

Обе станины клетки соединяются между собою несколькими (обычно четырьмя) железными анкерами или чугунными трубами (фиг. 42 б). Для тяжелых станков применяют прочные чугунные скрепления, расположенные под валками, что обеспечивает необходимую жесткость клетки.

Шейки прокатных валков лежат во вкладышах специальных подшипников, которые помещаются между боковыми стойками станин, в так наз. окнах. Вкладыши изготавливаются из машинной или специальной бронзы, либо из машинной бронзы с заливкой хорошим белым подшипниковым сплавом; в станах с большими валками применяют также и чугунные вкладыши, залитые белым металлом. Вкладыши выполняются как цельными, так и разъемными (из двух половин). Для малых станков предпочтительнее пользоваться цельными вкладышами. Необходимо следить за обильной смазкой подшипников.

Шестеренные клетки.—Шестерни или шестеренные валки для передачи движения прокатным валкам стана имеют широкие фрезерованные зубцы, большей частью шевронные, спиральные или прямые (лобовые), но разделенные, в последнем случае, по длине на две половины, причем зубцы одной половины сдвинуты относительно зубцов другой на половину или треть шага. Шестерни изготавливаются из стали—литыми или кованными из железа. Малые шестерни отковываются за одно целое с валком. Если шестерни сделаны из твердого металла, то шаг зацепления

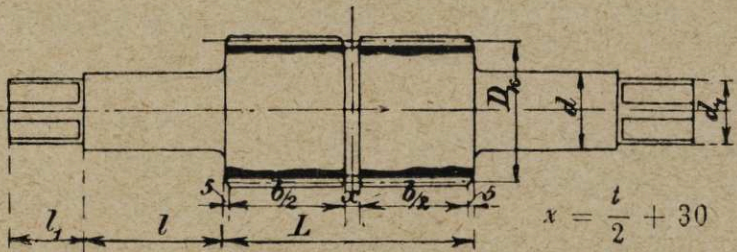
берут малым, так, чтобы в зацеплении находилось одновременно 3—4 зуба.

Шестерни, вращающиеся медленно (до окружной скорости в 3,5 м/сек.), рассчитываются на прочность, при большой скорости вращения расчет ведется на изгиб. Зацепление—исключительно эвольвентное с углом образующей около 70°. Для стали сопротивлением на разрыв 60—70 кг/мм² модуль зацепления:

$m = 25$ для малых станов,

$m = 50$ для больших станов,

$m = 65$ для листопрокатных станов.



Фиг. 43. Размер шестеренного вала.

В прокатных станах без установки валков диаметр шестеренного вала берут на 25—50 мм меньше диаметра прокатных валков, учитывая проточку последних по мере износа. В станах с установкой прокатных валков диаметр шестеренных валов следует брать с таким расчетом, чтобы при значительном подъеме верхнего валка соединительные стержни занимали не слишком наклонное положение.

При обозначениях, указанных на фиг. 43, размеры шестеренных валков связаны с диаметром D_k начальной окружности и модулем m следующими соотношениями (размеры в мм):

$$b \geq \frac{D_k}{2} + 700$$

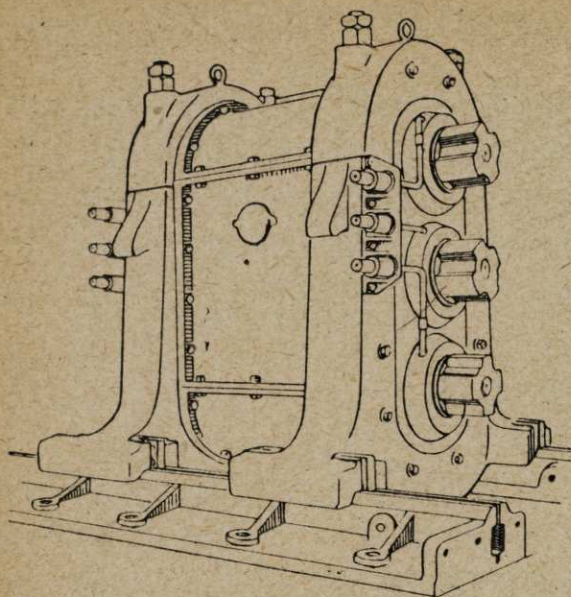
$$l \geq 0,8 D_k + 250$$

$$d \geq 0,65 D_k$$

$$x = \frac{\pi m}{2} + 30$$

$$l_1 \geq 0,2 D_k + 100$$

$$L = b + x + 10$$



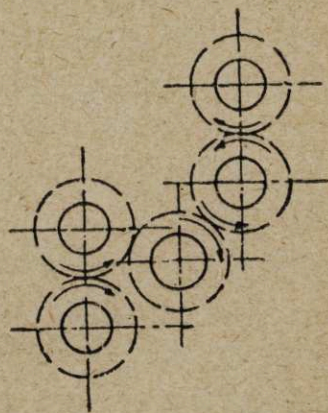
Фиг. 44. Шестеренная (зубчатая) клеть стана трио.

по смотровому люку. Шестеренные клетки быстроходных станов снабжаются внутри системой трубок или бачков для охлаждения. Применяемая для этой цели охлаждающая жидкость может отводиться из клетки дальше для охлаждения шеек рабочих валков.

Для приводов двойных дуо в настоящее время применяют шестеренные клетки с пятью шестернями (см. фиг. 45), среднюю из которых лучше всего располагать так, чтобы ось ее лежала на одной прямой с осью машины. Прежде вместо этого применяли две шестеренные клетки. Встречаются также двойные шестеренные клетки с тремя станинами. В станах дуо с пятью шестернями средняя из них соединяется с валом

Форма тrefов такая же, как у прокатных валков.

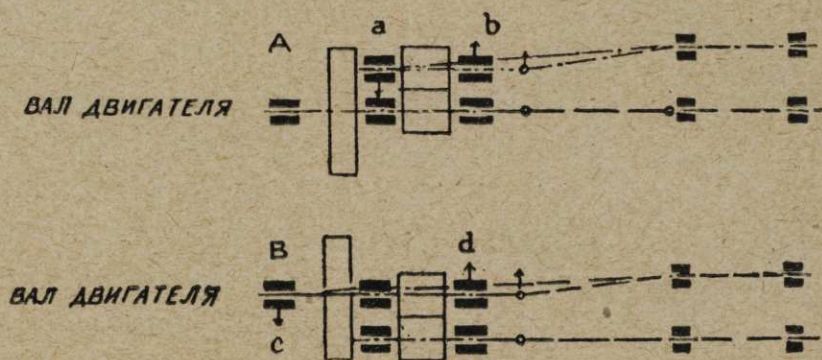
В настоящее время шестеренные клетки строятся совершенно закрытыми (см. фиг. 44), обычно в виде цельной отливки (чугунной, реже—стальной) со съемной головкой, которая связывается с нижней частью клетки сквозными анкерными тягами. На передней и задней стенках клетки имеется



Фиг. 45. Расположение зубчаток в шестеренной клетке стана двойного дуо.

двигателя, как в станах трио, так как при этом напряжения в зубчатых колесах получаются меньшими.

Шестеренные клетки могут быть установлены свободно, либо на фундаментной плите (раме) двигателя. Свободно стоящие шестеренные клетки строятся с широким основанием и укрепляются анкерными болтами на отдельном фундаменте. При таком устройстве опрокидывающие усилия, вызываемые крутящим моментом двигателя, прокатному стану не передаются.



Фиг. 46. Непосредственное соединение вала двигателя со станом дуо.

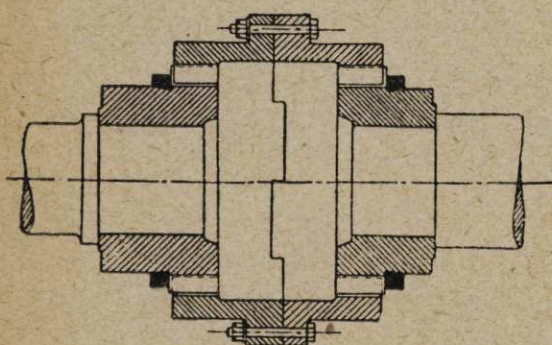
В приводах дуо нижний валок лежит чаще всего на одинаковой высоте с валом машины. Что касается верхнего валка, то вследствие того, что он является переставным по высоте, ось его довольно часто не лежит на продолжении оси верхней зубчатки шестеренной клетки, а составляет с нею некоторый угол (фиг. 46 А). Для того, чтобы этот угол был возможно малым, соединительные стержни (середыши) делают настолько длинными, чтобы даже в худшем случае, т.-е. при максимальном перемещении по высоте верхнего валка, наклон соответствующего соединительного стержня не превышал 1:8.

Если передача от двигателя совершается непосредственно на верхнюю зубчатку шестеренной клетки, то расстояние ме-

жду подшипниками c и d (фиг. 46В), определяющее величину наклона, получается большим. Благодаря этому достигается и большая устойчивость привода, так как опрокидывающий момент воспринимается в этом случае подшипниками c и d , расстояние между которыми больше, нежели между подшипниками a и b на фиг. 46 А.

Соединительные муфты, середиши и пр. детали. — Главная (коренная) муфта, соединяющая вал двига-

теля с ведущим шестеренным валом стана, может быть сконструирована, как дисковая или кулачная (зубчатая) муфта. Довольно часто применяется в прокатных станах (европейских) также и известная муфта Ортманна, несколько измененная конструкция которой, хорошо зарекомен-



Фиг. 47. Коренная муфта.

довавшая себя на практике, изображена на фиг. 47. Сцепные муфты снабжаются ручным или гидравлическим управлением. В последние годы начали с успехом применять электромагнитные и электрические соединительные муфты, которыми можно управлять с любого места прокатного привода, что является большим преимуществом сравнительно с муфтами других конструкций, в особенности в случае быстроходных станов.

Соединительные стержни или середиши имеют то же самое сечение, что соединительные концы (трефы) прокатных валков, и связаны с последними посредством простых муфт. Длина соединительных стержней должна быть выбрана с таким расчетом, чтобы, когда муфты целиком надвинуты на них, оставалась еще свободной небольшая часть стержня, достаточная для захвата крюком подъемного крана. Сере-

дыши прокатных станов с переставными валками могут иметь шарообразные концы, чем облегчается перекося их и, следовательно, при этом допускается более свободное перемещение валков. Длина середишей в станах этого типа должна быть в 7—8 раз больше максимального возможного перемещения верхнего валка, если величина этого перемещения значительна; при меньших значениях этой величины середиши делают в 10—12 раз больше максимального перемещения верхнего валка. В проволочных станах соединительные стержни часто делают пустотелыми, для того, чтобы их было под силу поднимать одному человеку.

В тяжелых станах соединительные стержни поддерживаются посередине специальными подшипниками. Если верхний валок стана переставной, то середиши уравниваются посредством пружинных подвесов, противовесов (см. фиг. 50), напорной воды или подвижной балки между шестеренной клетью и подшипником верхнего валка.

Муфты, соединяющие середиши с прокатными валками, являются в то же время предохранительными деталями; для этого размеры их выбираются с таким расчетом, чтобы в случае перегрузки прокатного стана они ломались прежде, чем сломается какая-либо другая более ответственная деталь. Обычно они отливаются из чугуна и могут иметь следующие размеры:

Длина = $2 \times \text{длина трефа} + (30 \text{ до } 15) \text{ мм.}$

Толщина тела = $\frac{d_1}{4}$ для малых станов.

» » $\frac{d_1}{3} + 15 \text{ мм}$ для средне- и крупносортн. станов.

» » $\frac{d_1}{5}$ для листовых и универсальных станов.

Устройства для установки и настройки валков.

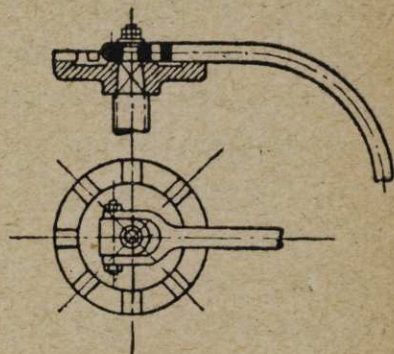
Для того, чтобы расстояние между валками прокатного привода возможно было регулировать, по крайней мере один из них должен быть сделан переставным. Это достигается применением подвижных подшипников, в которых лежат шейки соответствующих валков, причем самые подшипники уравниваются различного рода противовесами. Наряду с этим установка валков по высоте осуществляется посредством так наз. нажимных или головных винтов, которые удерживают валок в надлежащем положении.

В станах дуо верхний валок является переставным, тогда как подшипники нижнего валка укреплены в прорезах станин неподвижно. В станах трио неподвижным может быть либо нижний, либо средний валок; два других валка делают переставными. Обычно станы этого типа имеют неподвижный средний валок.

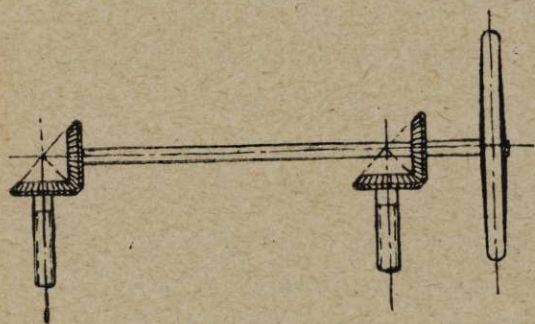
Подшипники верхнего валка станов трио обычного устройства укрепляются на подвесных болтах, пропущенных сквозь головку соответствующей станины. Нижний хомут (бугель), на который действует один лишь собственный вес валка, обычно подвешивается на более коротких болтах к верхней половине подшипника (см. фиг. 41), являющейся собственно рабочей частью этой опорной детали, ибо во время прокатки все давление передается полностью на эту часть подшипника, тогда как нижняя половина его в это время совершенно разгружена. Таким образом, при подтягивании нажимных винтов подшипники не производят затормаживающего давления

на соединительные концы валков стана. Такая же конструкция подшипников применяется также в приводах трио.

Нажимные (головные) винты.—Давление верхнего валка воспринимается, как следует из сказанного выше, нажимными винтами и через посредство их передается на станины прокатной клетки. Положение нажимных винтов регулируется вручную, при помощи гидравлической передачи или электромотора. Эти винты могут быть установлены в определенном один раз навсегда положении после установки валков, либо устанавливаться надлежащим образом перед каждым пропуском. В первом случае установку лучше всего производить вручную; для этого верхнему концу нажимного винта придают форму квадратной головки, на кото-



Фиг. 48. Приспособление для установки нажимных винтов.



Фиг. 49. Механизм для установки нажимных винтов тонколистового стана.

рую надет соответствующий ей ключ с отогнутой вниз ручкой (см. фиг. 40). Другая конструкция головки нажимного винта с откидным ключом и розеткой изображена на фиг. 48.

Ручная установка нажимных винтов произво-

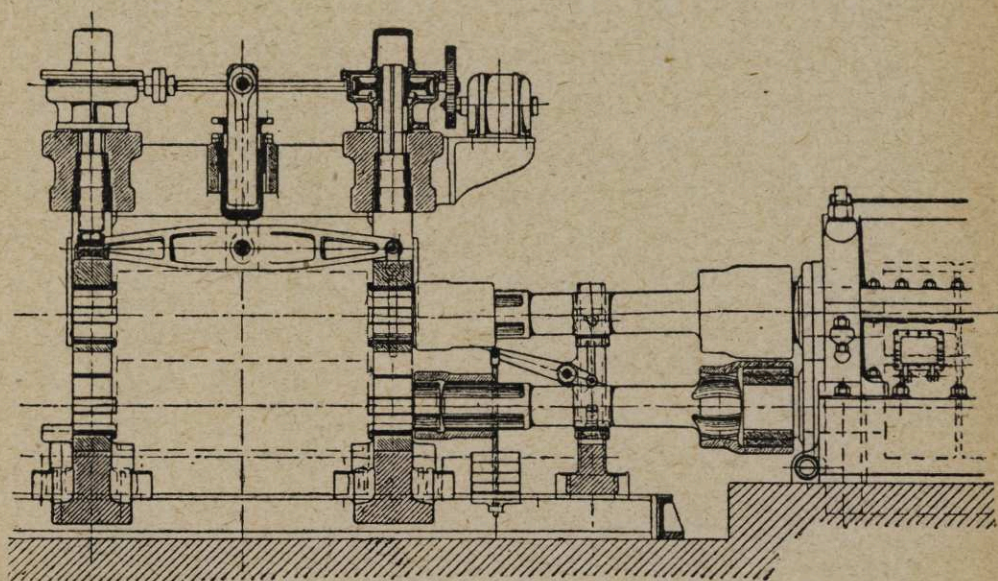
дится почти всегда для каждой из двух шеек валка отдельно, тогда как при установке посредством того или иного механизма винты обоих концов валка приводятся во вращение одновременно. На фиг. 49 показано устройство для ручной установки обоих нажимных винтов одновременно. Впрочем, эта конструкция применяется лишь в тонколистовых станах.

Гидравлические устройства для регулировки нажимных винтов выполняются всегда в виде пары горизонтальных цилиндров с плунжерами, которые связаны между собою, а также с зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с шестернями, заклиненными на нажимных винтах. Рейка лежит в горизонтальной плоскости, а зубцы ее вертикальны. Поэтому ширина зубцов должна быть взята с таким расчетом, чтобы зацепление их с зубцами шестеренок сохранялось как при подъеме, так и при опускании нажимных винтов. Следовательно, ширина зубцов рейки должна быть не меньше ширины зубцов шестеренок плюс высота установки верхнего вала. Поэтому устройства этого типа применяются лишь в таких станах, где высота установки валков не превышает 250 мм.

Наиболее совершенной является установка валков при помощи электромоторов (см. фиг. 50). Устройства этого рода допускают практически неограниченный подъем и опускание вала. Передача от мотора, устанавливаемого наверху клетки, к нажимным винтам состоит из пары червячных колес, заклиненных на этих винтах, и червяков, которые приводятся во вращение от вала электромотора. Червячные передачи помещены в совершенно закрытых кожухах и работают в масляной ванне. Оба червяка этого механизма связаны между собою валиком, состоящим из двух частей, соединенных кулачной муфтой. Между передаточным механизмом и мотором включена дисковая муфта, расположенная непосредственно у мотора. Для возможности торможения электромотора при точной установке вала дисковая муфта снабжена тормазным устройством точно так же—с электрическим управлением. Для установки нажимных винтов применяются устройства как с одним, так и с двумя электромоторами. Вместо червячных передач применяются также передачи зубчатыми колесами—цилиндрическими или коническими (ср. фиг. 51 и 54).

В обжимных станах скорость установки валков составляет от 40 до 75 *мм/сек.*, в станах листопрокатных и универсальных—от 4 до 15 *мм/сек.* Для понижения в последнем случае скорости установки, между электромотором и червяками вводят обычно замедлительную зубчатую передачу (см. фиг. 50).

Расстояние между валками указывается на круглой шкале—циферблате стрелкой, которая получает движение от червяка.

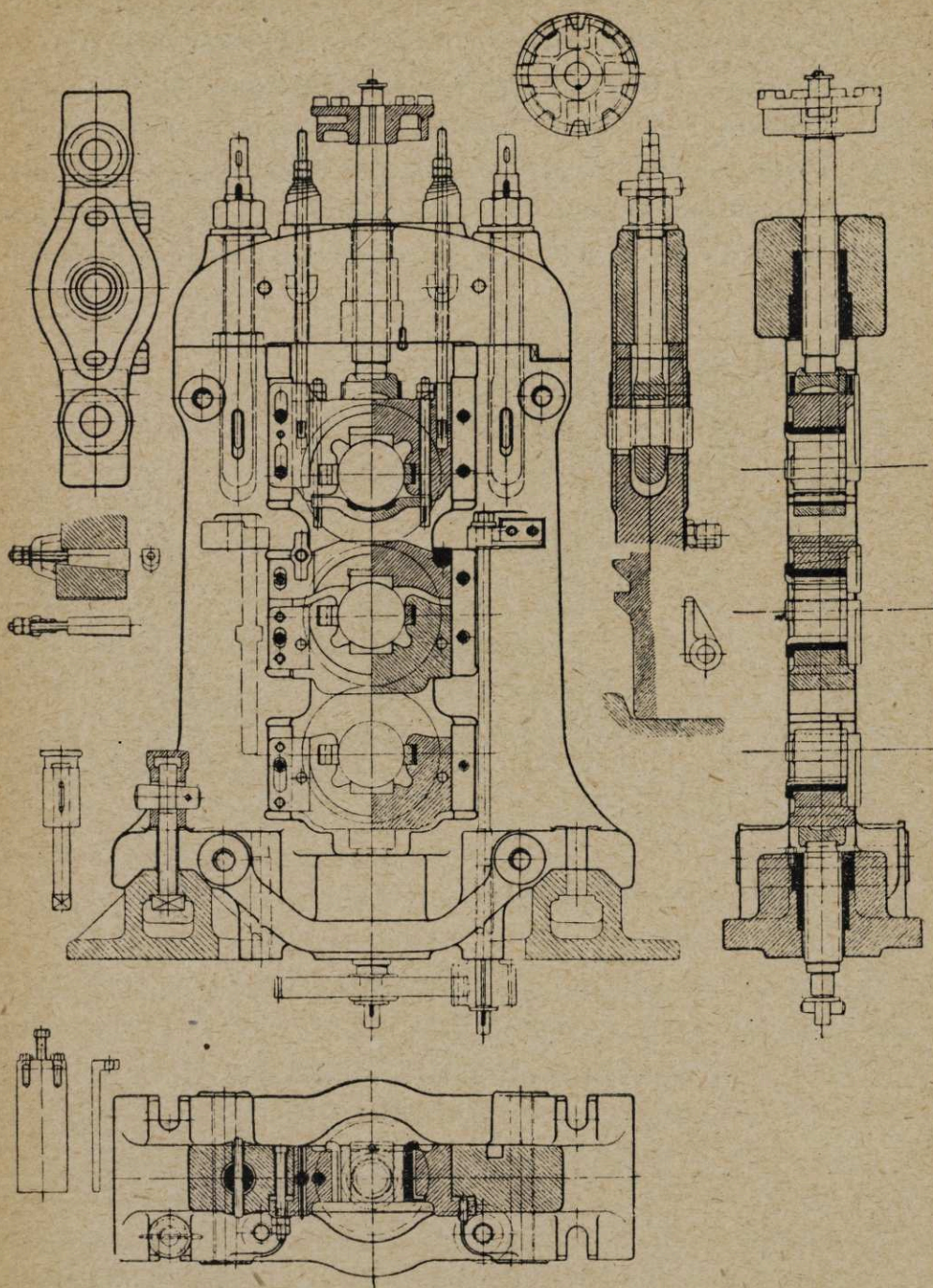


Фиг. 50. Обжимной стан современной конструкции.

Мощность электромотора для установки валков может быть взята из следующей таблицы:

Диам. валков в мм	Мощность мотора в л. с.
600 — 700	8—10
700 — 800	10—20
800 — 900	15—25
900 — 1000	20—35
1000—1200	30—50



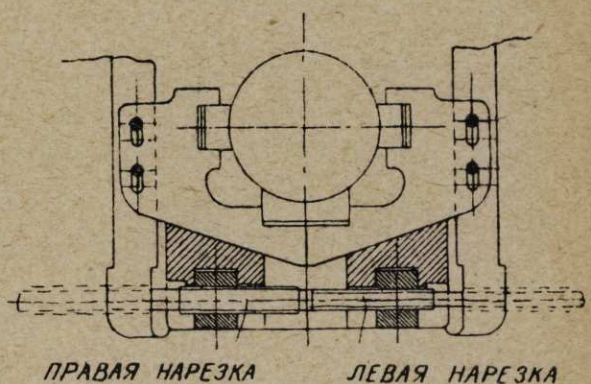


Фиг. 51. Станина прокатного стана трио.

В станах трио также и установка нижнего валка (при неподвижно укрепленном среднем валке) производится часто при помощи винтов, пропущенных сквозь станины клетки ниже опорной плоскости их. На нижнем конце каждого из этих винтов закинута шестеренка, находящаяся в постоянном зацеплении с другой шестерней, которая в свою очередь закинута на более коротком нажимном винте, упирающемся своим концом в нижнюю подушину подшипника нижнего валка. Таким образом,

посредством вращения этих винтов можно поднимать или опускать нижний валок стана.

Установку нижнего валка можно производить также при помощи клиньев; в этом случае нижние поверхности его подшипников должны иметь форму



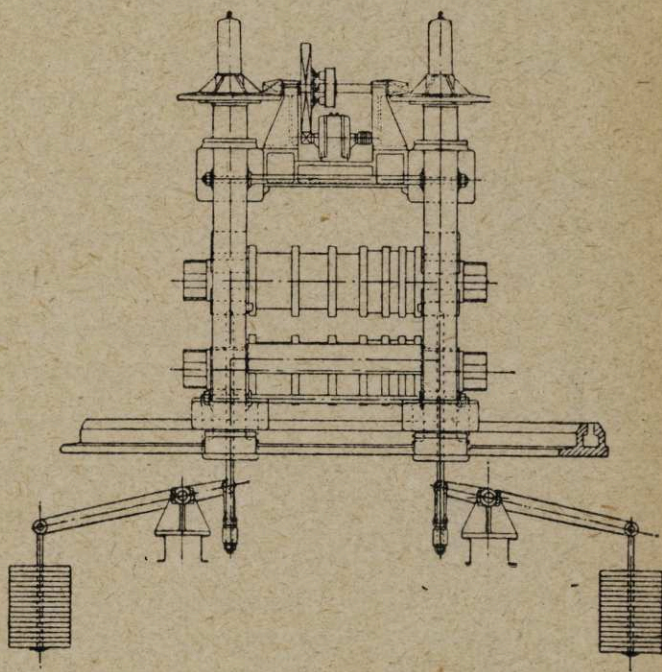
Фиг. 52. Установка нижнего валка при помощи клиньев.

двух симметричных наклонных плоскостей, образующих между собою двугранный угол (см. фиг. 52). Клинья укреплены на специальных щеках, сквозь маточную резьбу которых проходит винт с правой и левой нарезкой. При вращении этого ходового винта в соответствующем направлении щеки сближаются или расходятся; при этом подшипник будет, очевидно, подниматься—в первом случае и опускаться—во втором.

На фиг. 53 изображена станина 400-мм-ового привода трио современной конструкции. Установка нижнего валка производится здесь при помощи одного лишь клина *а*, который, как и в конструкции по фиг. 52, приводится в движение посредством ходового винта, причем здесь клин перемещается в направлении, параллельном оси валка. Бока

станины откидывается в сторону. Возможность этого в описываемой конструкции достигается тем, что один из прижимных болтов головки может быть откинут вниз, для чего достаточно лишь отпустить его гайки. Вместо проходного отверстия для этого болта в крышке сделана открытая с одной стороны канавка.

Устройства для уравнивания валков. Для того, чтобы верхний валок не подпрыгивал во время прокатки, его необходимо уравнивать таким образом, чтобы он всегда был прижат к нажимным винтам. Благодаря этому, при подъеме последних верхний валок тоже поднимается кверху. Это может быть осуществлено различными способами:



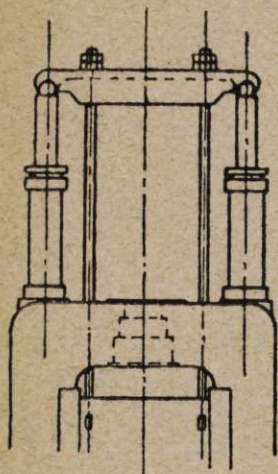
Фиг. 54. Уравнивание верхнего валка при помощи противовесов.

1. Посредством подвешивания подшипника верхнего валка на болтах, поддерживаемых буферными пружинами (см. фиг. 51 и 53).
2. Посредством грузов (противовесов) (фиг. 54).
3. При помощи гидравлических устройств (фиг. 55).
4. Посредством соединения подшипников верхнего валка с электрически действующим механизмом для регулировки положения нажимных винтов.

Первый способ рекомендовать нельзя. Буферные пружины располагаются либо непосредственно на крышках станин,

либо на поперечине, которая лежит в кованых кольцах, надетых на обоих нажимных винтах. Последняя конструкция встречается редко.

Противовесы применяются чаще всего в клетях среднесортных и мелкосортных станов. Под клетью установлен на неподвижной опоре двуплечий рычаг. Одно плечо его отжи-



Фиг. 55. Гидравлическое устройство для уравнивания прокатных валков.

мает кверху нижний конец опорного рычага, верхний конец которого упирается в подшипник валка, а другое плечо несет уравнивающие грузы (см. фиг. 54). Отношение плеч этого рычага—от 1:2 до 1:3. Уравнивающий груз должен быть на 20—25% больше уравниваемого.

Гидравлические устройства для уравнивания валков применяются в более или менее крупных прокатных станах. Чаще всего для этой цели на каждой станине устанавливают два гидравлических цилиндра. Плунжеры этих цилиндров соединены горизонтальной траверсой, несущей пару тяг, к которым подвешен подшипник (см. фиг. 55).

В тех случаях, когда устройство для уравнивания валков связано с электрически действующим механизмом для подъема и опускания нажимных винтов, каждый из подшипников верхнего валка подвешивается на двух снабженных пружинами тягах к особой поперечине. Четырехгранные концы нажимных винтов проходят сквозь эту поперечину; снаружи на эти концы надеты полые винтовые шпиндели, в которых нажимные винты могут, следовательно, свободно перемещаться вверх и вниз. При вращении нажимных винтов (оно производится одним из способов, описанных выше) подшипники валка перемещаются, таким образом, вместе с ними, соответственно вверх или вниз.

Проводки.

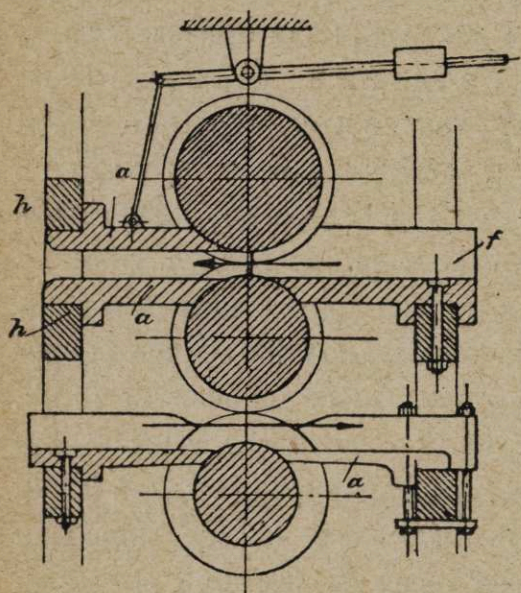
При прокатке всех сортов материала, за исключением сутунки (листовой болванки) и заготовки для броневых плит, необходимо пользоваться проводками (направляющими), назначение которых состоит в том, чтобы, с одной стороны, направлять материал, задаваемый в промежуток между валками (ручей), а с другой стороны, направлять прокатываемый материал при выходе его из валков. Поэтому различают проводки входные и проводки выходные. В универсальных и болваночных станах применяются проводки из железа, в приводах всех остальных типов—чугунные.

Чугунные проводки могут быть отлиты за одно целое с приемной доской, ширина которой равна длине бочки валка, либо отдельно от нее. В последнем случае проводки укрепляются с одной и с другой стороны калибра валка на так наз. опорном брус (опорной балке), который в свою очередь закрепляется при помощи клиньев в особых направляющих станин прокатного привода. Первая (открытая) конструкция находит применение лишь в случае прямоугольных или ромбоидальных калибров, вторая же может иметь форму либо совершенно закрытой, либо боковой проводки. Закрытые проводки необходимы при прокатке полос ромбоидального или овального профиля в оживальных или круглых ручьях, для того, чтобы предупредить возможность поворачивания полосы, задаваемой в калибр «на ребро».

Если применяются одни лишь боковые проводки, то в промежутках между ними должны быть помещены выпуск-

ные проводки, которые изготавливаются из железа и укрепляются на отдельном опорном бруске. Как уже было упомянуто выше, назначение выпускных проволок заключается в том, чтобы предупреждать «завивание» выходящего из калибра материала и заматывание (оков) его вокруг вала.

На фиг. 56 буквой *f* обозначены направляющие, *a*—выпускные проводки и *h*—опорные брусья для них. Верхние полсвинки проволок прижимаются к валку при помощи противовесов или пружин.

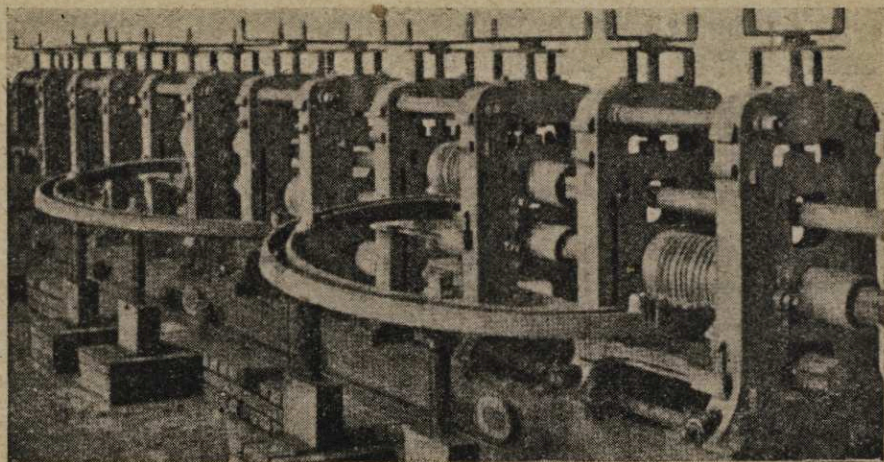


Фиг. 56. Проводки.

Проволочные и мелко-сортные станы высокой производительности снабжаются на приемной стороне обводками, установленными отдельно от самого стана; эти обводки, имеющие обычно форму полукруглого жолоба, передают прокатываемый материал из одной клетки в другую. На фиг. 57 изображен прокатный стан с обводками этого рода. Проволочная заготовка имеет здесь при входе в жолоб обводки че-

тырехгранный профиль (он переходит в овал лишь на следующем пропуске), поэтому она не имеет тенденции скручиваться. На прокатной стороне, где проволока имеет овальное сечение и должна заводиться в квадратный ручей, ее необходимо задавать «на ребро»; эта операция, производимая обычно вручную, облегчается короткими проводками, которые подходят к самому валку, почти касаясь его. Взамен этого можно, впрочем, пользоваться также вращающимися обводками, в которые материал заводится в надлежащем положении и в дальнейшем сохраняет его, благодаря центро-

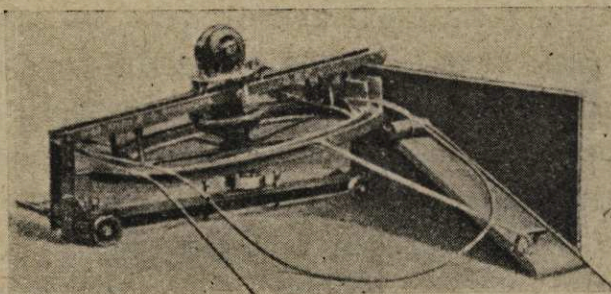
бежной силе и трению о поверхность внешней стенки жолоба. Для этого шкив, на котором лежит обводка, должен вращаться со



Фиг. 57. Проволочный стан с обводками.

скоростью, несколько превышающею скорость прокатываемого сорта. Такая вращающаяся обводка изображена на фиг. 58.

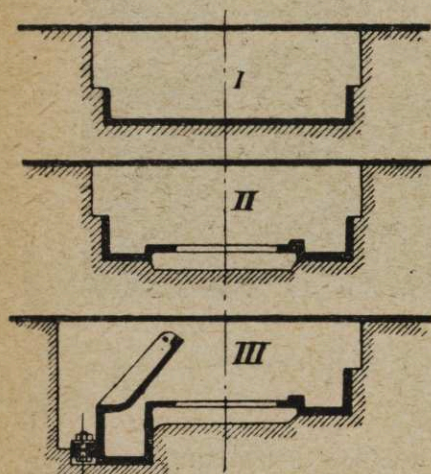
В том случае, когда скорости всех валков одной клетки или также соседних клеток одинаковы, прокатываемое же-



Фиг. 58. Вращающаяся обводка для проволочного стана.

лезо при переходе из одного калибра в другой тотчас же образует петлю вследствие того, что сечение материала при этом уменьшается, длина же увеличивается, и очередной ка-

либр должен выкатать заготовку большей длины, нежели предыдущий. Поэтому в подобных случаях проводки должны быть устроены таким образом, чтобы проволока или полоса (мелкого профиля), лишь только конец ее будет задан в ручей, могла выйти из обводки и образовать постепенно увеличивающуюся петлю. Для того, чтобы уменьшить возмож-



Фиг. 59. Отвод петли при проволочном стане.

ность несчастных случаев (перерывания рабочих петель раскаленной проволоки) и освободить помещение прокатной мастерской от проволоки, петли которой могут занять значительную часть площади пола и сильно затруднить обслуживание стана, петлям материала дают развиваться в особых желобах или камерах под полом мастерской (так называемые «карманы»). Эти устройства могут иметь дно либо плоское, либо со специальными канавками для проволоки. Обычно дно таких

желобов выстилают железом, причем дают им уклон от 1:7 до 1:10. Разрезы такого желоба показаны на фиг. 59.

В непрерывных прокатных станах отдельные клетки связаны проводками, канал которых скручен таким образом, что материал кантуется, где это нужно, совершенно автоматически. Иногда же приходится вслед за парю горизонтальных прокатных валков ставить пару вертикальных, чем и удовлетворяется требование необходимой кантовки.

Универсальные и непрерывные прокатные станы.

Как было упомянуто на стр. 62, универсальные станы широко применяются для прокатки особенно мелких партий полосового железа, так как в тех случаях, когда требуется прокатать небольшие количества полосового материала различных профилей, пришлось бы в обычном стане делать очень частые перевалки, а с другой стороны, применение для каждого из этих профилей специальных калиброванных валков невыгодно вследствие высокой стоимости последних. Для прокатки прямоугольных профилей в калиброванных валках нужны очень длинные серии калибров. Поэтому для этой цели все шире распространяется применение универсальных прокатных станов.

Универсальные станы конструируются по типу дуо или трио. Как в том, так и в другом случае в состав их входит еще одна дополнительная пара вертикальных—или кантовальных—валков. Следовательно, железо поворачивается—кантуется—в универсальных станах дуо перед каждым пропуском, а в станах трио — перед каждым нечетным пропуском, так как высота вертикальных валков соответствует лишь одной паре горизонтальных.

Универсальный стан располагается обычно на самом конце линии, отчасти для того, чтобы возможно было осуществить передачу к вертикальным валкам от горизонтальных посредством конических зубчатых колес, а отчасти из тех соображений, чтобы к механизмам для установки валков при помощи нажимных винтов и пр. был свободен доступ с на-

ружной стороны стана, которая поэтому должна быть свободной.

Шейки среднего валка универсального стана трио, изображенного на фиг. 60, лежат в неподвижных подшипниках станин клетки, тогда как верхний и нижний валки допускают перестановку, которая производится при помощи нажимных винтов, вверху и внизу связанных между собою зубчатыми колёсами (см. чертеж). Нажимные винты приводятся в движение от среднего неподвижно укрепленного валка через посредство фрикционной муфты на вертикальном валу (на фиг. 60—слева) и зубчатых колес, которые находятся в зацеплении с шестернями, заклиненными на нажимных винтах. Включая поочередно верхнюю или нижнюю половину муфты, можно получать правый или левый ход валков. Оба валка—верхний и нижний—устанавливаются одновременно. При выключении обеих половин муфты оба валка сохраняют свое положение. Для облегчения их установки валки уравновешены при помощи спиральных пружин. Вместо описанного регулировочного устройства часто применяют привод от небольшого электромотора, что избавляет от необходимости устанавливать особое сцепление.

Вертикальные валки приводятся в движение, как уже было упомянуто выше, от цилиндрической шестерни, заклиненной на продолжении одной из шеек среднего валка снаружи станины. Вращение ее передается через посредство промежуточного зубчатого колеса расположенному над верхним валком горизонтальному валу (параллельному, следовательно, прокатным валкам), а от него, через посредство конических зубчатых колес, вертикальным валкам.

Установка последних (обычно лишь одного из них) производится при помощи маховичка или штурвала (справа на левой проекции фиг. 60), который посредством конической зубчатой передачи связан с вертикальным валиком; вращение этого валика передается нажимным винтам точно так же

через посредство конических зубчатых колес. Проводки и направляющие линейки для прокатываемого материала точно таким же образом и при помощи таких же передач связаны с штурвалом, благодаря чему они устанавливаются одновременно с вертикальными валками и соответственно расстоянию между последними. Установка второго вертикального валка производится вручную при помощи ключа, надеваемого на один из ходовых винтов. Эти винты связаны между собою посредством пары цепных колес и цепи, так что при вращении одного из них вращается точно таким же образом и второй.

Верхние и нижние подшипники вертикальных валков универсального стана лежат на двух парах горизонтальных направляющих валов, вдоль которых их можно перемещать описанным выше способом. Ходовые винты, которые служат для этого, располагаются между этими валами. Верхние шейки вертикальных валков снабжены гребнями, воспринимающими давление зубцов конических передач, через посредство которых приводятся во вращение эти валки. Вследствие этого нижние подшипники их могут быть сделаны совершенно открытыми снизу. При таком устройстве их окалина и шлаки, которые легко могут быть занесены в эти подшипники струей охлаждающей воды, легко выпадают из них.

Устройство отдельных клеток непрерывных прокатных станов примерно такое же, как в обычных станах дуо, и различие между приводами этих двух типов заключается, в сущности, лишь в самом расположении отдельных станов и в способах передачи силы. Последняя осуществляется посредством цилиндрических или конических зубчатых колес, либо ремнями. Конические шестерни применяются для более или менее значительных скоростей, а ременные передачи в тех случаях, когда окружная скорость зубчатого колеса превышала бы 15 м/сек. Если передача производится при помощи конических зубчатых колес, то ведущие шестерни

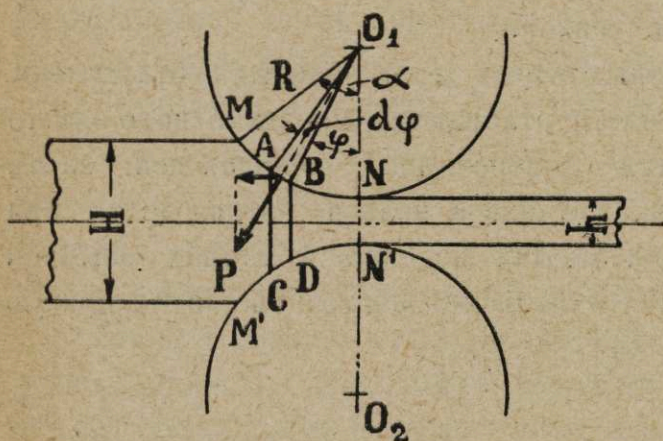
заклиниваются (посредством шпонок) на валу, расположенном вне стана, причем каждая из этих шестерен находится в зацеплении с конической зубчаткой соответствующей клетки. В свою очередь, каждая из последних закреплена на продолжении шейки соответствующего шестеренного валика. Таким образом, каждый из ставов имеет свою отдельную шестеренную клеть.

В непрерывном стане скорость каждой пары валков больше, нежели скорость предыдущей пары. Эти скорости должны быть подобраны соответственно степени вытяжки материала между валками различных клеток, так как иначе прокатываемая полоса образует между клетями «горбы» или становится чрезмерно тонкой.

Станины непрерывных станов делаются обычно открытыми, причем обе крышки клетки отливаются иногда в виде одного целого и соединяются поперечиной, сообщающей клетке большую устойчивость. Установка валков производится при помощи нажимных винтов, так же, как в станах обычной конструкции. Материал направляется из одной клетки в другую проводками (см. стр. 111—112).

Работа прокатки.

Работа прокатки складывается из полезной работы L_1 , формоизменения металла и вредной работы $L_2 + L_3$, где L_1 —работа сил трения в различных частях стана и L_3 —работа сил трения металла о валки.



Фиг. 61.

Величину полезной работы L_1 можно определить, при указанных ниже допущениях, существенно упрощающих задачу, следующим образом.

Пусть высота прокатываемого материала до входа в валки равна H (фиг. 61), после выхода из них— h . Соответственные значения ширины полосы до и после прокатки обозначим через B и b . При достаточно больших диаметрах валков и умеренной степени обжатия уширение материала сравнительно с уменьшением высоты незначительно, поэтому в дальнейшем можно принять $B = b$. Разобьем часть прокатываемой полосы между сечениями MM' и NN' на бесконечно малые элементы двумя системами плоскостей, параллельных осям валков и перпендикулярных к ним. Следовательно, вся эта часть материала будет таким образом разбита на элементарные прямые

призмы шириною db . Высота этих элементов различна и уменьшается от H для элемента, расположенного близ MM' , до h для элемента NN' . Рассмотрим один из таких элементов, напр., $ABCD$. В виду пластичности материала при прокатке, напряжение его, обусловливаемое давлением валков, можно принять постоянным и равным давлению истечения для данного материала. Обозначим это давление через q . Тогда давление p , испытываемое основанием AB рассматриваемого элемента, равно (см. фиг. 61):

$$p = q \cdot \text{пл. основ. } AB \text{ или} \\ p = q \cdot R \cdot d\varphi \cdot db$$

Проекция этого давления на направление прокатки равна, очевидно:

$$p \cdot \sin \varphi = q \cdot R \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi \cdot db$$

Такое же давление производит на нижнее основание CD рассматриваемого элемента второй валок. Суммируя эти давления в пределах между сечениями MM' и NN' для бесконечно малой по ширине призмы, получим, что сопротивление ее движению при прокатке составляет:

$$dP = \int_0^\alpha 2q \cdot R \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi \cdot db = 2q \cdot R \cdot db \int_0^\alpha \sin \varphi \cdot d\varphi = \\ = 2 \cdot q \cdot R \cdot db (1 - \cos \alpha)$$

Подставляя сюда из формулы, выведенной на стр. 50,

$$H - h = 2 R \cdot (1 - \cos \alpha)$$

можем написать:

$$dP = q \cdot (H - h) \cdot db$$

Если обозначить бесконечно узкие (шириною db) площади сечений материала до входа в валки и после выхода из них соответственно через dF и dF' , т.-е.

$$(H - h) \cdot db = dF - dF'$$

то относительное уменьшение сечения (относительная вытяжка) составляет

$$\rho = \frac{dF - dF'}{dF}$$

и

$$(H - h) \cdot db = dF - dF' = \rho \cdot dF$$

Следовательно:

$$dP = \rho \cdot q \cdot dF$$

Предполагая, что конструкция ручья обеспечивает одинаковую вытяжку материала во всех сечениях, перпендикулярных к осям прокатных валков (как это имеет место, напр., в гладких цилиндрических валках), можно просуммировать dP по всей ширине материала. Следовательно, при этом предположении полное сопротивление прокатке, преодолеваемое всем сечением материала, составляет:

$$P = \rho \cdot q \cdot F$$

Если средняя окружная скорость калибра равна v , то полезная работа прокатки:

$$L_1 = P \cdot v = \rho \cdot q \cdot F \cdot v$$

Эта формула показывает, что работа прокатки пропорциональна относительной вытяжке, давлению истечения для данного материала, площади поперечного сечения прокатываемой заготовки и скорости прокатки. Однако, эта формула является лишь весьма приближенной, так как сделанные при выводе ее упрощающие допущения в действительности не совсем соответствуют действительности.

Кроме того, давление истечения q , зависящее от свойств металла, его температуры и скорости прокатки, может быть определено только путем опыта (см. данные Кольмана в табл. на стр. 34). Во время пропуска материала через валки температура его не остается совершенно постоянной, следовательно, изменяется до некоторой степени и давление исте-

чения. Поэтому на практике выбор мощности двигателя для прокатного привода производится на основании имеющегося опыта мастерской, а также существующих таблиц (см., напр., „Hütte“ Metallургический, стр. 728—745) и эмпирических формул, приводимых ниже.

Работа L_2 сил трения в стане сводится главным образом к трению шеек прокатных валков в подшипниках. При сделанном допущении, что напряжения в прокатываемом материале распределены по всей дуге захвата α (см. фиг. 61) равномерно, равнодействующая этих напряжений, т.-е. давление на шейки валка, пройдет через середину дуги MN . Проектируя элементарное давление $p = q \cdot R \cdot d\varphi \cdot db$, составляющее угол φ с направлением O_1O_2 , на биссектрису угла α , получим, очевидно:

$$\text{проекция } p = p \cdot \cos \left(\varphi - \frac{\alpha}{2} \right) = q \cdot R \cdot d\varphi \cdot db \cdot \cos \left(\varphi - \frac{\alpha}{2} \right)$$

Суммируя эти проекции в пределах от $\varphi = 0$ до $\varphi = \alpha$ по всей ширине b прокатываемой заготовки, получим давление на обе шейки валка (при гладкой бочке):

$$\begin{aligned} P &= q \cdot R \int_0^b \int_0^\alpha \cos \left(\varphi - \frac{\alpha}{2} \right) \cdot d\varphi \cdot db = \\ &= q \cdot R \cdot b \int_0^\alpha \cos \left(\varphi - \frac{\alpha}{2} \right) d\varphi = \\ &= q \cdot R \cdot b \left| \sin \left(\varphi - \frac{\alpha}{2} \right) \right|_0^\alpha = 2 q \cdot R \cdot b \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \end{aligned}$$

Выведенная на стр. 50 формула

$$H - h = 2 R (1 - \cos \alpha)$$

дает:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}} = \sqrt{\frac{H - h}{4 \cdot R}} = \frac{\sqrt{H - h}}{2 \sqrt{R}}$$

Следовательно:

$$P' = 2 q \cdot R \cdot b \cdot \frac{\sqrt{H-h}}{2 \sqrt{R}} = q \cdot b \cdot \sqrt{R(H-h)}$$

Предполагая, как и выше, уширение очень малым сравнительно с уменьшением высоты профиля, можно приблизительно считать

$$\frac{H-h}{H} = \rho \text{ или } H-h = \rho \cdot H$$

Таким образом:

$$P' = q \cdot b \cdot \sqrt{\rho \cdot R \cdot H}$$

Отсюда работа трения шеек обоих валков при коэффициенте трения f и окружной скорости v' на поверхности шеек выразится в виде формулы:

$$L_2 = 2 f \cdot q \cdot b \cdot \sqrt{\rho \cdot R \cdot H} \cdot v'$$

Работу L_3 трения материала в ручье в настоящее время вычислить теоретически еще не удастся; грубо приближенно ее определяют иногда посредством сравнения расхода силы при прокатке металла между гладкими валками и в ручье.

Коэффициент полезного действия прокатного стана:

$$\eta = \frac{L_1}{L_1 + L_2 + L_3} = \frac{1}{1 + \frac{L_2 + L_3}{L_1}}$$

При гладких валках $L_3 = 0$ и

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{L_2}{L_1}}$$

Подставляя сюда найденные выражения L_1 и L_2 , получим:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2 f q \cdot b \cdot \sqrt{\rho \cdot R \cdot H} \cdot v'}{\rho \cdot q \cdot F \cdot v}}$$

Подставляя далее:

$$v' = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \text{ (см. фиг. 17)}$$

$$v = \frac{2 \pi \cdot R \cdot n}{60}$$

$$F = b \cdot H$$

после обычных сокращений получим для коэффициента полезного действия прокатного стана с гладкими валками:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{f \cdot d}{\sqrt{p \cdot R \cdot H}}}$$

Следовательно, коэффициент полезного действия стана тем больше, чем меньше коэффициент трения прокатываемого материала о валки, чем меньше диаметр шеек, чем больше относительная вытяжка, чем больше диаметр валков и чем больше толщина прокатываемой заготовки.

Для определения мощности двигателя прокатного стана проф. Тиме дал следующую формулу:

$$N_e = \frac{G \cdot \Delta \cdot (\mu - 1)}{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot K_1}$$

где:

N_e — мощность двигателя в л.с.;

G — суточная производительность стана в кг;

Δ — коэффициент, равный:

для броневого и листового приводов . . .	20
» рельсовых и крупносортовых	8—10
» проволочных	3—5

μ — полная степень вытяжки всех пропусков;

K_1 — отношение времени работы стана к полному времени (24 ч.), равное обычно 0,25 до 0,50.

Следует оговориться, что эта формула для некоторых случаев прокатки (особенно для тонколистового металла) дает результаты недостаточно точные.

Для паровых машин можно пользоваться следующими эмпирическими формулами (D —диам. валков в м, L —длина валков в м, n —число оборотов в мин.):

1) для листовых приводов:

$$N_e = a \cdot D \cdot L \cdot n + b$$

где для тонколистового стана трио $a = 10$, $b = 200$
 » » » » дуо $a = 45$, $b = 50$
 » » реверсивн. листового $a = 36$, $b = 0$
 » » бронспрокатного $a = 45$, $b = 0$

2) для болваночных обжимных приводов:

$$N_e = a \cdot n$$

где $a = 160$ при $D = \text{ок. } 1150 \text{ мм}$

$a = 140$ » $D = \text{ок. } 900 \text{ мм}$

3) для универсальных приводов:

$$N_e = a \cdot D \cdot B \cdot n \quad (B \text{—наибольшая ширина прокатываемой полосы}),$$

где для стана дуо $a = 35$

» » трио $a = 140$

Для электромоторов мощность, полученная из этих формул, должна быть увеличена на 20—25%, так как они выдерживают длительную перегрузку хуже паровых машин.

Двигатели для прокатных станов.

Для привода прокатных станов применяются: паровые машины, водяные турбины, электромоторы и газовые двигатели. Последние получили особенно широкое распространение в С. Ш. С. Америки и Англии, а в последнее время—также и в Германии.

Широкое распространение их в качестве двигателей для прокатных станов затрудняется неприспособленностью их к большим перегрузкам, необходимостью иметь на них маховик и меньшей надежностью в эксплуатации сравнительно с двигателями других типов. Поэтому на таких металлургических заводах, где, напр., имеются большие количества колошниковых газов из доменных печей, предпочитают утилизировать их на центральной станции (для обогрева котлов или плавки газовых двигателей), а прокатные устройства обслуживать электромоторами, получающими ток от станции.

Водяные турбины.—Понятно, что водяные турбины применяются для привода прокатных станов в таких местах, где естественные условия благоприятствуют использованию водной энергии и где, следовательно, сооружение необходимых устройств окупается в сравнительно короткий срок. Поэтому, напр., в Швеции водяные турбины получили чрезвычайно широкое распространение в качестве двигателей для прокатных устройств.

В подобных случаях потребная для привода сила берется непосредственно от вала турбины. Для этого либо последний соединяется прямо с главным валом прокатного стана, либо

на вал турбины насаживают канатный шкив, который соединяется рядом канатов с маховиком стана. Следует заметить, что непосредственное соединение турбины с прокатным станом практикуется не особенно часто. Этот способ передачи, хотя еще и применяется во многих местах, однако, постепенно вытесняется более совершенным способом передачи: водяная турбина работает на генератор, питающий ток электромоторы, которые приводят в движение прокатный стан и его вспомогательные механизмы.

Паровые машины.—Паровые машины, которые с самого начала и до сравнительно недавнего времени играли в качестве двигателей для прокатных устройств очень важную роль не только у нас, но и за границей, постепенно все более вытесняются в этой области электрическими двигателями. Это объясняется отчасти тем, что паровые машины занимают гораздо больше места, нежели электромоторы, отчасти же большим удобством и простотой обслуживания последних.

Для привода прокатных станов служат паровые машины с маховиком и без него. Первые применяются для станов, работающих лишь в одну сторону или снабженных отдельным механическим устройством для реверсирования. Назначение маховика заключается в том, чтобы выравнивать колебания силы в различные моменты прокатки и таким образом смягчать толчки, которые, следовательно, при этом не действуют на двигатель, а также, как обычно, для аккумуляирования живой силы в период паузы и для разгрузки двигателя от чрезмерной перегрузки в самый период прокатки.

Для обслуживания прокатных устройств применяют паровые машины различных типов, как компаунд, так и одноцилиндровые, с конденсацией, несмотря на то, что последние работают с довольно большим расходом пара. В машинах компаунд цилиндры располагаются большей частью по одной оси, один за другим (тандем). В случае применения перегретого пара, цилиндр низкого давления обычно лежит впереди.

Так как в более или менее крупных прокатных установках расход силы на прокатку и колебания ее достигают огромной величины, то маховику паровой машины дают большую окружную скорость, для того, чтобы насколько возможно ограничить его вес, который иначе получался бы чрезмерно большим. Для чугунных маховых колес окружную скорость принимают до 40 м/сек., для стальных—до 100 м/сек.

Паровыми машинами без маховика пользуются специально для привода реверсивных станков, не имеющих отдельного реверсивного устройства. Парораспределительный механизм машин этого типа должен быть сконструирован таким образом, чтобы машину легко было пускать при любом положении поршня и вместе с тем, чтобы была исключена возможность как остановок ее на тихом ходу или при увеличении нагрузки, так и разгона—при падении последней. Кроме того, должна быть предусмотрена также возможность быстрой остановки машины тотчас же вслед за выходом материала из валков.

Так как машины последнего типа работают только во время самой прокатки, то холостой ход для них принимать в расчет не приходится. Во время первого пропуска заготовки, т.-е. когда обжатие велико и давление, производимое валками на материал, достигает особенно большой величины, машина работает с пониженной скоростью, которая затем увеличивается по мере увеличения длины прокатываемой полосы, когда скорость прокатки достигает сравнительно большого значения, в связи с постепенным остыванием материала.

Недостаток паровой машины без маховика заключается в том, что ей приходится воспринимать все толчки, которыми сопровождается процесс прокатки. Поэтому для того, чтобы подобная машина могла переносить без вреда неизбежные при работе кратковременные перегрузки, размеры ее должны быть больше, нежели у паровой машины такой же мощности, которая снабжена маховиком.

Отсутствие махового колеса представляет, с другой стороны, известные выгоды. Так, если сопротивление прокатки достигает чрезмерно большой величины, паровая машина без маховика просто остановится, между тем как при наличии маховика поломка какой-либо из деталей или даже авария машины почти неизбежны. При защемлении болванки между валками стана, машину (без маховика) можно тотчас же пустить в обратную сторону и таким образом подать болванку назад. По этим причинам паровые машины без маховика применяют довольно часто для привода также и крупных станов трио, так как при этом опасность аварий меньше, нежели в случае пользования машинами с маховым колесом.

Очень удобными для прокатных станов оказались прямоточные паровые машины, которые благодаря своей быстрой регулируемости легко воспринимают толчки при прокатке. В большинстве случаев прямоточные паровые машины работают с отдельной конденсацией.

Электродвигатели. — Для привода прокатных станов электромоторами начали пользоваться за границей приблизительно с 1893 г. Как уже было упомянуто выше, все возрастающее применение электромоторов в качестве двигателей для прокатных устройств обуславливается, с одной стороны, более низкой стоимостью электрической энергии сравнительно со стоимостью пара, следовательно, понижением соответствующей статьи эксплуатационных расходов, а с другой стороны, большею простотой установки и обслуживания по сравнению с паровыми машинами, в особенности же с водяными турбинами. В первое время для привода прокатных станов применяли, за редкими исключениями, одни только трехфазные индукционные (асинхронные) двигатели в сочетании с маховым колесом, предназначенные для работы только в одну сторону и допускавшие регулирование числа оборотов лишь в узких пределах, либо эти же двигатели вместе с отдельным реверсивным устройством для обращения напра-

вления прокатки. В настоящее время, в связи с достигнутыми усовершенствованиями конструкции электромоторов постоянного тока, получили широкое распространение также и двигатели этого типа.

Если прокатный стан, следовательно, и двигатель должны работать лишь в одном направлении, то для привода стана можно применять с одинаковым успехом моторы как постоянного, так и переменного тока. Возможность широкой регулировки электродвигателей постоянного тока делает их особенно пригодными для станков, предназначенных для прокатки сравнительно малых партий сортов различных профилей и размеров. Двигатели переменного тока, как известно, проще по конструкции и менее чувствительны к пыли и пр., нежели моторы постоянного тока. Для непосредственного привода реверсивных станков применяются почти всегда электродвигатели постоянного тока (см. ниже).

Электромоторы для прокатных станков без реверсирования.—Эти электромоторы должны отличаться большой мощностью и прочностью конструкции и допускать перегрузку, сравнительно с нормальной длительной нагрузкой, кратковременную—до 100% и мгновенную—до 200 или 300%. Число оборотов их должно регулироваться таким образом, чтобы разность скоростей, соответствующих максимальной нагрузке и холостому ходу, могла составлять от 15 до 20%, а разность скоростей, соответствующих нормальной нагрузке и холостому ходу, составляла 10%.

Встречающиеся при прокатных устройствах электрические двигатели различных типов можно подразделить на следующие три главных группы:

I. Двигатели постоянной скорости (с постоянным числом оборотов).

II. Двигатели переменной скорости (с переменным числом оборотов).

III. Двигатели с регулировкой скорости (с регулируемым числом оборотов).

К группе I относятся почти все без исключения обычные индукционные двигатели переменного тока, которые представляют собою, или, точнее говоря, представляли в прошлом, наиболее распространенный тип электрических двигателей для привода прокатных станков. Для использования живой силы махового колеса часто пользуются добавочным сопротивлением (обычно жидким), установленным в стороне от пускового реостата или скомбинированным с ним в виде одного агрегата. Это сопротивление дает возможность получить известное падение числа оборотов, соответствующее нагрузке; при этом маховик отдает энергию, аккумулированную в нем в течение предыдущего периода работы двигателя. При помощи такого устройства достигается некоторое выравнивание нагрузки в электрической сети.

К группе II относятся индукционные двигатели переменного тока, построенные для двух или большего числа скоростей. Различные числа оборотов двигателя осуществляются либо при помощи переключения полюсов, либо каскадным соединением двух электромоторов, либо, наконец, комбинированием этих двух способов.

Сущность первого способа регулировки основана на том, что число оборотов мотора обратно пропорционально числу его полюсов. Этот способ регулировки, однако, невыгоден, так как требует применения дорогих специальных моторов и вместе с тем позволяет получить лишь ограниченное число различных скоростей. Второй способ—каскадное включение электромоторов—заключается в следующем. К контактным кольцам ротора обыкновенного асинхронного двигателя присоединяют второй мотор первичной обмоткой, а валы обоих роторов соединяют муфтой или каким-либо другим способом. При этом включении число оборотов получается равным числу оборотов такого мотора, который имеет число полюсов, рав-

ное сумме чисел полюсов обоих моторов. Второе большее число оборотов получается путем включения одного лишь главного мотора. Если в качестве второго двигателя применить электромотор с переключением полюсов, то число различных скоростей агрегата увеличивается. Двигатели могут вращаться лишь с такими скоростями, которые соответствуют различным числам полюсов. Они обладают, вообще говоря, сравнительно низким коэффициентом отдачи, т.-е. берут больше тока из сети и имеют более низкий коэффициент полезного действия, нежели электрические моторы других типов; кроме того, они обладают меньшей способностью переносить перегрузку. Несмотря на эти недостатки, двигатели переменной скорости получили большое распространение. Также и при этих двигателях применяют добавочное сопротивление.

К группе III принадлежат электромоторы, скорость которых тем или иным способом регулируется в известных границах, между которыми возможно установить практически произвольное значение числа оборотов. Благодаря большим преимуществам, связанным с подобной гибкостью регулировки числа оборотов, двигатели этого типа сыграли чрезвычайно важную роль в развитии современной техники прокатного дела. Эту группу можно подразделить на две различных подгруппы, в зависимости от рода применяемого тока, а именно: *a)* двигатели постоянного тока и *b)* двигатели переменного тока.

К первой подгруппе относятся электромоторы постоянного тока, применяемые для привода прокатных станков, независимо от того, питаются ли они непосредственно из имеющейся сети постоянного тока или получают ток от преобразователя того или иного типа, превращающего переменный ток существующей сети в постоянный. Так как большие сети строятся обычно для переменного тока, то непосредственное присоединение электромоторов к сети возможно лишь в са-

мых редких случаях. Регулирование числа оборотов производится посредством изменения либо напряжения магнитного потока (силы поля) двигателя, либо—напряжения в якоре, что дает возможность варьировать скорость вращения двигателя внутри всей области регулировки очень плавно и с большой постепенностью.

Изменение силы поля осуществляется при помощи регулировочного реостата, включаемого последовательно с обмоткой якоря—при электромоторах шунтовых и компаунд, и параллельно ей—при серийных моторах. Потеря энергии в регулировочном реостате здесь невелика, так что коэффициент полезного действия электромотора при различных числах оборотов приблизительно одинаков. Что касается изменения напряжения в якоре, то оно производится либо посредством устройства многопроводной сети, либо с помощью включенного перед якорем реостата, либо с помощью особой динамо-машины. Подробнее об этом—в специальных курсах электрических машин.

При известной системе Уорд-Леонарда, главной частью которой является мотор-генератор, так наз. преобразователь Леонарда, первичной обмоткой присоединенный к имеющейся силовой сети и генерирующий во вторичной обмотке постоянный ток для питания двигателя прокатного устройства, изменение числа оборотов этого двигателя производится посредством регулировки напряжения постоянного тока, генерируемого преобразователем. Этим способом число оборотов можно регулировать от нуля до известного максимума; следовательно, пуск двигателя производится очень мягко и не сопровождается внезапными толчками тока в сети.

Система переменного тока характеризуется тем, что в качестве двигателя для привода прокатного стана применяется индукционный электромотор переменного тока, число оборотов которого регулируется при помощи каскадно

соединенной с ним машины постоянного тока; при этом в интервале скоростей, определяемом регулировочным устройством, числу оборотов двигателя можно придавать практически произвольное значение, независимо от величины нагрузки.

В своей простейшей форме устройство состоит из индукционного двигателя переменного тока (главный двигатель), присоединенного к имеющейся сети переменного тока, и соединенного с этим двигателем—механически и электрически—электромотора постоянного тока (вспомогательный или задний двигатель). Эта система известна под названием системы Кремера. Электрическое соединение обоих двигателей осуществляется через посредство одноякорного преобразователя (умформера), первичная обмотка которого присоединена к вторичной цепи главного двигателя, а вторичная обмотка—к щеткам вспомогательного двигателя постоянного тока. Для изменения числа оборотов здесь используется возможность регулировки двигателя постоянного тока: скорость агрегата изменяется посредством регулировки напряжения магнитного поля вспомогательного двигателя. Величина последнего пропорциональна значению регулировки, т.-е. пропорциональна отношению синхронного числа оборотов главного двигателя к наименьшему числу оборотов.

При этой системе энергия скольжения главного двигателя используется таким образом, что она передается на вал мотора; благодаря этому регулировка производится без потерь, если не считать незначительных потерь в магнитном поле и аппаратах управления. Существует целый ряд видоизменений этой системы. Они различаются между собою способами использования энергии скольжения главного двигателя. Однако, общим для всех машин этого рода является использование регулируемости машины постоянного тока или сходного с нею двигателя переменного тока с коллектором.

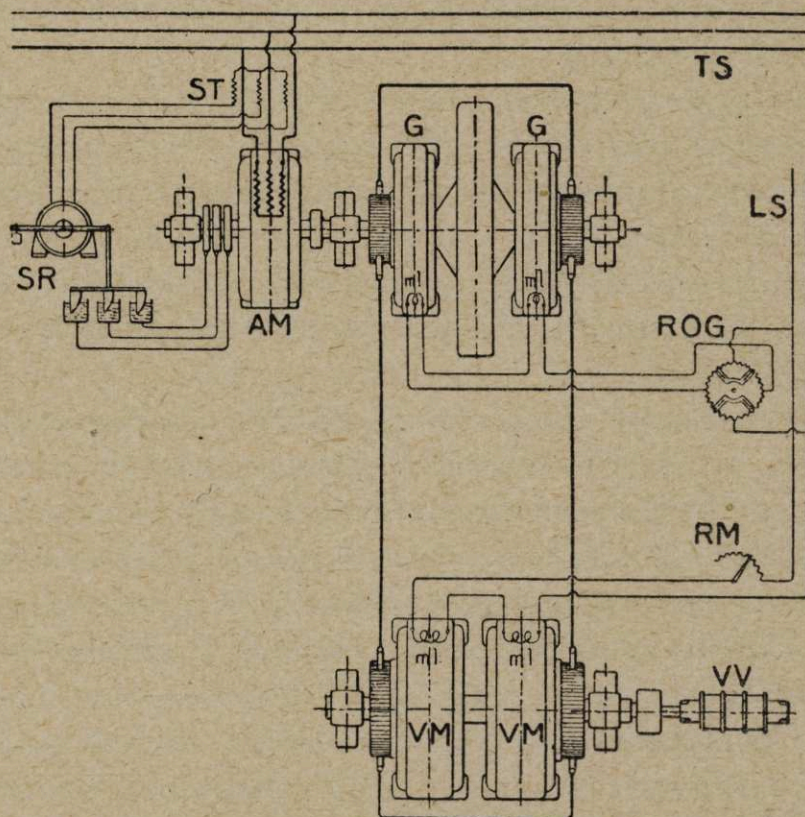
Описанная выше система является первой по времени появления и до сих пор распространена значительно больше

всех других. Так же и в этой системе может быть использована энергия маховых масс, для чего вспомогательный двигатель снабжают серийным полем, дающим токи скольжения, величина которых меняется соответственно значению нагрузки. Система работает с чрезвычайно хорошим коэффициентом отдачи и коэффициентом полезного действия во всей области регулировки, и самая регулировка производится просто и удобно. При этом система представляет сама по себе известный резерв, так как главный двигатель всегда может быть включен и отдельно, как обыкновенный асинхронный двигатель, если разъединить его от машины постоянного тока, в случае повреждения последней, или если для известного рода прокатки регулировка машины не нужна. Так как величина вспомогательного двигателя пропорциональна регулировке, то последняя не должна быть особенно широкой, ибо в противном случае вспомогательный двигатель получится непропорционально громоздким. Подходящее значение для регулировки выражается отношением 1:2, которое представляет достаточно возможностей для изменения числа оборотов большей части прокатных станов, работающих с переменной скоростью.

Двигатель прокатного стана соединяется с валом последнего непосредственно—при помощи эластической муфты—или передает силу на маховик стана посредством ременной или канатной передачи. Если два стана обслуживаются одним электромотором, то рекомендуется непосредственно соединять с ним отделочную линию (которая работает быстрее), тогда как подготовительный стан лучше приводить при помощи второго способа передачи.

Электрический привод реверсивных станов.—Посредством простого видоизменения системы Уорд-Леонарда получается общеизвестная система Леонард-Ильгнера, характерной чертой которой является маховик, соединенный с мотор-генератором, так наз. колесо Ильгнера.

Назначение его состоит в том, чтобы отдавать энергию в моменты периодических очень больших скачков нагрузки. Агрегат Леонард - Ильгнера состоит, таким образом, из следующих главных частей (см. фиг. 62):



Фиг. 62. Упрощенная схема соединений системы Леонард-Ильгнера.

1. Обыкновенный (асинхронный) трехфазный двигатель *АМ*.
2. Выполненный в виде двойной машины генератор постоянного тока *G* (умформер Леонарда), непосредственно соединенный с трехфазным двигателем.
3. Колесо Ильгнера (между генераторами *G*).
4. Двигатель (двойной) прокатного стана *VM*.
5. Регулировочный аппарат *ROG* для регулировки магнитного поля и напряжения регулятора.

Для увеличения числа оборотов двигателя служит регулировочный реостат *РМ*. Буквами *VV* обозначена муфта, соединяющая двигатель *ВМ* с валом прокатного стана. Весь агрегат, за исключением двигателя прокатного стана, устанавливается в отдельном помещении, которое не должно быть обязательно расположено в непосредственной близости прокатной мастерской.

Легко видеть, что маховое колесо играет в этом агрегате очень важную роль: когда двигатель прокатного стана должен развить большой вращающий момент, то генератор приводится главным образом маховым колесом, и для этой цели трехфазный двигатель должен быть устроен так, чтобы допускать необходимое при этом уменьшение скорости маховика (на $10 \div 15\%$).

Реверсирование двигателя прокатного стана производится здесь так же, как в системе Леонарда, т.-е. посредством изменения направления тока в обмотке магнитов генератора преобразователя. Каждый период реверсирования охватывает регулировку от данного положительного до максимального отрицательного значения числа оборотов. В течение первой половины каждого такого периода, иначе говоря, пока максимальное положительное число оборотов падает до нуля (период замедления или «разрядки»), двигатель прокатного стана работает, как генератор, отдавая энергию в генератор преобразователя, а в течение второй половины периода он работает, как двигатель, со скоростью, изменяющейся от нуля до максимального отрицательного значения ее (период ускорения или «зарядки»). Генератор преобразователя работает, очевидно, как раз противоположным образом, т.-е. как двигатель, «разряжающий» колесо Ильгнера,—в течение периода замедления, и как генератор, получающий энергию от этого колеса,—в течение периода ускорения. Таким образом, если пренебречь потерями в отдельных электрических частях агрегата, то можно сказать, что получаемая извне

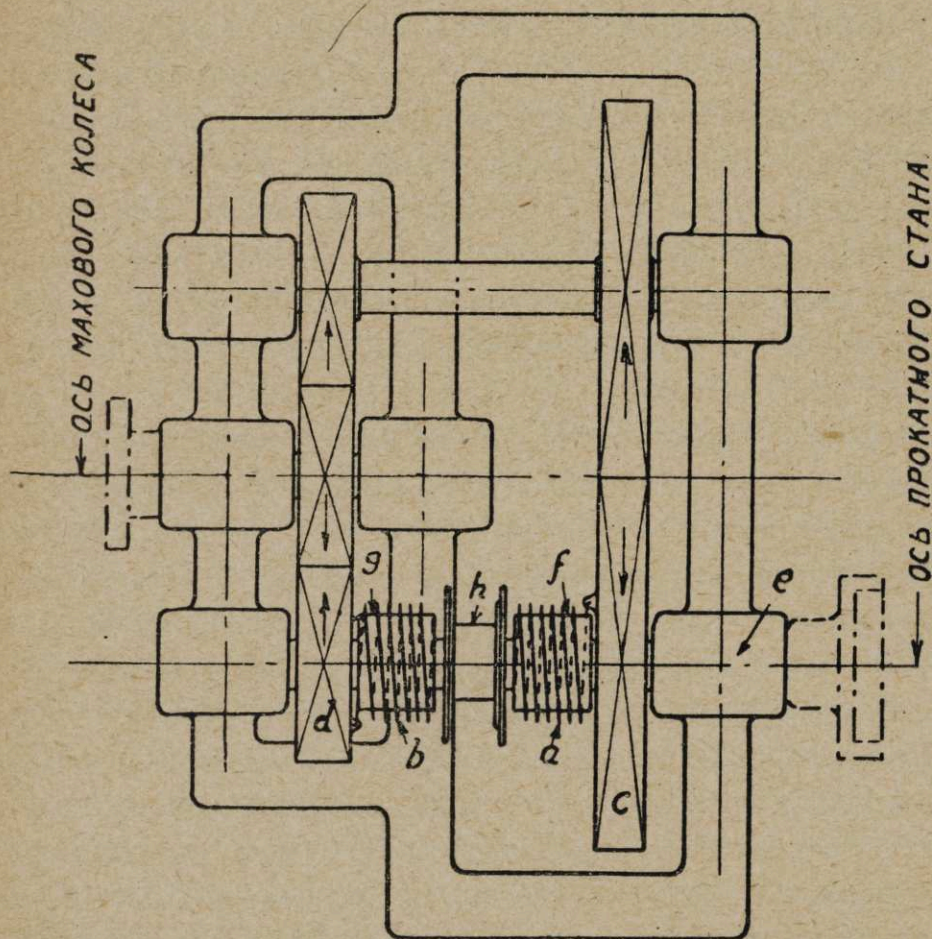
(из сети) энергия, расходуемая собственно на реверсирование электромотора, равна нулю.

Размеры преобразователя рассчитываются для известной постоянной средней нагрузки, и отдача маховому колесу энергии, потребной для покрытия вершин кривой нагрузки, выступающих выше этой средней величины, осуществляется тем, что первичному двигателю дают известное скольжение, пропорциональное нагрузке. Это производится посредством включения во вторичную цепь первичного двигателя сопротивления, которое обычно регулируется автоматически под влиянием изменений первичного тока. Благодаря этому, толчки нагрузки, происходящие периодически во время прокатки, остаются, так сказать, заключенными внутри самой электрической системы, тогда как нагрузка сети остается почти постоянной. Своими чрезвычайно большими преимуществами перед другими типами электрических приводов система Леонард-Ильгнера обязана именно этому характерному свойству, а также простоте и удобству регулировки, не зависящей от величины нагрузки, и реверсирования.

Самый двигатель прокатного стана, направление вращения которого должно все время меняться, что, очевидно, требует значительной работы уже для одного только поглощения скорости, должен быть сконструирован соответственно этим условиям работы. Поэтому вращающиеся части его должны быть возможно легкими: благодаря этому уменьшится также и время, которое требуется для увеличения скорости их от нуля до некоторого определенного значения. Последнее тем более важно, что реверсирование этих двигателей может производиться до 25 раз в минуту и даже более.

Механические реверсивные устройства.— Для изменения направления вращения прокатного стана без реверсирования двигателя применяют фрикционную муфту системы Л и н д с э й. Недостатком этих сцеплений по сра-

внению с описанной выше системой Леонард - Ильгнера является их очень высокая стоимость, позволяющая пользоваться ими лишь для станов действительно высокой производительности.



Фиг. 63. Механическое реверсивное устройство для прокатного стана.

Это устройство состоит из двух мощных спиральных пружин *a* и *b* (см. фиг. 63), соединенных соответственно с зубчатыми колесами *c* и *d*, которые вращаются вхолостую на валу *e*. На последнем заклинены две чугунных втулки *f* и *g* с закаленной (путем отливки в металлическую изложницу) поверхностью; спиральные пружины *a* и *b* обвивают

эти втулки. На валу *e* сидит скользящая муфта *h*. При растягивании спирали *a* или *b* посредством перемещения муфты *h* в одну или другую сторону, соответствующая спираль прижимается к своей втулке *f* или *g*, причем вал *e* начинает вращаться в том же направлении, что шестерня *c* или *d*, с которыми скреплены спиральные пружины. Эти шестерни приводятся в движение от ведущего колеса через посредство системы зубчатых колес, показанных на чертеже. Износ спиральных пружин, вращающихся вокруг закаленных втулок *f* и *g*, как показал опыт, очень незначителен. Точно также не может быть особенно велик и износ шестерен и др. деталей. Самое серьезное внимание должно быть обращено на смазку обоих холостых зубчатых колес.

Муфта *h* приводится в движение при помощи двух гидравлических цилиндров. Уменьшая диаметр средней шестерни, можно значительно увеличить скорость маховика, который благодаря этому может быть сделан более легким. Однако, при этом средняя шестерня будет изнашиваться гораздо сильнее.

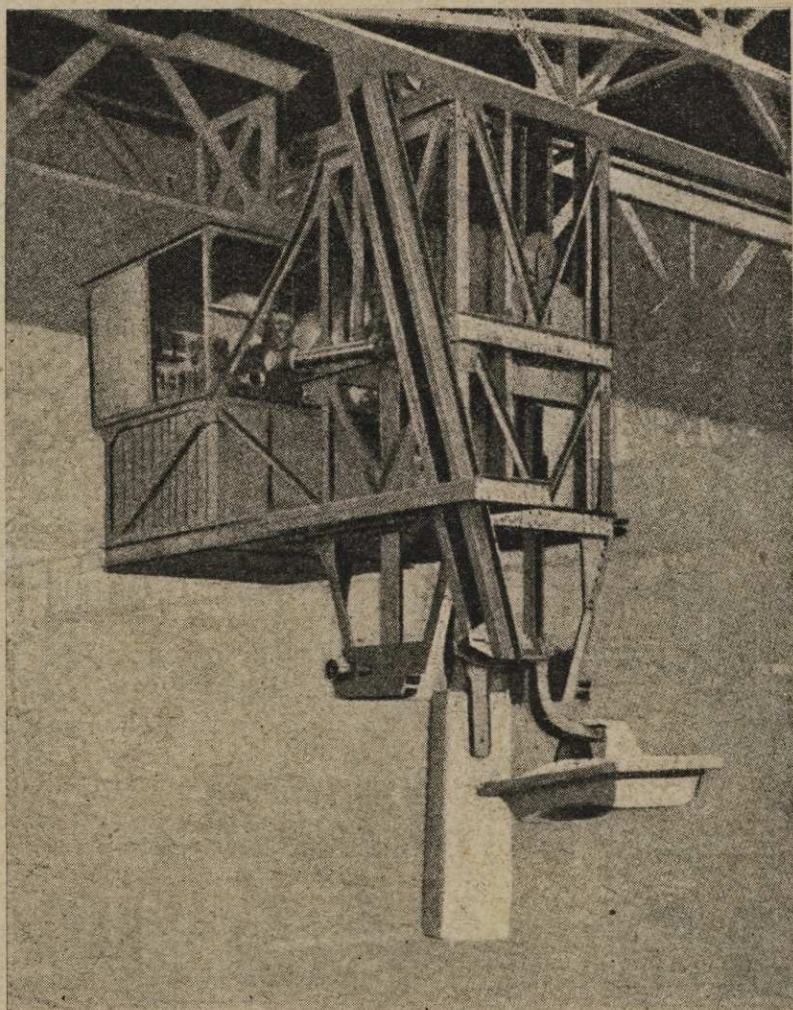
Недостатком описанного устройства является сравнительно малая надежность его. Кроме того, само по себе оно не дает возможности изменять скорость прокатного стана.

Транспортные устройства прокатных мастерских.

В прокатных мастерских, где все время приходится поднимать, транспортировать, кантовать и т. д. большие количества материала, нагретого до высокой температуры, вспомогательные устройства для этих целей играют, как это вполне понятно, чрезвычайно важную роль. В действительности эти устройства очень распространены, отличаются большим разнообразием конструкции и предназначены для ручного или механического управления. В последнем случае для привода их служит вода под давлением, сжатый воздух или электричество (гидравлические, пневматические и электрические транспортные устройства).

Обслуживание печей и томильных колодцев.—Для выемки («высадки») болванок из нагревательных и подогревательных колодцев (см. стр. 194) служат мостовые краны специальной конструкции с особыми захватами, удерживающими болванку на весу в вертикальном положении. Эти краны устроены таким образом, что они поднимают также и крышку колодца. Для этой цели служит тот же захват (обычно напоминающий клещи), при помощи которого потом производится высадка болванки, либо специальный крюк или подъемный аппарат крана. Недостаток первого способа заключается в том, что для выемки каждой болванки приходится производить краном несколько маневров, что, следовательно, связано с потерей времени. Если несколько прокатных станков должны питаться из одной батареи колодцев, то удобнее пользоваться двумя отдель-

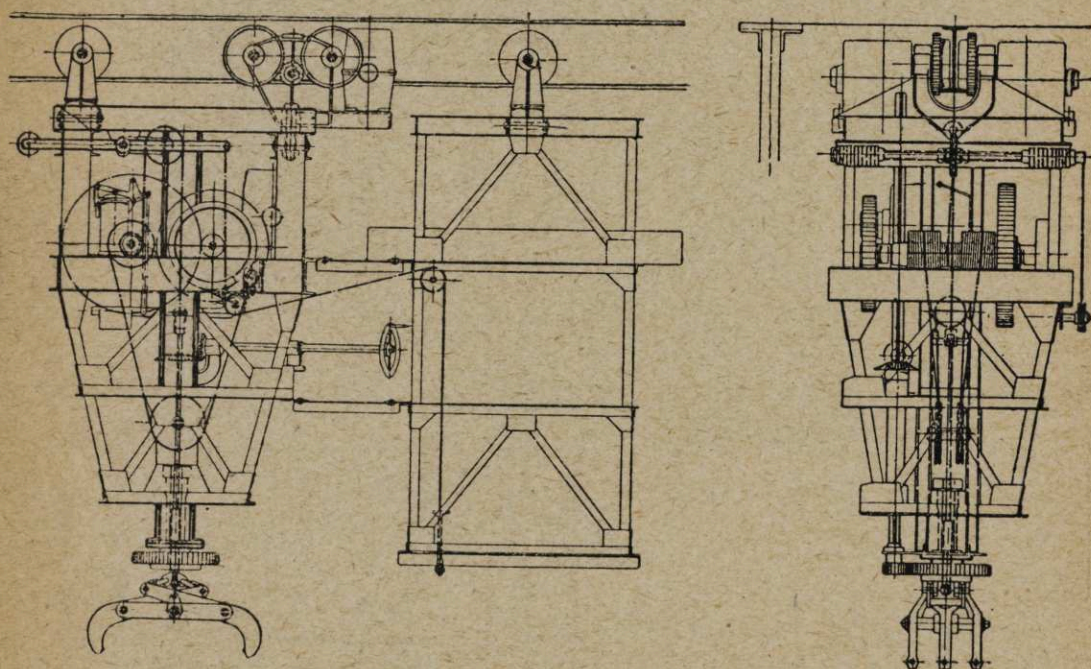
ными кранами, одним—для выемки болванок из колодца и постановки их на пол прокатной, и другим—для подачи болванок к соответствующему стану.



Фиг. 64. Кран для транспортирования слитков.

Для выемки и транспортирования болванок можно применять и обычного типа мостовые краны, снабженные висячими клещами, работающими в направляющих; однако, при этом для обслуживания крана требуется один лишний рабочий (так наз. «крышечник»), на обязанности которого ле-

жит подъем и опускание крышек колодцев при помощи особого устройства. Поэтому предпочтительнее пользоваться кранами, сконструированными специально для указанной цели. Захваты подобных кранов направляются жесткой металлической конструкцией, благодаря чему возможность качаний болванки во время транспортирования ее устранена,



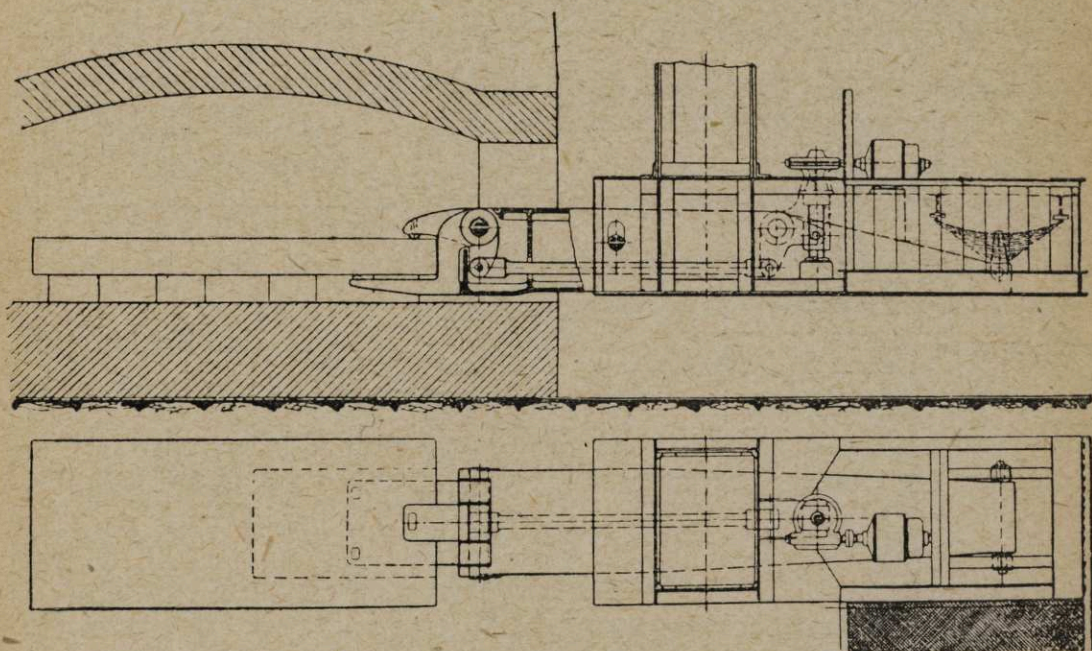
Фиг. 65. Кран для транспортирования слитков.

и самое транспортирование материала может производиться одним только крановщиком, без помощи подручных. Захват подвешен на тросе и уравновешен при помощи контр-груза. Для удержания троса на месте служит тормазное устройство. Подобный кран со специальным приспособлением для подъема крышки колодца изображен на фиг. 64.

Для транспортирования слитков к нагревательным печам применяются как вагонетки, так и мостовые краны. Последние следует предпочитать особенно для более или менее крупных мастерских, в частности—по причине нежелательности

рельсовых путей на полу прокатной мастерской. Катучие краны могут быть снабжены захватами вроде клещей (см. фиг. 65) или подъемными электромагнитами.

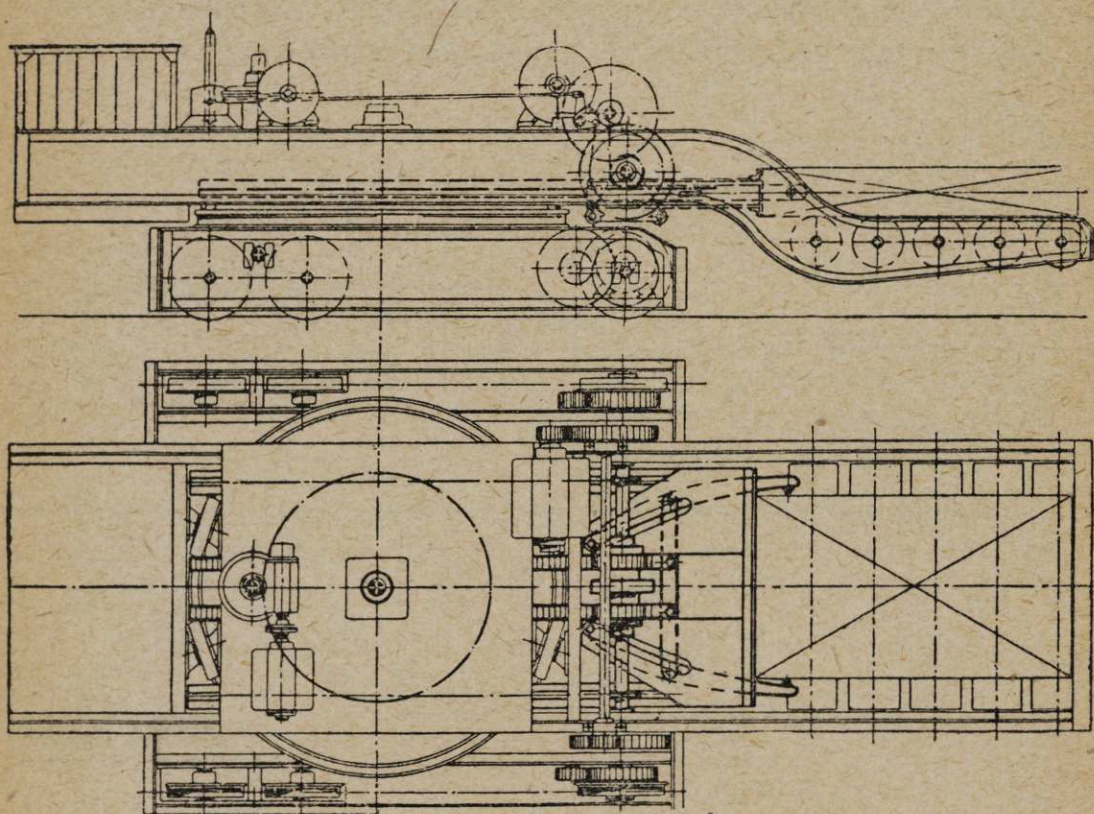
Высадка и посадка в печи крупного материала и обжатой сутунки большого профиля производится точно так же при помощи специальных кранов или вагонеток. Так как



Фиг. 66. Захваты крана для посадки сутунки.

сутунка должна захватываться краном и загружаться в печь в горизонтальном положении, то устройства для транспортирования ее должны быть снабжены клещами соответствующей формы и с возможностью движения в горизонтальном положении (шаржирные клещи). Пример крана подобной конструкции изображен на фиг. 66. Клещи или захваты этого крана сконструированы таким образом, что болванка удерживается в них действием одного лишь собственного веса, благодаря чему ее удобно сажать в печь; при этом нет надобности особенно глубоко вдвигать в печь самые

клещи крана. На фиг. 67 показана электрическая вагонетка, предназначенная для этой же цели. Шаржирное устройство делается всегда поворотным, что дает возможность обслуживать несколько станов и печей одной машиной.



Фиг. 67. Вагонетка для транспортирования и посадки сутунки.

Если болванки требуется переносить лишь на сравнительно небольшие расстояния и вес их больше 12—15 тонн, то целесообразнее пользоваться вагонеткой, так как подъемный кран получается при этом слишком громоздким и дорогим, и работа его неэкономична. При необходимости транспортирования материала на далекие расстояния иногда комбинируют различные транспортные средства, пользуясь краном—для переноски материала и вагонетками—для посадки и выгрузки его.

Упомянутые выше краны снабжаются электрическим приводом и обычно оборудованы отдельными электромоторами для движения моста, для движения тележки и, наконец, для подъема и опускания груза. Подробное рассмотрение устройства этих кранов потребовало бы слишком много места.

Катучие тележки и вагонетки применяются также для транспортирования заготовки, полупроката и проката (готового продукта) внутри прокатной мастерской. Для этой цели служат как электромагнитные краны, так и транспортные устройства других типов, в том числе и ручные вагонетки.

Легкие болванки выгружаются из сварочной печи вручную, при помощи обыкновенных больших клещей. Если к тому же прокатный стан установлен в непосредственной близости печи, то для транспортирования материала достаточен управляемый вручную поворотный или катучий кран с клещами, подвешенными на цепи.

Для посадки болванок обычных размеров в нагревательные печи часто применяются гидравлические или пневматические загрузочные устройства. Они могут состоять, напр., из подъемного стола, расположенного у самой стенки печи и поднимаемого посредством гидравлического (или пневматического) механизма, вместе с положенною на стол болванкой, до уровня нижней кромки загрузочного окна; после этого специальный проталкиватель, имеющий форму поршня и движущийся в горизонтальном направлении вдоль подъемного стола, вдвигает болванку в печь.

Оба эти движения могут быть скомбинированы при помощи другой конструкции. Она состоит в следующем. Болванка укладывается на два радиально установленных рычага, которые в своем начальном положении лежат в плоскости пола мастерской и укреплены на валу. При вращении последнего свободные концы обоих рычагов движутся вдоль двух направляющих, которые имеют форму дуг, равных каждая четверти окружности и поднимающихся от пола до

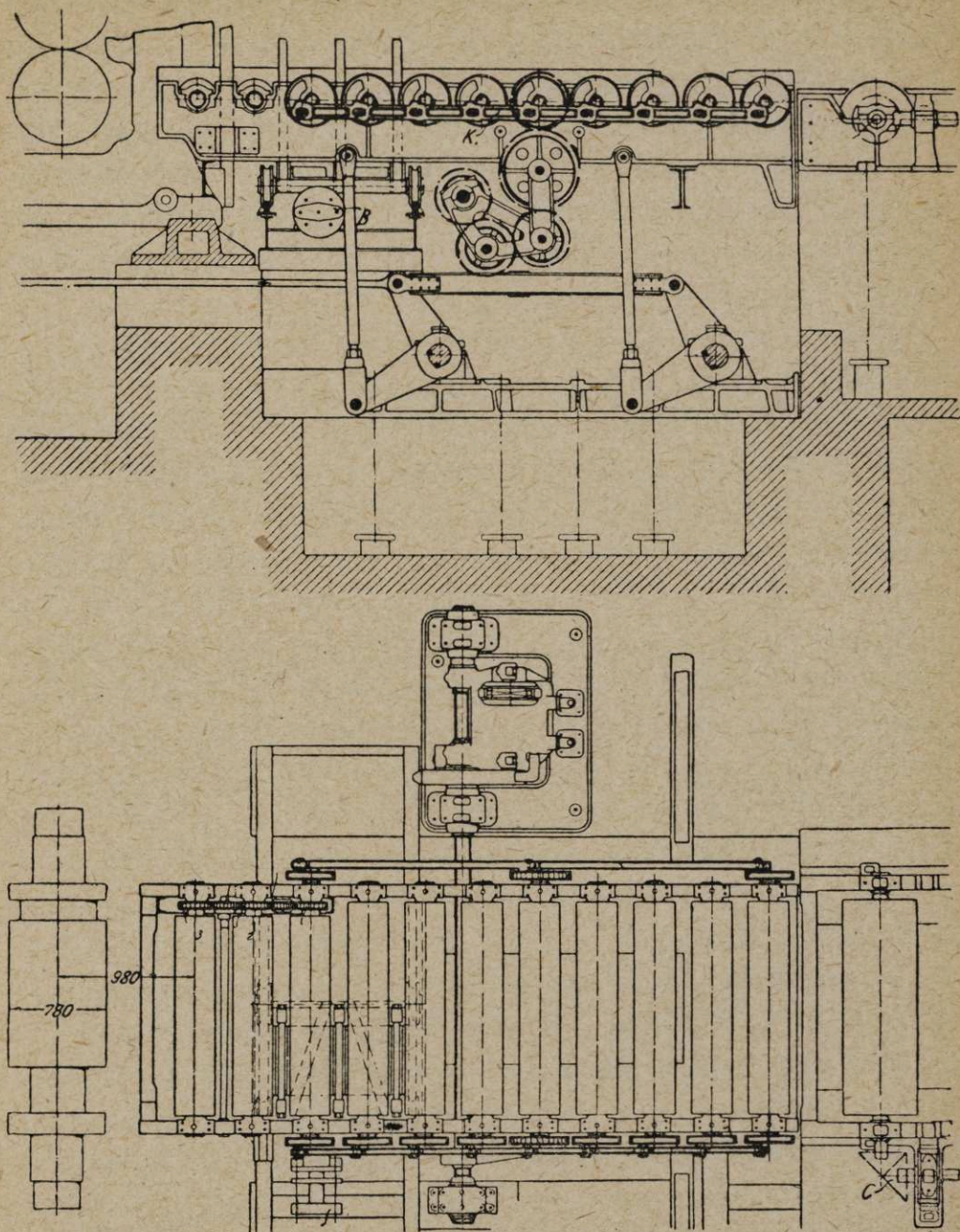
загрузочного окна печи. Таким образом, при вращении вала рычаги поднимают болванку по дуге к этому окну. Следующая болванка подвигает ее дальше вглубь печи и т. д.

Подъемные столы.—Подъемные столы применяются при станах трио—для подъема прокатываемого материала к верхней паре валков после пропуска его через нижнюю пару, а также при нереверсивных станах дуо—для подъема материала на высоту, достаточную для обратной передачи его через верхний валок (при весе болванки больше 80—100 кг).

Различают подъемные столы двух главных типов: столы, поднимающиеся целиком, и столы, лишь один конец которых (передний) поднимается и опускается, тогда как другой конец, расположенный дальше от прокатного стана, остается неподвижным. Столы последнего типа носят название качающихся (или наклонных).

Подъем и опускание стола, движущегося параллельно самому себе, могут быть осуществлены посредством подъемных цилиндров—гидравлических или пневматических—обычного устройства, либо при помощи электромотора, связанного с системой рычагов (см. фиг. 68). В случае применения подъемных цилиндров, их располагают под столом, который они поднимают, следовательно, в вертикальном направлении.

Если с каждой стороны прокатного стана находится по подъемному столу, то ими обоими можно управлять при помощи одного общего подъемного механизма. Собственный вес каждого стола уравнивается контр-грузами или, в случае столов больших размеров, при помощи гидравлических цилиндров. Самые столы отливаются из стали или из чугуна, а при большой длине изготавливаются в виде металлической клапанной конструкции. При длине более 6 м применяют балки Грея (см. стр. 224 и сл.) с надежно прикрепленными подушками для роликов. С целью облегчения подачи материала в соответствующий ручей стана



Фиг. 68. Подъемный стол, перемещающийся параллельно самому себе.

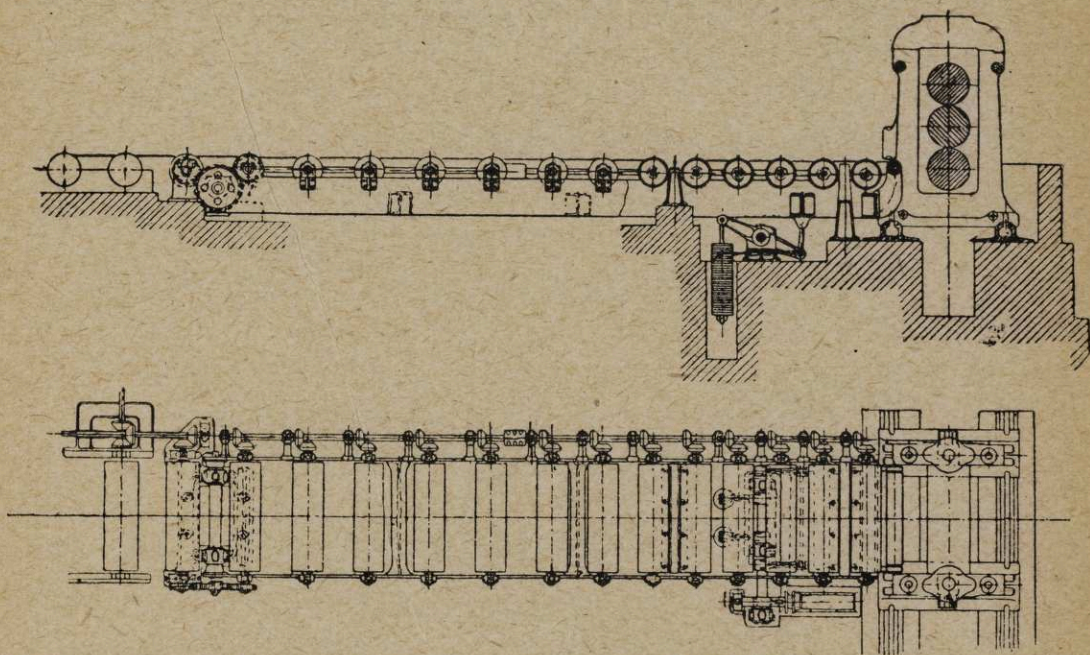
столы снабжают роликами, на которые вкатывается этот материал. Ролики подъемных столов делаются приводными или холостыми. Приводные ролики применяются для более или менее тяжелого материала, вес которого не позволяет задавать его в валки ручным способом (т.-е. качением вдоль холостых валков). Ролики без привода употребляются в легких листопрокатных станах и в черновых клетях мелко-сортных и проволочных приводов.

Подъемные столы для сравнительно легкого материала с холостыми роликами делаются довольно короткими, т.-е. лишь такой длины, которая необходима для того, чтобы вальцовщику удобно было задать материал в первый ручей (когда заготовка еще коротка). Для того, чтобы при следующих пропусках, когда полоса удлинится, задний конец ее не оказался на весу, рама стола снабжена сзади вилкообразными направляющими, между которыми катается свободный вспомогательный ролик *). В подъемных столах с холостыми роликами длина последних не равна ширине рамы стола: они состоят из нескольких коротких кусков. Такая конструкция роликов имеет целью уменьшить напряжения в них путем увеличения точек опоры. Посредством расположения зазоров между звеньями роликов в шахматном порядке устраняется опасность защемления между ними прокатываемой полосы. Подъем легких столов может производиться также при помощи каната, перекинутого через один из роликов.

В длинных подъемных столах каждый ролик идет вдоль всей ширины стола и снабжен механизмом для вращения, независимым от других роликов. Передача движения осуществляется при помощи цилиндрических или конических зубчатых колес, которые заклинены на концах осей роликов сбоку рамы стола и находятся в постоянном зацеплении с ведущими шестернями, заклиненными на общем валу (см.

*) Обычно он имеет форму стальной трубы с ребрами.

фиг. 69), либо посредством ряда коротких кривошипов, заклиненных на осях роликов и соединенных с одним общим дышлом (фиг. 68). В последнем случае стол может быть сделан более узким, нежели при передаче движения коническими зубчатыми колесами. Для избежания неудобств, связанных с остановкою дышла в мертвых точках, оси роликов

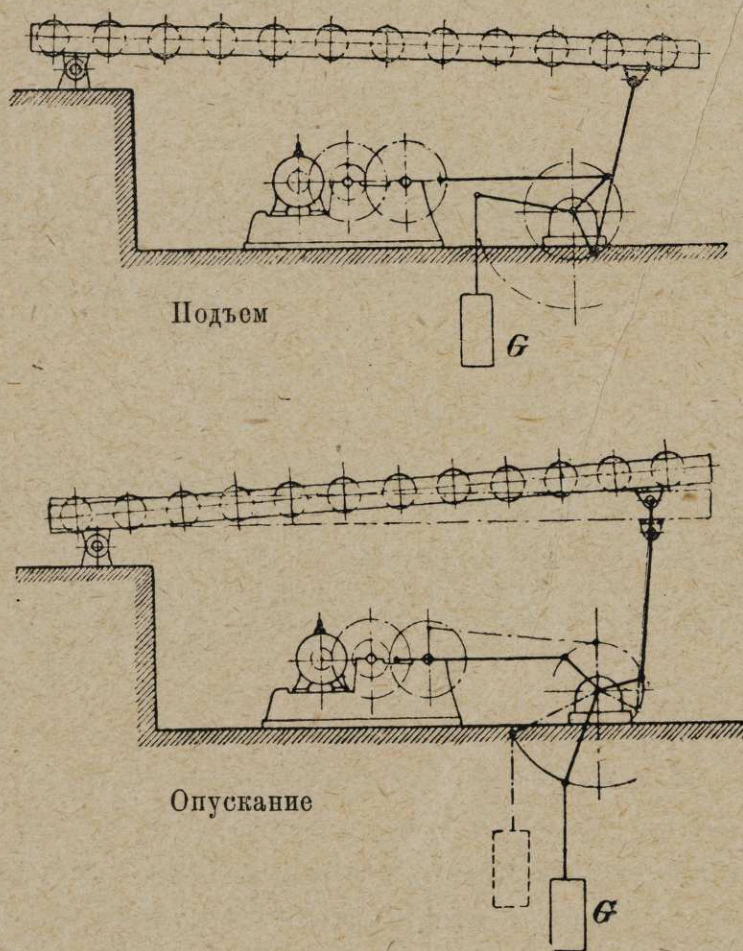


Фиг. 69. Качающийся стол.

снабжены кривошипами и дышлами с обеих сторон стола, и кривошипы одной стороны заклинены под углом в 90° к кривошипам другой.

Электромотор, который служит для привода механизмов подъемного стола, может быть установлен под ним. Однако, при таком расположении двигателя доступ к нему затруднен; кроме того, он засыпается окалиной, падающей вниз через прозоры между роликами, и сильно нагревается теплом прокатываемого материала и самого стола. Поэтому целесообразнее устанавливать двигатель на отдельном фундаменте, как показано на фиг. 68.

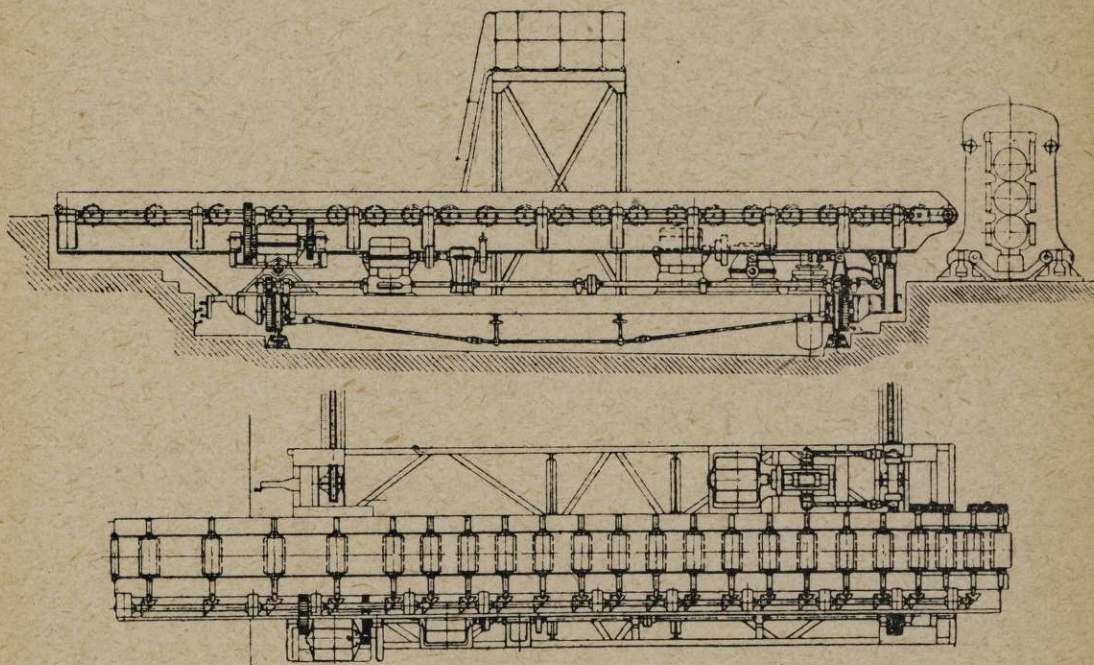
Время подъема составляет обычно от 1 до 3 сек. Мощность потребного электродвигателя $N = \frac{3G}{t}$, где G —общий вес прокатываемого материала и подъемного стола, а t —время, подъема, при условии, что G уравновешено до веса в 1000 кг.



Фиг. 70. Качающийся стол.

Качающиеся столы (см. фиг. 69 и 70) обычно длиннее столов описанной выше конструкции, т.-е. поднимающихся обоими концами. Длина качающегося стола, достигающая в некоторых случаях 12 метров, зависит от высоты подъема: опыт показывает, что наклон стола не должен

превышать 1:12 или 1:10, так как в противном случае материал не может быть подан к валкам по роликам стола, поднятого одним концом, в силу одного лишь трения. Ролики качающихся столов делаются всегда приводными. Для



Фиг. 71. Катучий подъемный стол.

привода служит электромотор, установленный близ неподвижной оси стола. Механизмы для передачи вращения роликам—такие же, как в подъемных столах с параллельным перемещением.

Подъемные столы универсальных станков снабжаются передвижными боковыми направляющими для прокатываемого материала. Для того, чтобы его можно было подавать к крану или к правильному станку с находящимися позади последнего ножницами, стол можно конструировать таким образом, чтобы задний конец его поднимался и опускался независимо от переднего,

Подъемные столы с параллельным перемещением довольно часто делаются подвижными и в боковом направлении, как изображено на фиг. 71, благодаря чему могут обслуживать несколько клетей (катучие подъемные столы). Для этого стол должен быть снабжен колесами, которые катятся по двум или четырем рельсам, проложенным параллельно прокатному стану. Для привода служат большей частью электромоторы. Контроллер для управления ими установлен на верхней площадке, откуда машинисту удобно наблюдать за ходом прокатки. Эти катучие столы обладают тем преимуществом, что позволяют уменьшить число подсобных рабочих и иметь лишь по одному рольгангу с каждой стороны прокатной линии. Недостатком подобной установки является невозможность одновременной прокатки в разных клетях одной линии.

Крышевые подъемы. — В своей простейшей форме крышевые подъемы состоят из одного или двух колес, катящихся по рельсам, подвешенным к стропилам или специальным балкам; в случае двух колес они соединены между собою осью. К колесу (или оси) прикреплена цепь, на нижнем конце которой подвешены клещи, предназначенные для захватывания материала, или особые клюшки. В отличие от обыкновенных подъемных столов, крышевые подъемы могут обслуживать несколько клетей, если производительность последних не слишком велика.

Для подъема и опускания рельс крышевого подъема применяют паровые или гидравлические механизмы, либо электродвигатели с тормазным устройством. Опорные балки в направлении прокатки делаются из рельсов или двутаврового железа, а балки, параллельные прокатным валкам, из двутаврового или U-образного железа.

Несмотря на низкую стоимость устройства крышевых подъемов, они в настоящее время применяются не особенно часто, так как требуют от вальцовщиков большой ловкости

и навыка в обращении с ними. Однако, для малых станов, а также для легких болванок (до 800 кг) пользование ими вполне уместно. При производстве сравнительно крупного масштаба необходимо иметь отдельный крышевой подъем для каждой клетки.

В большинстве случаев крышевой подъем, расположенный со стороны выхода, снабжают особым подъемным приспособлением, тогда как для крышевого подъема приемной стороны такого приспособления не требуется. Эта сторона может обслуживаться и рольгангом, так как здесь материал поднимать не приходится. Однако, такое устройство имеет свои недостатки: материал, возвращающийся обратно со стороны выхода, падает при этом на рольганг или на пол, несколько изгибаясь в направлении к последнему.

Рольганги. — Рольганг или самокат представляет собою систему роликов, которые вращаются от механического привода и вследствие трения, возникающего между ними и лежащим на них материалом, заставляют последний двигаться в желаемом направлении. По своей конструкции рольганг похож на подъемный стол, с тою, однако, разницей, что рольганги не предназначаются для подъема материала. Они применяются частью для облегчения работы самой прокатки, служа для перемещения материала к клетке или, наоборот, от нее, частью же — для транспортирования материала, напр., от нагревательной печи к стану, от одной клетки к другой, а также — для подачи прокатанного продукта к ножницам, где он разрезается на полосы определенной длины, а также и далее — к стелюгам. Таким образом, можно различать два рода рольгангов: транспортные и рабочие. Транспортные рольганги имеют обычно ширину от 400 до 800 мм в зависимости от сорта проката, между тем как ширина рабочих самокатов лишь несколько превышает длину бочки валков соответствующего прокатного стана. К более широкому рольгангу стана часто примыкает более узкий, служащий для подачи или отнosa материала.

Ширина и длина рольганга зависят соответственно от длины рабочей части прокатного вала и от максимальной длины прокатки. Если обозначить рабочую длину вала через L , то ширина рольганга $= L$ до $L + 300$ мм (в листопркатных станах). Длина рольгангов равна $\frac{2}{3}$ длины прокатки, если к роликам приводным примыкают холостые ролики, или $\frac{1}{3}$ длины прокатки при наличии подвесных путей.

Расстояние между осями роликов самоката составляет от 450 до 3000 мм.

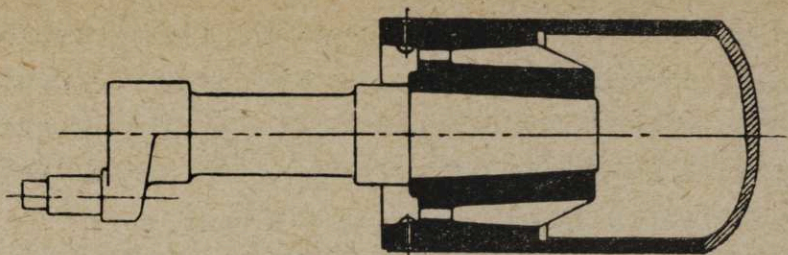
Это расстояние определяется длиной самой короткой из заготовок, подаваемых данным рольгангом, и прогибом самой тонкой из них. Практика выработала для расстояния между роликами следующие цифры:

в легких ручьевых станах	750—1250 мм
„ средних „ „	1500—2000 мм
„ тяжелых „ „	2500—3000 мм
„ средних листов. и универ. станах .	1000—1500 мм
„ тяжелых „ „ „ „ .	1500—2000 мм

Диаметр роликов, помимо требований достаточной прочности, определяется еще и тем обстоятельством, что части движущего механизма рольганга должны быть расположены ниже уровня пола мастерской. Ролики реверсивных рольгангов должны иметь, по понятным причинам, возможно малый диаметр. Обычно применяемые диаметры роликов — от 250 до 600 мм для транспортных рольгангов и от 400 до 700 мм — для рабочих.

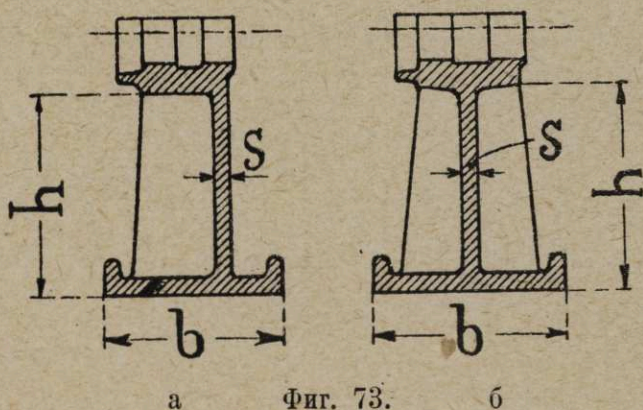
Ролики отливаются из чугуна или стали, либо изготавливаются из листового железа и трубчатых заготовок с приклепаннными или приваренными стальными торцами и втулками для осей (см. фиг. 72). Подшипники их укрепляются на продольных балках железной или стальной рамы, жестко скрепленных между собою поперечинами.

В легких рольгангах диам. подшипника до 90 мм сечение рамы имеет форму по фиг. 73а, в более тяжелых роль-



Фиг. 72. Трубчатый ролик.

гангах раме лучше придавать сечение по фиг. 73б. Размеры рам для роликов указаны в следующей таблице.



Размеры рам рольгангов.

Все размеры в мм.

Модель №	Диаметр подшипников	Чугун		Литая сталь		b
		h	s	h	s	
I	60—70	300	20	—	—	200
II	80—90	350	25	—	—	250
III	100—120	400	30	—	—	320
IV	130—150	500	40	450	25—30	360
V	160—200	600	50	550	35—40	400
VI	220 и выше	—	—	650—750	45—60	500

Ролики самоката приводятся во вращение посредством конических зубчатых колес или общего дышла, связанного с кривошинами, заклиненными на осях роликов, т.-е. так же, как ролики подъемных столов, описанных выше. Все современные рольганги приводятся от электромоторов.

Расход мощности (в кгм/сек) на привод рольганга вычисляется по формуле:

$$T = \left[f \frac{d}{D} (G \cdot m + Q) + 2Q \frac{k}{D} \right] v \quad *)$$

где f —коэффициент трения шеек ролика в подшипнике, d —диаметр шеек, D —диаметр роликов, G —вес каждого ролика, m —общее число роликов рольганга, Q —вес перемещаемого материала, k —коэффициент трения качения материала о ролики и v —скорость перемещения материала. Как показывает исследование этой формулы, второй член выражения, заключенного в квадратные скобки, настолько мал по сравнению с первым (ок. $1,5\%$), что им можно пренебречь. Полагая $f = 0,1$, мощность N двигателя (в л. с.), можно представить в виде:

$$N = \frac{T}{75 \cdot \eta} = \frac{0,1 \cdot \frac{d}{D} (G \cdot m + Q) \cdot v}{75 \cdot 0,8} = \frac{1}{600} \cdot \frac{d}{D} (G \cdot m + Q) \cdot v$$

где G и Q —в кг . Выражая обе эти величины в тоннах и принимая $\frac{d}{D} = 0,25$, получим для вычисления N формулу:

$$N = \frac{1}{0,6} \cdot 0,25 (G \cdot m + Q) \cdot v \cong 0,4 \cdot (G \cdot m + Q) \cdot v$$

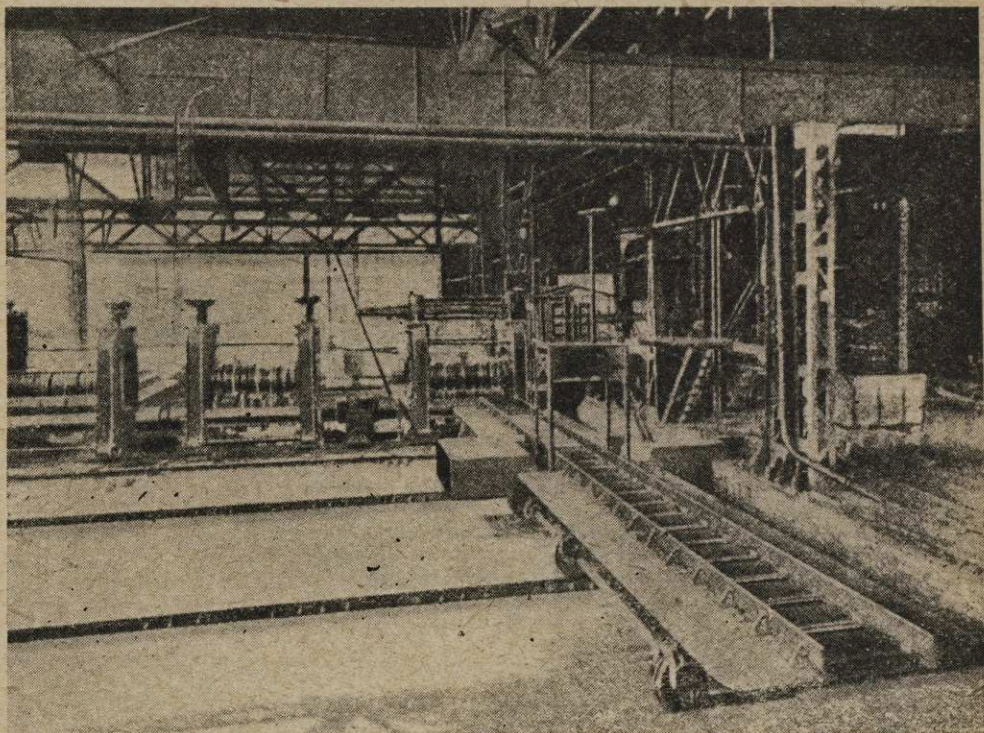
Для реверсивных рольгангов мощность должна быть увели-

$$\text{чена на } N' = 0,8 \left(\frac{G \cdot m}{2} + Q \right) \cdot \frac{v}{t}$$

где t —увеличенное время разбега в секундах.

*) Л. Б. Левенсон. Общая теория машин (1923), стр. 55—56.

Рольганги при прокатных станах устраиваются таким образом, чтобы направление вращения роликов можно было изменять на обратное. Окружная скорость последних должна быть всегда меньше окружной скорости прокатных валков



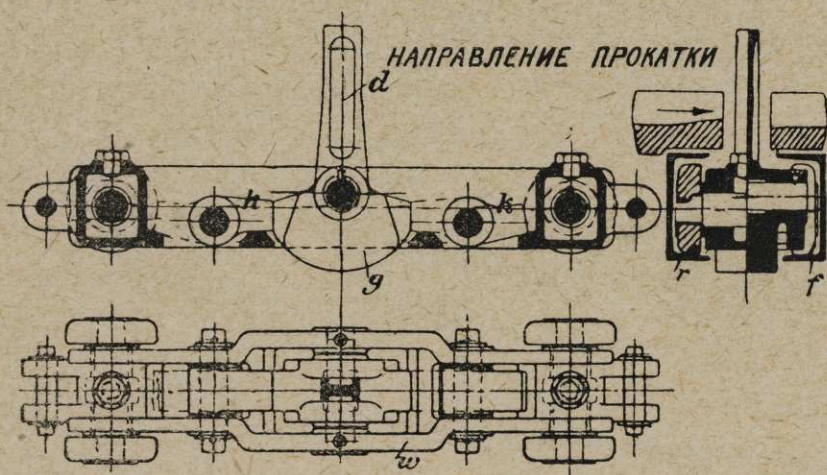
Фиг 74. Катучий рольганг.

и обычно составляет для рабочих рольгангов примерно 1,5 до 2 м/сек., для транспортных—2,5 до (максимум) 3 м/сек.

Рабочие рольганги применяются главным образом при обжимных и вообще крупносортовых станах, снабженных реверсивным устройством, где поднимать материал нет надобности, и прокатка производится лишь в одной клетѣ. В тех случаях, когда работа происходит в нескольких клетях, расположенных по одной линии, рольганг можно сделать передвижным в поперечном направлении (т.-е. параллельно линии клетей), подобно упомянутым выше катучим подъем-

ным столам. Такое устройство обходится дешевле, нежели оборудование нескольких неподвижных рольгангов. Катучий рольганг изображен на фиг. 74.

Устройства для поперечного транспортирования материала (Транспортеры).—Для перетаскивания материала с одного рольганга на другой, параллельный первому, или, что то же, от одной клетки к другой, применяют различного рода специальные устройства. Обычно для



Фиг. 75. Шлеппер (самотаска).

этой цели пользуются шлепперами (самотасками). Эти же шлеппера служат для передачи прокатанного продукта с транспортного самоката на стелюги (см. стр. 165—169), для перемещения его по стелюгам и т. д. Шлеппер представляет собою тележку из литой стали с литыми же стальными колесами r (фиг. 75), которые катятся вдоль швеллеров f , неподвижно укрепленных под настилами рольгангов, перпендикулярно к направлению прокатки. На горизонтальной оси, укрепленной в продольных балочках w тележки, сидит палец d , снабженный противовесом g . Благодаря последнему, палец d всегда автоматически становится в вертикальное положение. Щели настила рольганга, вдоль которых перемеща-

ется палец самотаски, снабжены небольшим выступом со стороны поступления материала и скосом—с другой стороны, для того, чтобы исключить возможность попадания полос в эти щели (см. фиг. 75 справа). Палец самотаски сделан качающимся, для того, чтобы при возвращении ее в исходное положение он не был остановлен полосами металла, лежащими на рольганге. В зависимости от того, в какую сторону перемещается самотаска, возвращаясь в исходное положение, откидывают одну из защелок *h* или *k*. Так, если эти защелки занимают положение, изображенное на фиг. 75, палец *d* может наклоняться лишь вправо; следовательно, это положение соответствует холостому ходу тележки влево. Подобное устройство шлеппера позволяет пользоваться им для перетаскивания материала в обе стороны. Передвижение тележек производится обычно при помощи стального троса, который навивается на канатные шкивы или барабаны (диам. 800—1000 мм), укрепленные в конечных точках пути шлеппера. Один из этих барабанов должен быть снабжен натяжным устройством.

Если шлеппер предназначен для транспортирования материала на сравнительно значительное расстояние, т.-е. длина его пути велика, то один конец вала барабана снабжают квадратной резьбой, которой соответствует такая же нарезка на внутренней поверхности подшипника этого конца, так что по мере навивания троса на барабан последний перемещается в направлении, параллельном своей оси. Благодаря такому устройству положение троса относительно тележки шлеппера остается неизменным в отличие от того, что имело бы место при обычной конструкции барабана. Устройство канатных шкивов, креплений троса и пр. в различных конструкциях различно. Для привода служит электромотор с передачей того или иного устройства.

Скорость самотасок составляет для тяжелых материалов, которые должны транспортироваться от одной клетки к другой

от 1 до 1,2 *м/сек.* Для более легкого готового проката максимальная скорость составляет обычно 3 *м/сек.* Шлеппера, обслуживающие теплые стелюги, перемещаются со скоростью от 1,5 до 2 *м/сек.* Число тележек выбирается сообразно с длиной прокатываемого материала.

Мощность двигателя для привода самотаски описанного устройства составляет: $N = 10 \cdot G \cdot v$, где G —вес перемещаемого металла в тоннах, v —скорость перемещения в *м/сек.*

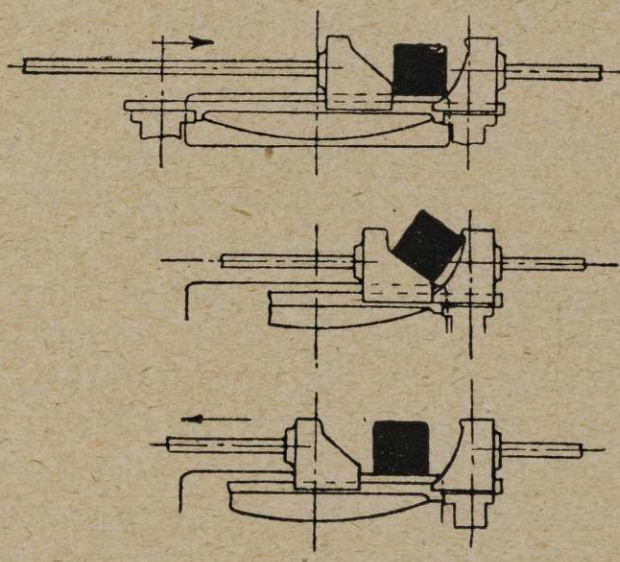
Следует упомянуть, что описанные выше катучие подъемные столы и рольганги служат также для поперечного перемещения материала во время самой прокатки, т.-е. для передачи его от одного ручья к другому.

Кантовальные приспособления.—Для того, чтобы во время прокатки поворачивать болванку на ребро—кантовать материал—перед пропуском ее через следующий ручей, применяют различного рода специальные приспособления. Болванки сравнительно малых размеров кантуют вручную при помощи клещей и ломов, кантовка более тяжелых болванок производится посредством автоматически работающих устройств.

Для тяжелого и короткого материала целесообразно пользоваться кантовым приспособлением (кантером), изображенным на фиг. 76. Благодаря тому, что одна из челюстей этого приспособления наклонена к горизонтальной плоскости под большим углом, нежели другая, после раздвигания челюстей болванка ложится на рольганг или стол той своей гранью, которая раньше занимала вертикальное положение. При работе этого приспособления болванка кантуется постоянно в одну и ту же сторону. При помощи этого же устройства, сообщая его челюстям соответствующее движение, болванку можно передавать от одного ручья к другому. Перемещение челюстей производится при помощи жестко соединенных с ними штанг, которые являются в то же время штоками поршней двух гидравлических цилиндров, распо-

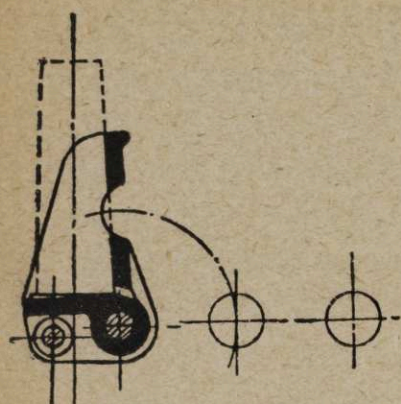
женных с обеих сторон приспособления. Для перемещения челюстей напорную воду подают в один или другой цилиндр, либо в оба одновременно.

Поворачивание и перемещение материала можно производить также при помощи вилки с несколькими (напр., тремя) пальцами или ударниками, которые могут быть вдвигаемы



Фиг. 76. Приспособление для кантования болванки
(Манипулятор).

снизу вверх между роликами самоката. Для того, чтобы перекантовать болванку, устанавливают вилку таким образом, чтобы ее пальцы пришлись под одним из нижних ребер болванки, и затем подают вилку кверху; при этом болванка поворачивается около другого ребра. Для того, чтобы передать болванку к следующему ручью, захватывают ее сбоку пальцами вилки, которая при перемещении будет тащить за собою и болванку. Во время прокатки вилку опускают вниз настолько, чтобы пальцы ее не выступали выше роликов самоката. Для привода этого устройства применяются точно так же гидравлические цилиндры с поршнями.



Фиг. 77. Опрокидыватель.

Опрокидыватели.—Опрокидыватели служат для приема горячих болванок, подвешенных к крану в вертикальном положении, и для укладки их на рольганг, ведущий к прокатному стану. Устройство опрокидывателя изображено на фиг. 77. Справа показаны ролики самоката. В боковых стенках люльки опрокидывателя сделаны полукруглые выемки, соответствующие первому ролику.

Управление опрокидывателем производится при помощи гидравлического механизма или электромотора *).

*) При листопрокатных станах опрокидывателей обычно не бывает, так как тяжелая листовая болванка выгружается из печей плашмя (специальными выгрузочными кранами) и в этом же положении укладывается краном на рольганг или подъемный стол стана.

Вспомогательные машины прокатных мастерских.

Для того, чтобы превратить прокат, вышедший из стана, в совершенно готовый продукт, т.-е. в товар, который может быть выпущен в продажу, он должен быть подвергнут еще целому ряду таких дополнительных отделочных операций, как правка, обрезка концов или нарезка на «мерные» куски определенной длины и ширины (полосы, листы), строжка кромок листов и т. д. При прокатке болванки на заготовку, которая должна впоследствии прокатываться на различные профили, необходимо получать заготовку по возможности одинаковой длины. Поэтому каждая прокатная мастерская должна быть оборудована целым рядом вспомогательных машин и устройств. Важнейшими из них являются: стелюги, вытяжные станки, правильные станки, правильные вальцы, а также ножницы, горячие и холодные пилы.

Стелюги служат для приема готового проката, прошедшего чистовую линию; на стелюгах материал остывает перед тем, как поступить в отделку. Существуют стелюги двух главных типов: на одних материал только лежит и остывает («теплые» стелюги), другие автоматически перемещают уложенный на них материал в известную сторону («холодные» стелюги).

Стелюги первого рода обслуживаются либо тележками, похожими на изображенную на фиг. 75 и работающими обычно в две группы, либо кранами. В первом случае одна группа тележек подает материал на стелюги, в то время,

как вторая группа перегружает его со стелюг на рольганг, расположенный на другой стороне их.

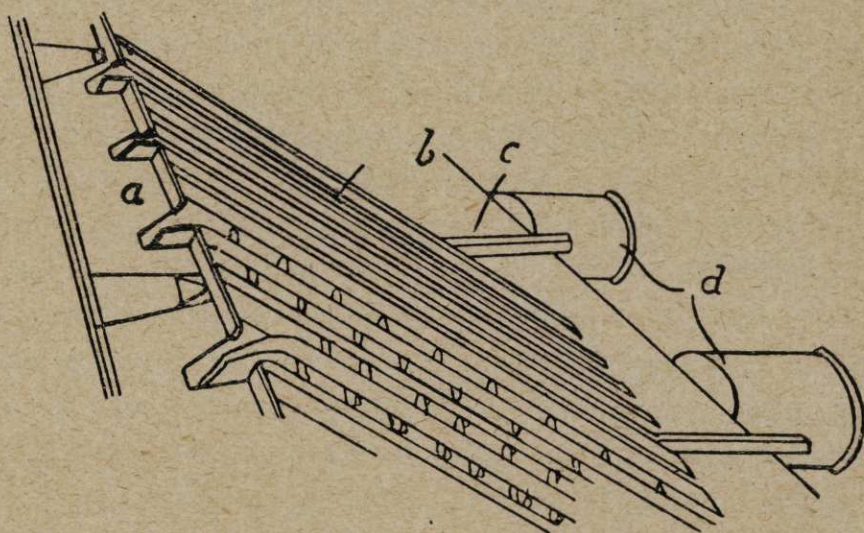
Стелюги представляют собою ряд железных брусьев или рельсов, уложенных на двутавровых балках параллельно швеллерам, вдоль которых катятся колеса тележек (ср. фиг. 75). Верхние грани брусьев лежат приблизительно на 40 мм выше полок швеллеров и прикреплены к двутавровым балкам таким образом, что могут свободно удлиняться при нагревании. Концы их несколько отогнуты вниз, что облегчает транспортирование материала. Двутавровые балки уложены примерно на 200 мм выше пола, благодаря чему воздух лучше омывает остывающее железо.

Вместо указанного транспортного устройства можно пользоваться также обыкновенными тележками, которые катятся под обслуживаемыми ими рольгангом и стелюгами и допускают некоторое перемещение вверх и вниз. Для того, чтобы материал, лежащий на рольганге, перенести на тележки, их приподнимают, причем материал остается лежать на тележках, не касаясь роликов самоката; затем тележки подъезжают к стелюгам и снова опускаются вниз, оставляя, таким образом, материал на стелюгах.

Краны применяются для транспортирования лишь тяжелых сортов проката.

Автоматические (самотасочные) стелюги применяются для обслуживания быстроходных мелкосортных станков. Подобно стелюгам, описанным выше, они располагаются между двумя транспортными рольгангами, но отличаются от первых тем, что передают материал с одного рольганга на другой автоматически. Для этой цели применяются весьма разнообразные конструкции. В одной из них каждый второй брус качается вверх и вниз и в то же время несколько перемещается и в продольном направлении. Это движение осуществляется при помощи пары эксцентриков, расположенных близ концов бруса. При таком эксцентрическом дви-

жении брусьев стелюг лежащий на них материал приподнимается и немного подается вперед. Когда качающиеся брусья опускаются вниз, материал остается лежать на неподвижных брусьях; при следующем качательном движении подвижных брусьев материал снова несколько передвинется вперед, и т. д. Для того, чтобы стелюги могли принимать материал с рольгангов, концы брусьев должны заходить под них, как это

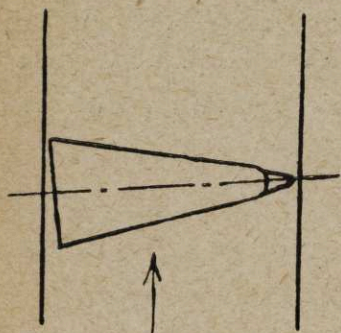


Фиг. 78. Стелюги Моргана.

ясно из сказанного выше. Размах качаний подвижных брусьев должен быть, очевидно, таков, чтобы при верхнем положении их материал не касался роликов самоката.

Стелюги часто строятся наклонными и конструктивно связываются с обслуживаемыми ими транспортными или правильными устройствами. Пример такого устройства, сконструированного фирмой Morgan Construction Co (стелюги Моргана), представлен на фиг. 78. Оно состоит из верхнего самоката *a*, правильного станка, наклонных стелюг *b*, стола *c* для приема железа и самоката *d*, передающего материал к ножницам. Ролики самоката *a* имеют форму конуса и расположены таким образом, что верхняя образующая их го-

ризонтальна, а оси их, сверх того, несколько наклонены к раме самоката (см. фиг. 79). Вследствие этого транспортируемая полоса или прут железа держится ближе к большему

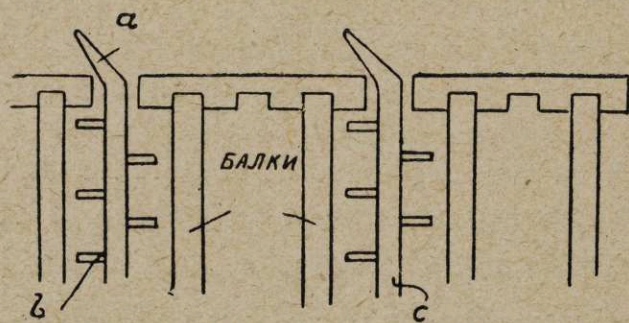


Фиг. 79. Деталь стелюг Моргана.

торцу роликов (к основанию конуса) и поэтому движется вперед с большой скоростью. Для того, чтобы быстро остановить полосу на расстоянии около полуметра от конца стелюг (станы высокой производительности выпускают полосы материала с промежутками всего в несколько секунд), ее передвигают к меньшему торцу роликов, окружная скорость которых меньше. Это производится путем изменения положения роликов относительно полосы. Возле

меньших торцов роликов сделаны выточки, в которые соскальзывает полоса, после чего ролики снова переводят в первоначальное положение.

Самые стелюги наклонены к горизонту под углом в 30° и в плане имеют вид, показанный на фиг. 80; *c* — литые валы, лежащие обоими концами в подшипниках и снабженные пальцами *b*,



Фиг. 80. Деталь стелюг Моргана.

вставленными в эти валы в зигзагообразном порядке. Валы *c* приводятся в качательное движение, причем концы их *a* приподнимают полосу железа, лежащую на самокате, над роликами и заставляют ее соскользнуть вниз, к первым пальцам, которые задерживают дальнейшее скатывание полосы по стелюгам. Когда валы *c* повернутся дальше (на

угол несколько больший 90°), железо начнет скользить вниз, но вскоре будет остановлено вторыми пальцами валов. В то же время концы α этих валов опустятся под раму рольганга, чтобы снять с него следующую полосу металла.

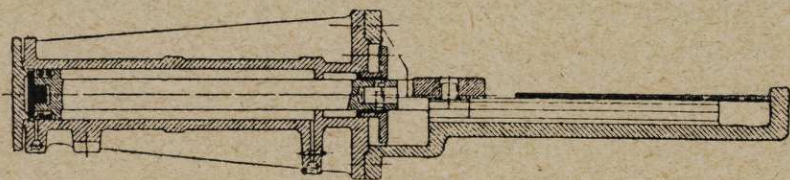
Таким образом железные полосы постепенно скатываются по стелюгам и, наконец, собираются на столе c (фиг. 78). Когда на последнем соберется известное число полос, их сдвигают на рольганг d , передающий их к ножницам.

Если, как это иногда бывает, железо нужно передать по наклонным стелюгам с более низкого на более высокий горизонт (следовательно, в направлении, противоположном описанному выше), то для этого применяют качающиеся брусья, работающие так же, как в упомянутых выше горизонтальных стелюгах. Для того, чтобы полосы не соскальзывали обратно вниз, как неподвижные, так и качающиеся брусья снабжены вертикальными штырями, которые могут откидываться на шарнире в сторону подъема стелюг, благодаря чему подъем железных полос вверх происходит совершенно свободно. Напротив, в противоположном направлении, т.-е. в сторону ската стелюг эти штыри наклоняться не могут. В остальном перемещение проката производится на этих стелюгах точно так же, как на горизонтальных.

Назначение вытяжных станков состоит в том, чтобы вытягивать прокатанное железо и таким образом выпрямлять—править—готовые полосы. Они часто комбинируются, как уже было сказано, с теплыми стелюгами и представляют собою настил, на котором лежит прокатанная полоса, в то время, как два захвата, расположенных близ концов настила, зажимают концы полосы и при помощи гидравлического или механического устройства (ременного привода) приводятся в движение в противоположные стороны. При этом полоса растягивается и почти совершенно выпрямляется.

Правильные станки.—Правка (рихтовка) кромок полос универсального железа и сутунки (см. ниже—«Клас-

сификация прокатных материалов») производится в горячем состоянии посредством прижимания их к правильной линейке, длина которой равна длине прокатанной полосы. Линейка прикреплена к основной плите станка или составляет одно целое с ней; как линейка, так и основная плита отлиты из чугуна и простроганы. По направлению к линейке, неподвижно укрепленной вдоль одной стороны основной плиты станка, движется ряд правильных штемпелей, каждый из которых может быть прижат к кромке полосы или сутунки при помощи, напр., плунжера соответствующего гидравлического



Фиг. 81. Поперечный разрез правильного станка для сутунки.

цилиндра (см. фиг. 81). Для того, чтобы каждый из штемпелей можно было перемещать независимо от остальных, число гидравлических цилиндров должно быть, очевидно, равно числу штемпелей. При правке широких и тонких полос выпучивание материала предупреждается посредством прижимания полосы к основной плите, на которой она лежит своей широкой гранью. Для этой цели служат особые придержки. Правку можно производить также и ручным способом, проколачивая полосу балдами. В этом случае правильный станок состоит из одной лишь основной плиты с неподвижной линейкой.

Для транспортирования сутунки и полосового железа к правильному станку применяется часто пара роликов, из которых нижний приводится во вращение от привода и укреплен так, что высота его остается неизменной, а верхний является холостым и допускает перемещение по высоте.

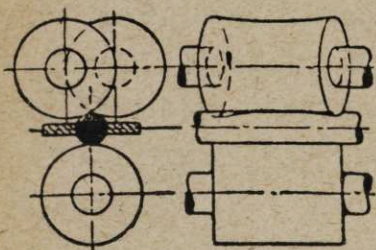
Таким образом, верхний ролик увлекается в движение лишь силою трения о поверхность транспортируемого материала. Подобные же устройства применяются также для транспортирования квадратного и круглого железа к охлаждающим цистернам и для очистки проката от окалины. В этом случае на поверхности роликов бывают обычно проточены желобки.

Правильные машины.—Существуют различные типы правильных машин. Тонкую проволоку, которая наматывается в виде бунта и таким образом является изогнутой лишь в одной плоскости, можно, как известно, править путем протаскивания ее между двумя рядами штырей, зигзагообразно укрепленных на доске в надлежащем расстоянии один от другого. По этому же принципу построены и многие правильные машины, с тою лишь разницей, что в них штыри заменены роликами, относительное положение которых можно регулировать.

Правка круглого железа мелких размеров (диаметром до 25 мм) производится при помощи роликовых правильных машин. Круглый прут заводится в машину так, что попадает между роликами, относительное положение которых можно устанавливать сообразно диаметру материала. Ролики расположены с обеих сторон прута и укреплены в особой головке, которая приводится во вращение вокруг выправляемого круглого прута. Последний подается вперед при помощи двух расположенных впереди головки вращающихся катков, на ободе которых проточены канавки соответствующего профиля. Если сблизить оси этих катков, они захватят прут и будут протаскивать его сквозь головку.

Круглое железо более крупных диаметров, равным образом и трубы, выправляются в так наз. правильных вальцах или рилинг-машинах, между двумя вращающимися роликами или валками которых пропускается выправляемый материал (см. фиг. 82). Как показано на рисунке, ось одного ролика лежит в той же плоскости, что и ось круглого прута,

тогда как ось другого ролика лежит в плоскости, параллельной оси прута, но не параллельна последней, а составляет с нею некоторый угол. Кроме того, боковая поверхность верхнего установленного косо ролика сделана несколько вогнутой. Благодаря тому, что оси обоих роликов не параллельны, при вращении последних круглый прут не только автоматически подается вперед, но одновременно также вращается вокруг



Фиг. 82. Схема роликового правильного стана.

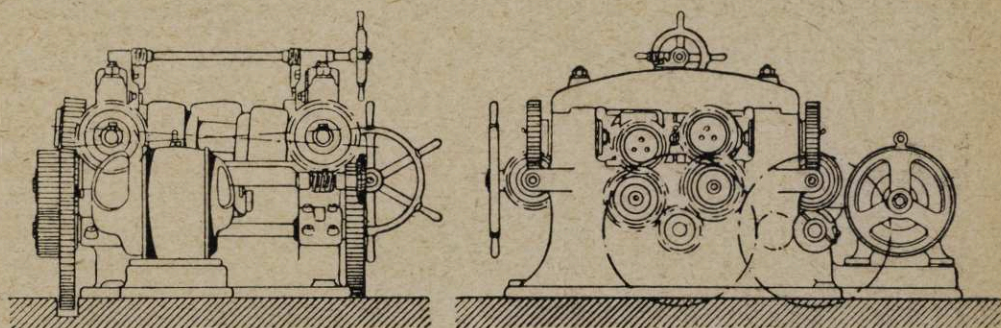
своей оси и при этом выпрямляется. Для того, чтобы рилинг-машиной можно было пользоваться для правки проката различных диаметров, ее ролики допускают установку своего относительного положения соответственно диаметру прута. Встречаются рилинг-машины аналогичной конструкции также с тремя роликами. Далее, оба ролика могут быть

установлены в машине параллельно оси выправляемого прута.

Ролики или валки простых правильных вальцев делаются обычно одинаковыми и поверхность каждого из них имеет гиперболоидальную форму. С целью усиления выпрямляющего эффекта машины один из двух валов ее может быть снабжен двумя валками, заклиненными на некотором расстоянии один от другого, причем в этом случае валок на второй оси располагается посередине между ними, т.-е. как раз против той части вала, которая находится между обоими первыми валками. Рилинг-машина подобной конструкции, изображенная на фиг. 83, применяется большей частью для правки труб.

Оси валков лежат в подшипниках, которые допускают перемещение в горизонтальном направлении вдоль направляющих станины. Последняя под валками имеет форму корыта, которое может быть наполнено водою или маслом, так, чтобы нижние части боковой поверхности валков были погружены в жидкость. Установка подшипников в надлежащем

положении производится при помощи ходовых винтов, связанных между собою таким образом, что при любом положении винтов оси валков находятся на одинаковом расстоянии от середины машины. Для направления материала между валками, рилинг-машина снабжена специальными—так наз. полировочными—брусками или планками—железными, бронзо-

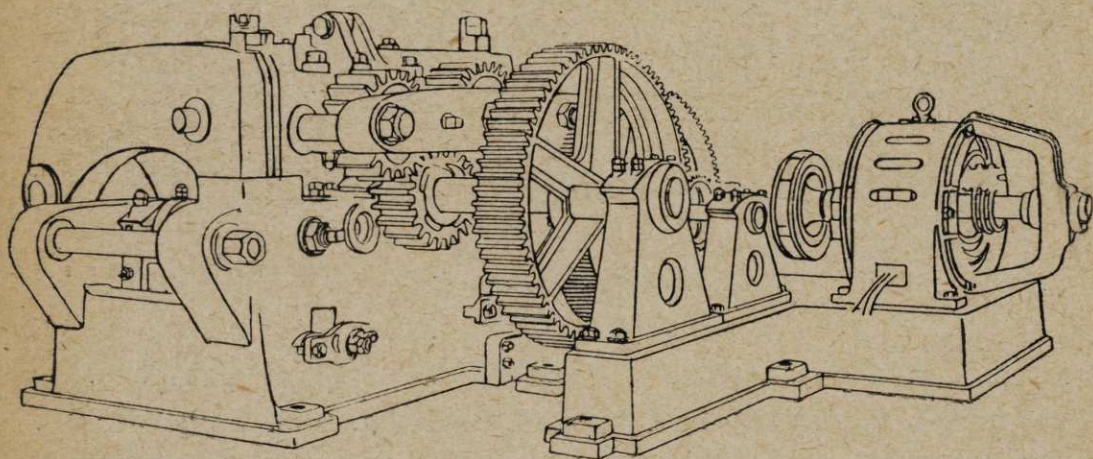


Фиг. 83. Роликовый правильный стан
(Рилинг-машина).

выми или деревянными, в зависимости от рода рихтуемого материала и внешнего вида, который он должен иметь после правки. Эти направляющие бруски могут быть устанавливаемы точно таким же образом, как подшипники валов машины, но не в горизонтальном, а в вертикальном направлении. Обе установки производятся вручную при помощи червячных передач. Заклиненные на первой оси валки точно так же допускают установку вдоль нее; это позволяет изменять расстояние между ними соответственно толщине материала, который должен быть подвергнут обработке. Вместо передач зубчатыми колесами, установленными на самой машине, как изображено на фиг. 83, в настоящее время переходят все больше (особенно это относится к тяжелым рилинг-машинам) к устройствам с отдельной шестеренной клетью, как в обычных конструкциях прокатных станков.

Рилинг-машины служат не только для правки прокатных материалов, но также для удаления с них окалины и при-

дания им лучшего внешнего вида. Этими машинами пользуются, кроме того, для устранения неровностей на поверхности круглых прокатных материалов и выправки профиля их с целью получения более точного диаметра, что особенно важно в тех случаях, когда материал предназначается для обработки на револьверных станках или автоматах, и поэтому отклонения диаметра его от нормального должны лежать в довольно узких пределах. Эти машины очень пригодны



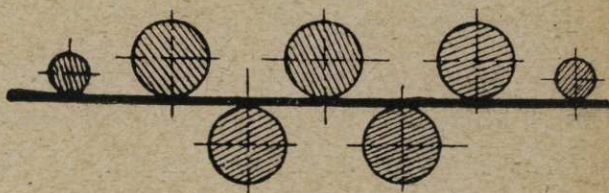
Фиг. 84. Правильная машина для фасонного железа.

и для обработки трансмиссионных валов, которые под влиянием давления валков сильно обжимаются по поверхности и благодаря этому впоследствии лучше противостоят износу. Наконец, эти вальцы находят применение и для отделки и полировки качественных материалов и металлических прутков.

Для правки фасонного железа применяют чаще всего правильные машины с горизонтальными переставными роликами, расположенными в два ряда—один над другим. В некоторых конструкциях этих машин оси роликов лежат в выносном подшипнике, в других конструкциях выносных подшипников нет. Обычно роликов пять; из них два—в нижнем ряду, три

остальных—в верхнем. Машина подобного типа изображена на фиг. 84. Верхние ролики ее лежат в откидной крышке (головке) станины, что облегчает замену их на ролики других профилей. Принудительное вращение от привода сообщается лишь верхним роликам.

Правка листовых материалов производится в машинах приблизительно такой же конструкции, с тою лишь разницей, что число роликов в этом случае обычно равно семи (см. фиг. 85). Выпрямление листа осуществляется тем, что каждый из роликов несколько отжимает лист вверх или вниз; при этом мелкие выпуклости и впадины, которые могут быть на листе после прокатки, выравниваются. Верхние ролики можно опу-



Фиг. 85. Расположение роликов в листопрямильных вальцах.

скачать или поднимать все вместе; оба крайних ролика допускают, кроме того, независимую установку по высоте.

Правильные прессы применяются для рихтовки крупносортового проката—круглого, фасонного, балок и пр. Предназначенные для этой цели прессы по своей конструкции сходны с обыкновенными открытыми эксцентриковыми прессами и отличаются от них лишь гораздо более широким столом, снабженным по концам двумя роликами, которые служат опорами для выпрямляемой полосы или балки и вместе с тем облегчают подвигание материала вперед. Полосу (прут, балку и пр.) кладут на ролики и подвергают давлению салазок прессы; при этом возможные отклонения полосы от прямой линии уничтожаются и таким образом полоса выпрямляется. Для того, чтобы эффект давления, производимого прессом, возможно было регулировать соответственно большей или меньшей величине искривления полосы в ее различных местах, салазки опускаются не до самой поверхности про-

катанной полосы: между последней и салазками вставляют кусок железа такой толщины, чтобы при нажатии на него салазок пресса кривизна полосы исчезла. Салазки либо движутся вверх и вниз непрерывно, либо допускают выключение после каждого хода вниз, что дает возможность держать их прижатыми к железу.

Так как при этом способе правки каждое искривление полосы приходится выправлять отдельно, и даже независимо от этого, работа на машинах этого типа отнимает много времени, правильные пресса постепенно все больше вытесняются рилинг-машинами.

Н о ж н и ц ы. — Резка проката на концы определенной длины производится при помощи ножниц или пил. Преимущество первых заключается в том, что резка материала не сопровождается потерей его, и самая работа выполняется скорее, нежели на пилах. С другой стороны, при употреблении для указанной цели пил, плоскость разреза получается более чистой и составляет с осью полосы угол более близкий к прямому, чем при резке на ножницах; кроме того, в этом случае поверхность разреза почти свободна от грата. Особым достоинством пил является малая (сравнительно с ножницами) площадь пола, которую они занимают в мастерской, и более низкая стоимость их.

Резка листовых металлов производится всегда на ножницах.

В прокатных мастерских применяются ножницы преимущественно следующих двух типов: рычажные (или аллигаторные) и параллельные (или гильотинные). Кроме того, в прокатных мастерских встречаются также ножницы некоторых специальных конструкций, которые не могут быть отнесены к указанным двум основным типам этих машин.

Рычажные ножницы в настоящее время применяются редко и пригодны для резки лишь более мелких профилей, так как обладают сравнительно малым раскрытием (зевом).

Чаще всего эти ножницы располагают в непосредственной близости от клетки прокатного стана и пользуются ими для обрезки смятых или «размочаленных» концов проката. Рычажные ножницы должны быть устроены так, чтобы давать возможность производить на них около 120 резов (ходов) в минуту.

В параллельных ножницах верхний (или нижний) нож движется, как показывает само название этой машины, оставаясь параллельным самому себе. Лезвие подвижного ножа составляет обычно небольшой угол с лезвием неподвижного ножа, следовательно, углубляется в металл не сразу всей длиной, а постепенно; благодаря этому резание металла производится такими ножами легче, нежели ножами с параллельными лезвиями.

Для отрезки концов нагретых докрасна слитков применяются ножницы как открытые (у которых зев с одной стороны открыт, так что слиток можно заводить между ножами сбоку), так и закрытые. Ножницы последнего типа монтируются на двусторонней станине и благодаря этому отличаются большей устойчивостью; зато эта конструкция не позволяет заводить материал в зев машины сбоку. Поэтому ножницы закрытого типа применяются для резки только очень толстых материалов. В прокатных мастерских можно встретить также горизонтальные («лежачие») ножницы, подвижной нож которых перемещается в горизонтальном направлении. Однако, никакими особыми преимуществами подобные ножницы не обладают, отличаясь вместе с тем более сложной конструкцией, нежели параллельные ножницы обычного типа, т.-е. с вертикальным движением ножа.

В ножницах для обрезки концов слитков и заготовки часто делают подвижным не верхний нож, а нижний. Это объясняется тем, что при первой конструкции рольганг, расположенный позади ножниц, должен быть сделан подъемным, т.-е. должен допускать подъем до уровня зева и опускание

ниже его, либо должен быть уложен ниже подводящего рольганга. Дело в том, что при резке проката на ножницах верхний подвижной нож их тащит за собою отрезанный кусок металла вниз, так что последний оказывается при этом ниже той горизонтальной плоскости, в которой лежит остающаяся часть полосы или листа. Величина этого перемещения отрезанного конца зависит от толщины материала.

Для резки балок и т. под. сортов проката применяются ножницы сходных конструкций. В том случае, когда резка различных профилей производится при помощи одной и той же пары ножей, применяют ножницы на двухсторонней станине.

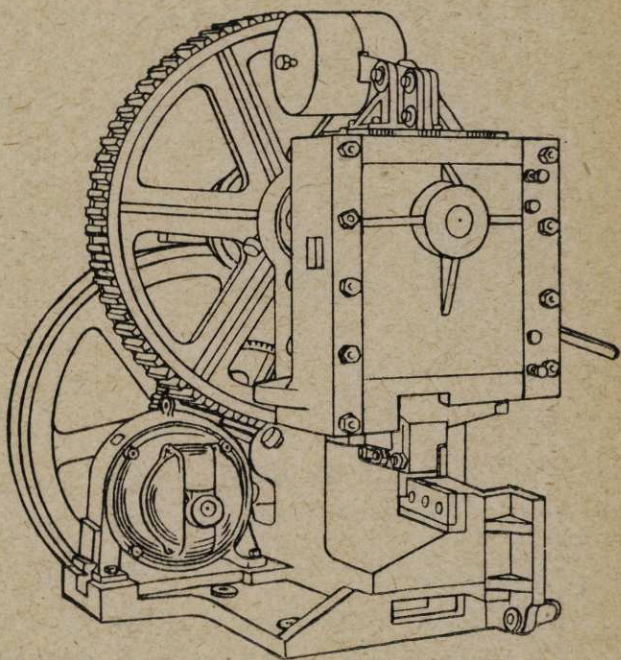
Для резки сортового и универсального железа, сутунки, железных шпал и пр., а также для разрезки листов на узкие полосы и мелкие куски (скрап) обычно пользуются ножницами на односторонней станине. Форма лезвий ножей для резки шпалового железа и т. под. сортов проката совпадает с профилем соответствующего сорта. Резка балок производится иногда таким образом, что стенка и полки разрезаются каждая в отдельности.

Листовые ножницы, предназначенные для обрезки одних только кромок, строятся открытыми. Напротив, для резки листов на части более удобны ножницы на двухсторонней станине.

На фиг. 86 изображены ножницы, предназначенные для резки квадратного материала стороной до 3"—в холодном состоянии или до 5"—в горячем состоянии. Нож этой машины укреплен в длинных подвижных салазках станины. От вращающегося кривошипа движение передается салазкам посредством шатуна или кулисного камня, который скользит вдоль паза, профрезерованного в салазках.

Если ножницы предназначены для резки заготовки на куски определенной длины, то конструкция их должна быть такова, чтобы после каждого хода нож останавливался в своем верхнем положении и отсюда начинал свое нисходящее дви-

жение для очередного реза. Для возможности этого большое зубчатое колесо на оси эксцентрика не должно быть заклинено на последней: оно сцепляется с ней при помощи кулачной муфты, для включения которой служит пружина, а для выключения—палец, нагруженный противовесом и скользящий в винтообразной канавке, профрезерованной в одной половинке муфты. При опускании вниз рукоятки, расположенной на станине ножниц сбоку, этот палец выходит из канавки, пружина вдвигает соответствующую половинку кулачной муфты в другую, и нож машины начинает двигаться. Если затем отпустить рукоятку, палец под влиянием груза снова заскочит в канавку, и



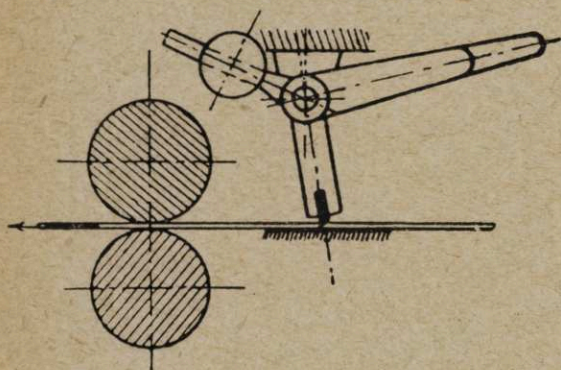
Фиг. 86. Ножницы для резки прокатного железа.

как только нож вернется в свое верхнее положение, половинки кулачной муфты расцепятся. Противовес, расположенный наверху ножниц, не позволяет салазкам опускаться вниз под влиянием силы тяжести.

На тот случай, если бы во время работы напряжения в машине оказались больше тех, на которые она рассчитана в соответствии с той работой, для которой эти ножницы предназначаются, в механизм ее введены предохранительные детали. Обычно роль их исполняют штифты, запас прочности которых выбран меньшим запаса прочности остальных более

ответственных частей машины. При перегрузке ножниц сверх нормы ломаются эти штифты, а не более дорогие части механизма.

Для резки мелкосортного железа во время самой прокатки, в особенности, если последняя производится на непрерывных станах, применяются ножницы различных специальных конструкций. В подобных случаях резка проката производится для того, чтобы избежать длинных самокатов, а также



Фиг. 87. Обрывные ножницы к непрерывному стану.

с тою целью, чтобы облегчить обращение с материалом.

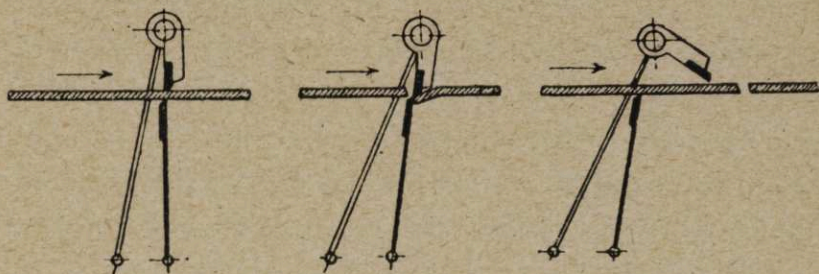
Ножницы, изображенные на фиг. 87 («обрывные» ножницы), применяются при непрерывных проволочных станах, если петли или бунты получаются слишком длинными.

Способ работы этих нож-

ниц понятен из чертежа и не требует особых пояснений. Нож машины прижимает катанку к неподвижной плите, и так как заданный в следующий калибр конец проволоки протягивается валками стана вперед, то проволока обрывается в том месте, где ее прижимает нож.

Так наз. качающиеся или летучие ножницы устанавливаются позади последней клетки непрерывного стана. Эти ножницы имеют два ножа—верхний и нижний, лезвия которых параллельны. Нижний нож неподвижно связан с ordinарным рычагом, тогда как верхний укреплен на колодке, шарнирно соединенной со вторым таким же рычагом (см. фиг. 88). Оба рычага приводятся от машины в качательное движение таким образом, что в промежутке между последовательными резами оба ножа движутся в том же направлении, как и прокатываемый материал, следовательно, не ме-

шают движению последнего. Чтобы разрезать материал, ножи подают в обратную сторону и одновременно опускают колодку

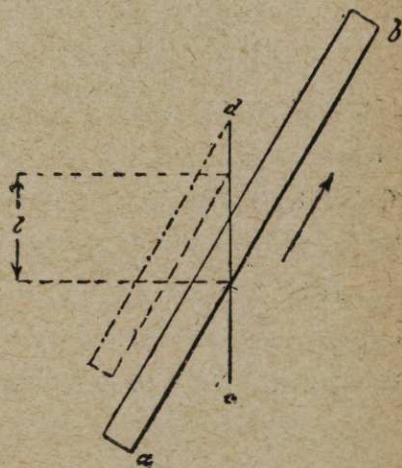


Фиг. 88. Схема работы качающихся («летучих») ножниц.

с верхним ножом вниз; при этом лезвия обеих ножей подходят одно к другому (см. фиг. 88 посередине).

Качающиеся ножницы служат для резки движущегося проката сечением от 30 до 50 мм² на концы длиной 3—8 метров. Привод в большинстве случаев паровой.

Эти ножницы заменяют иногда вращающимися (дисковыми) ножницами. Главной частью их являются круглые вращающиеся диски, окружная скорость которых соответствует скорости прокатки. Эти диски снабжены по периферии одним или несколькими ножами, которые можно выдвигать, разрезая при этом материал.



Фиг. 89. Принцип работы ножниц Нестманна.

Для этой же цели применяются также ножницы по патенту Нестманна. Принцип работы их основан на следующем явлении: если положить на стол спичку $a-b$ (фиг. 89) и, нажав на нее лезвием ножа $c-d$, пытаться продвинуть ее вперед в направлении, показанном на рисунке стрелкой, т.-е.

параллельном $a-b$, надавливая на ее конец a , то спичка будет отрезана ножом вследствие того, что под влиянием приложенной силы—с одной стороны, и сопротивления неподвижного ножа—с другой, она переместится параллельно самой себе на некоторую длину l , скользя вдоль лезвия ножа.

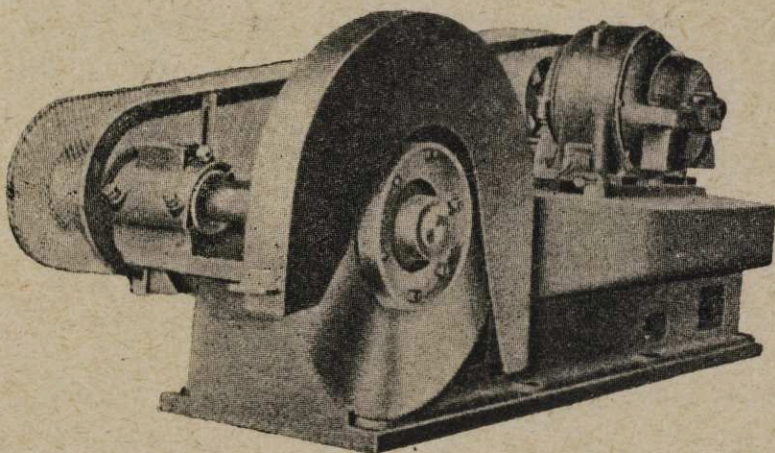
Этот принцип работы используется для резки мелкосортных материалов. Прут по выходе из отделочных валков стана проводится по трубе к плите, опирающейся на пару стоек, где и разрубается вручную топором, лезвие которого рабочий держит под углом к оси железного прута, аналогично лезвию ножа в приведенном выше опыте со спичкой. Позади стола находятся два желоба; в зависимости от направления лезвия топора, отрезанные концы падают поочередно то в один, то в другой желоб. Для этого свободный конец прута отводится в одну, либо в другую сторону при помощи упорки, установленной впереди желобов и направляющей прут в тот или другой из них. Описанным способом отрезки можно пользоваться для железа диаметром не более 10 мм и при скорости прокатки не выше 6 м. При помощи пневматических аппаратов, построенных по тому же принципу, можно рубить материал толщиной до 18 мм *).

Пилы. — В прокатных мастерских применяются как горячие, так и холодные пилы. Пилы первого рода, предназначенные для резки материала, нагретого докрасна, работают быстрее, но оставляют поверхность разреза менее чистой, нежели холодные пилы. Поэтому пилы последнего типа применяются лишь в тех случаях, когда возможная ровность и чистота плоскости распила имеют особо важное значение или когда требуется по возможности точно соблюсти предписанную длину отрезаемого куска. Потеря материала при применении пил доходит приблизительно до 0,35%.

*) О ножницах см. также Том VII, стр. 5—36.

В своих основных чертах конструкция холодных и горячих пил приблизительно одинакова. Как те, так и другие работают круглыми (дисковыми) полотнами.

В настоящее время для холодной распиловки материала в прокатных мастерских часто применяют круглые полотна без зубцов. Эти полотна вращаются с настолько высокой окружной скоростью (130 м/сек. и больше), что частицы материала, которые приходят в соприкосновение с вращаю-

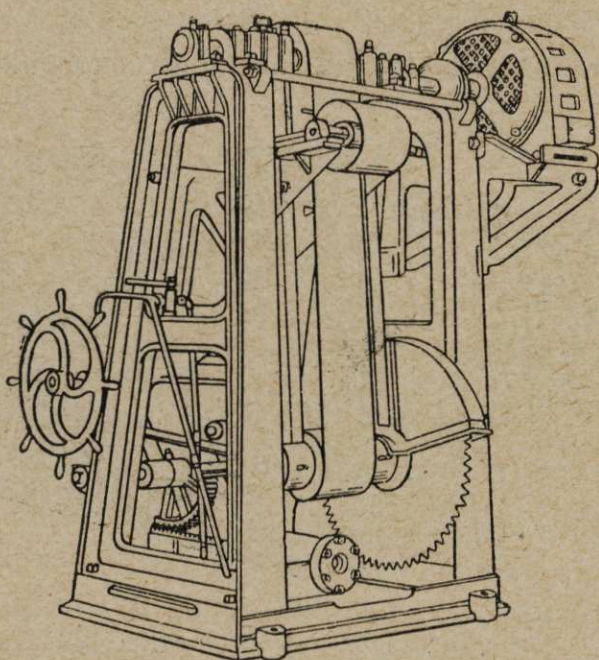


Фиг. 90. Горячая пила с салазками.

щимся диском, сильно нагреваются, становятся мягкими и вследствие этого вырываются пильным полотном и выбрасываются им из пропила. Эти пилы работают очень быстро и обладают, сверх того, еще и тем преимуществом, что годятся для разрезания даже и закаленных материалов. С другой стороны, для привода их требуется большая сила и их работа сопровождается неприятным шумом. Для привода пилы с полотном толщиной 6—9 мм и диаметром от 1000 до 1500 мм, при числе оборотов 2000 в минуту, необходимо от 100 до 150 л. с.

Горячие пилы встречаются главным образом двух типов: с салазками и маятниковые (висячие). На фиг. 90

изображена пила первого типа. Электромотор и пильный диск укреплены на салазках, подача которых производится при помощи пневматического или гидравлического устройства. Вал, несущий полотно пилы, в современных конструкциях горячих пил лежит в шариковых подшипниках. Передача



Фиг. 91. Маятниковая пила.

силы производится посредством ремня. Диаметр пильного диска—от 1200 до 1400 мм.

На фиг. 91 изображена маятниковая пила распространенной конструкции. Полотно пилы приводится во вращение через посредство ремня от электромотора, установленного на кронштейнах, привинченных к одной из боковых стоек станины. К ведущему валу машины подвешен также двойной балансир, в нижней части которого укреплены подшипники, несущие вал пильного диска. Эту часть балансира можно перемещать взад и вперед. Подача ее производится либо ручным способом (такая конструкция пилы

изображена на рисунке), либо при помощи пневматического или гидравлического устройства. В первом случае движение подачи осуществляется посредством штурвала и зубчатого колеса, находящегося в постоянном зацеплении с зубчатым сектором, который вращает вал, укрепленный на задней стороне станины. Движение этого вала передается далее балансиру через посредство двух рычагов и связанных с ними тяг. Во втором случае движение поршня воздушного или гидравлического цилиндра передается зубчатой рейке, от нее—сектору и далее так же, как в пилах с ручной подачей.

Полотно пилы укреплено на конце вала, вне подшипников, с целью облегчения смены его, в случае надобности. На боковых сторонах балансира имеются гребни, которые ходят вдоль соответствующих направляющих станины, содействуя этим более надежному направлению движения подачи.

Встречается также и другая конструкция маятниковых пил, отличающаяся от описанной тем, что мотор укреплен на верхней части самого балансира и отсюда передает вращение непосредственно валу пильного диска при помощи двух ремней. Для того, чтобы электромотор возможно было установить на балансире, верхняя часть последнего продолжена выше вала, на котором качается балансир, образуя наверху площадку соответствующей формы. В остальном эта конструкция не отличается от описанной выше.

В горячих пилах третьего типа балансир занимает горизонтальное положение, как в обычных горизонтальных балансирных пилах для дерева (напр., обрезных). В этом случае электромотор устанавливают на заднем конце балансира; таким образом, он одновременно служит противовесом для передней части пилы. Подача полотна пилы производится вручную, пневматическим или гидравлическим механизмом

и т. д. Пилы этой конструкции можно устанавливать под полом мастерской или под рольгангом.

Полотна горячих пил изготавливаются из углеродистой или быстрорежущей стали. Зубцы могут представлять одно целое с диском или быть вставными. В последнем случае диск обычно изготавливают из углеродистой, а зубцы — из быстрорежущей стали. Во время работы полотно пилы охлаждают водой.

Печи и томильные колодцы.

Применяемые в прокатном деле сварочные или нагревательные печи относятся к разряду пламенных (отражательных) печей, которые в настоящее время отапливаются почти всегда генераторным газом. Название «сварочных печей» относится собственно к печам, предназначенным для нагрева сварочного железа до температуры сварочного жара. Этим же названием обозначаются также печи для нагрева слитков, заготовки и пр. перед прокаткой. Довольно часто называют сварочными также и те печи, в которых производится нагревание трубочной заготовки (штрибсов), из которой затем прокатываются трубы.

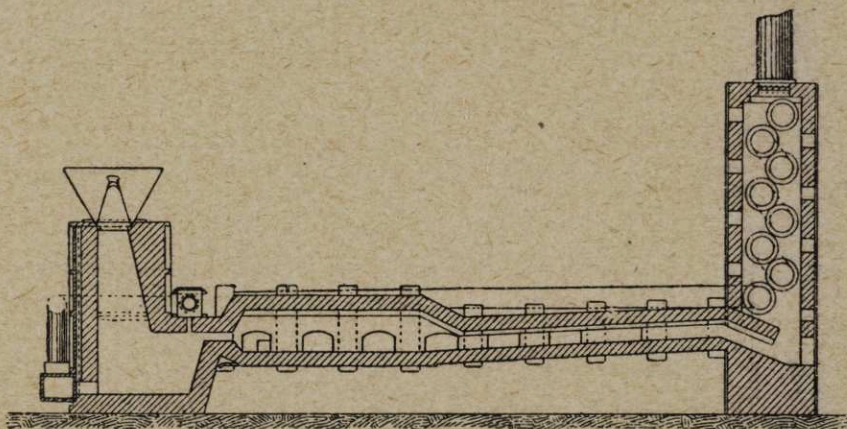
Сварочные печи можно подразделить на две главных группы: печи с непосредственным отоплением, для твердых видов топлива, и печи с отоплением газом, а именно—генераторным. Последние, в свою очередь, могут быть подразделены на печи с угольной шахтой (с генеративной топкой) и с генератором. В печах с угольной шахтой предварительный подогрев воздуха, необходимого для сгорания газа, производится часто в трубчатых подогревательных аппаратах. Генераторные печи являются либо регенеративными, либо рекуперативными. Печи с отдельным генератором называют часто газовыми сварочными печами, а печи с шахтой (с генеративной топкой), которые, в сущности говоря, так же, как и первые, отапливаются газом, называют в отличие от них полугенеративными печами.

Печи с непосредственным отоплением по своей конструкции напоминают более всего пудлинговые печи (см. Том I, стр. 78). Топливом для них служит обычно каменный уголь, который сгорает на горизонтальной колосниковой решетке и образует пламя, поступающее через довольно высокий порог топки в рабочее пространство («сварочную камеру») печи. Под ее несколько опускается по направлению к дымовой трубе, для того, чтобы образующиеся шлаки могли стекать вниз. Для набойки и заправки пода, который в отличие от пудлинговых печей не охлаждается, применяют песок или песчаник. Следует заметить, что печи с непосредственным отоплением находятся на пути к полному исчезновению (по крайней мере, в качестве печей прокатных мастерских).

Различие между печами с шахтой (с генеративной топкой) и печами с генератором заключается частью — в конструкции генератора и характере его работы, частью — в том, что шахта представляет конструктивно всегда одно целое с печью, вследствие чего в печах этого рода газам, образующимся в шахте, достаточно пройти через порог, чтобы попасть в камеру сгорания печи; напротив, генератор представляет, вообще говоря, сооружение, совершенно отдельное от самой печи.

От генераторов обычного типа (см. Том I, стр. 97) шахта отличается в принципе тем, что она загружается топливом до самого верха, тогда как в генераторе топливо лежит лишь более или менее толстым слоем. Уголь заваливается в верхнее горло шахты и постепенно опускается вниз по мере сгорания нижних слоев топлива. Таким образом, во время своего движения книзу уголь подогревается. Воздух подводится через фурмы или отверстия в нижней части шахты. В отличие от того, что имеет место в генераторах, газы, образующиеся в шахте, не должны проходить через весь слой угля, а уходят из шахты через отверстия, расположенные сейчас же над фурмами.

Шахта, выложенная у одного конца печи, приблизительно вдвое выше последней и подобно доменной печи расширяется книзу, для того, чтобы уголь мог беспрепятственно опускаться вниз. Топливо загружается в шахту через отверстие, закрываемое откидной крышкой, или чаще—через специальный загрузочный затвор, состоящий из конуса (колокола) и воронки и похожий на колошниковый затвор доменной печи. Воздух подается в шахты различными способами.

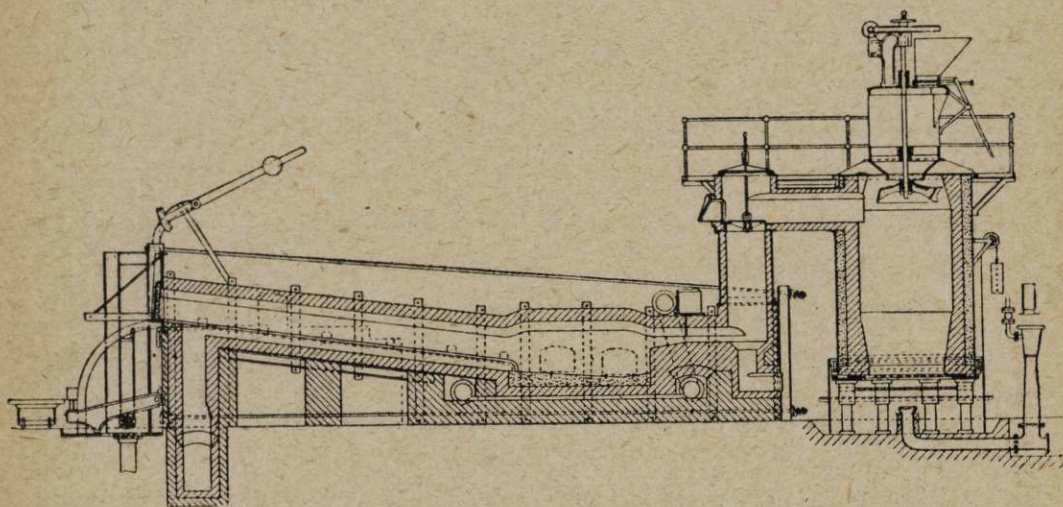


Фиг. 92. Печь Экмана с шахтной топкой (полугенеративная).

Так наз. печь Экмана (см. фиг. 92), которая была изобретена и введена в практику в 1846 г. шведом Густавом Экманом (Gustaf Ekman) и к настоящему времени значительно усовершенствована, снабжена воздушным ящиком, пристроенным к нижней части шахты. Из этого ящика воздух поступает в шахту через одно или несколько больших отверстий в обмуровке последней. Газы, образующиеся в шахте, при входе в рабочее пространство печи, встречаются перед ее порогом с другим потоком воздуха, который поступает через вертикальный канал из второй воздушной коробки. Горящие газы проходят сначала через собственно рабочее пространство печи, затем через подогревательную камеру ее. Отсюда продукты сгорания уходят в дымо-

вую трубу или часто по пути к последней проводятся еще через трубчатый воздухонагреватель, который служит для предварительного подогрева дутья.

Как печи с шахтой, так и рекуперативные печи с отдельным генератором целесообразно строить—в особенности, если печь предназначена для нагревания слитков и криц—в виде так наз. методических (перекатных) печей. Характерная особенность работы печей этого рода



Фиг. 93. Сварочная печь с генератором Бильдта.

заключается в том, что материал загружается в печь с той стороны, где температура рабочего пространства ниже всего, и затем постепенно продвигается вперед, по мере того, как болванки, лежащие у самого переднего конца печи, вынимаются для обработки. Таким образом, нагреваемый материал занимает весь под методической печи и постепенно всей массой продвигается вперед. На освобождающееся при передвижке металла место всякий раз садят новую болванку. Следовательно, в этих печах использован принцип противотока, т.-е. холодный материал поступает с той стороны, где продукты сгорания оставляют печь, предварительно отдав

большую часть содержащейся в них теплоты, и при постепенном перемещении внутри печи омывается все более и более горячими газами. Следствием такого характера работы является сравнительно большая длина методических печей. Поду их дают некоторый уклон по направлению к сварочной камере. Для того, чтобы облегчить передвижение материала, вдоль пода печи прокладывают балки или трубы, охлаждаемые циркулирующею внутри их водою, по которым скользят слитки. На фиг. 93 изображена методическая печь с генератором Бильдта (Bildt) *).

Методические печи чрезвычайно удобны для нагревания стальных болванок, в особенности при более или менее высоком содержании углерода в стали, которая для того, чтобы не дать трещин, требует более медленного и осторожного нагрева. В настоящее время методические печи распространены значительно более всех других типов сварочных печей.

Печи с шахтой должны отапливаться каменным углем хорошего качества, тогда как для отопления газовых сварочных печей (т.-е. печей с отдельным генератором) можно пользоваться газом, получаемым из низких сортов каменного угля, бурого угля, торфа, дров, щепы, опилок и др. отбросов лесопильного и деревообделочного производств. Для того, чтобы в методической печи с генератором, работающим на торфе или дровах, получить в рабочем пространстве достаточно высокую температуру (температуру «сварочного жара» стали), генератор должен быть расположен рядом с печью и иметь шахту достаточно большого объема. Кроме того, сварочная камера и подогревательное пространство печи должны быть достаточно длинны.

Регенеративные печи короче методических и по устройству несколько напоминают мартеновскую печь (см. Том I, стр. 95—107). Они дают более быстрый нагрев материала

*) См. также Том I, стр. 97.

и поэтому менее пригодны для стали. Для того, чтобы нагрев можно было вести с большей постепенностью, применяют специальные подогревательные печи. В этом отношении рекуперативные печи лучше регенеративных; подобно сварочным печам с шахтой, также и рекуперативные печи могут быть построены для методического нагрева. Печи обоих этих типов (регенеративные и рекуперативные без переката материала) лучше всего подходят для нагревания 'пакетов и большой листовой болванки, а также для отжига, напр., листов и пр.

В Швеции наибольшее распространение получили генеративные печи Экмана, а также печи Бильдта и Берльёва (Berglöf) с отдельным генератором. Печи обоих последних типов приспособлены лучше других для непрерывного хода и при величине, одинаковой с печью Экмана, обладают производительностью значительно большею, нежели последняя.

О размерах применяемых на практике сварочных печей дают наглядное представление, напр., статистические данные, собранные (для Швеции) проф. Э. Густавсон Удельшерна (E. G:son Odelstierna). Размеры этих печей колеблется в очень широких пределах. Наибольшая длина их составляет: для кузнечных печей Экмана—5,20 м, для кузнечных печей Бильдта—5,67 м, для печей Экман-Якобсона к прокатным станам—10,48 м, для полугенеративных печей прокатных мастерских—9,80 м, для таких же регенеративных печей—6,30 м, для газовых сварочных печей Берльёва—10,50 м, для таких же печей Бильдта—12,20 м. Длина современных методических печей составляет примерно 8 до 12 метров.

Ширина сварочных печей варьирует в пределах от 0,60 до 1,86 м (в среднем 1,19 м), высота под сводом—0,18 до 1,05 м (в среднем 0,40 м). Следует заметить, что оба предельных значения каждого из этих размеров на практике встречаются лишь в виде редких исключений,

Длина сварочной печи зависит от того, является ли она методической или нет и используются ли отходящие газы для парокотельной установки; в последнем случае, встречающемся на практике довольно часто, печь можно строить более короткой. Высота рабочего пространства определяется в зависимости от величины заготовок и количества газов, необходимого для их нагрева, на основании опытных данных. Ширина печи зависит от длины болванок. В печах новых конструкций как длина, так и ширина рабочего пространства больше, нежели в старых печах. В отношении ширины это объясняется тем, что в настоящее время длина слитков больше, чем прежде. Впрочем, также и печи для нагрева криц сварочного железа строятся в настоящее время более широкими, нежели в прежнее время. С увеличением длины печи уменьшается расход топлива и увеличивается производительность печи. При чрезмерно большой длине печи увеличивается угар материала.

Ниже приведена таблица, в которой собраны цифры, характеризующие сравнительную производительность и расход топлива в печах различных типов. Данные приведены для печей одинаковых размеров, и выведены обработкой материалов, собранных проф. Удельшерна.

Средние значения.	Тип печи				
	Экмана	с генерат. топкой	регенеративная	Бергмана	Бильда
Вычисленный расход топлива <i>кг/час</i> .	153	127	316	{ 237 226	{ 214 210
Максимальное количество материала, которое можно нагреть до температуры сварочного жара <i>кг/час</i> . . .	1063	1314	1351	{ 2343 2200	{ 2399
Расход (в <i>кг</i>) каменного угля на нагрев одного <i>кг</i> металла до сварочного жара при максимальной производительности печи	0,144	0,097	0,234	{ 0,101 0,102	

Угар колеблется в пределах от 7,4 до 10⁰/₀ веса нагреваемого до сварочного жара материала—для пудлингового железа, полученного в так наз. шведском (ланкаширском) кричном горне, от 1,2 до 4,5⁰/₀—для слитков и от 2,4 до 5,2⁰/₀—для заготовки.

При нагревании материала очень важное значение имеет нагрев его именно до надлежащей температуры и во всей массе; вместе с тем, поддерживая температуру материала на должной высоте, необходимо не допускать пережога железа. Более равномерное нагревание материала во всей его массе достигается лучше всего тем, что температуру печи поддерживают не слишком высокой, а лишь немногим выше той, до которой должен быть нагрет материал. Как известно, сварочное железо требует более высокого нагрева, нежели литое железо и сталь, и хорошо переносит его. Для того, чтобы возможно уменьшить вредное влияние высокой температуры на материал, не следует оставлять его в печи после того, как он нагрелся до требуемой температуры.

Сталь нагревают обычно до сварочного жара в неглубокой ванне легкоплавких шлаков, в которой заготовки время от времени поворачивают, чтобы предохранить их от окисляющего действия газов и пламени. Для этой же цели пользуются и другими средствами. Так, заготовку из мягкого железа посыпают обыкновенным песком, содержащим много полевого шпата, или размолотым в порошок песчаником. Для более или менее твердой стали применяют с этою же целью порошок из барита и песка, буру, плавиковый шпат и пр. Для самых твердых сортов стали пользуются желтою кровяною солью (желтое синькали), различными смесями буры и железных опилок или буры, кровяной соли и нашатыря и т. под.

Томильные колодцы. — В своей первоначальной форме томильные (нагревательные) колодцы

были предложены шведом Джерсом (I. Gjers)*) в 1882 г. Назначение этих колодцев заключается в аккумуляровании и сбережении теплоты, которая содержится в отлитом слитке и которая бесполезно терялась бы при остывании его в открытом помещении. В последнем случае приходилось бы перед прокаткой снова нагревать слиток.

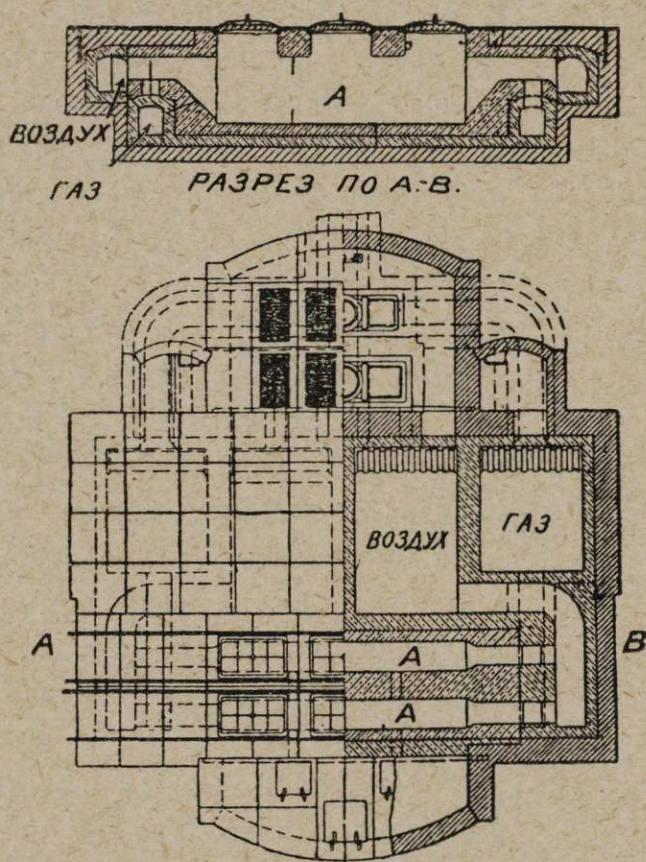
Остывание слитка после его отливки начинается с поверхностных слоев, тогда как внутри этой наружной оболочки металл находится еще в расплавленном состоянии. Если опустить слиток в нагревательный колодец, предварительно сильно разогретый другими слитками, то он потеряет лишь очень небольшую долю заключающейся в нем теплоты, и при отвердевании находящегося внутри твердой оболочки полужидкого металла выделяющаяся скрытая теплота нагреет весь слиток до высокой и равномерной температуры. Благодаря этому уже через несколько минут слиток оказывается нагретым во всей своей массе до той температуры, которая нужна для прокатки, и может быть подан прямо к прокатному стану. Слиток вынимают из изложницы, как только он затвердеет снаружи, и оставляют в колодце в течение 13—16 минут.

Томильные колодцы представляют собою простые камеры квадратной формы, выложенные ниже уровня пола мастерской и обмурованные огнеупорным кирпичом. Каждая камера несколько глубже и шире слитка и снабжена крышкой. Условием применения подобных неотапливаемых колодцев является быстрое и непрерывное поступление слитков из сталелитейной мастерской, так как только при этом условии температура внутри колодцев может сохраняться на должной высоте.

Если это неосуществимо, то применяют выложенные ниже пола регенеративные печи, так наз. подогревательные

*) Правильное произношение этой фамилии—Ерс. Мы оставляем здесь, однако, прочно укоренившееся у нас название этих печей.

печи, в которых подогревается как генераторный газ, так и воздух, необходимый для его сгорания. Слитки ставят на горизонтальный под такой печи, сходный по устройству



Фиг. 94. Подогревательная печь, построенная под полом мастерской.

с подом мартеновской печи, и пропускают продукты сгорания, которые при этом омывают слитки. В поду печи сделаны отверстия для спуска шлаков. Свод печи состоит из отдельных сегментов, которые можно поднимать с помощью крана перед посадкой и высадкой слитков. Если слитки при посадке еще сохранили в себе некоторое количество теплоты, то они должны оставаться в такой печи около 30 минут.

Такого же устройства печи применяются и для нагревания холодных слитков. Подогревательные печи строятся либо разделенными на отдельные камеры—для вертикальной насадки слитков, либо без камер—для насадки их в горизонтальном положении. На фиг. 94 изображена подогревательная печь первого типа. Буквой А обозначены камеры для вертикально стоящих слитков.

Для отопления этих печей чаще всего пользуются колошниковым газом. Встречаются также подогревательные печи без регенераторов, для непосредственного отопления газом.

Прокатные сорта железа и стали и производство их горячей прокаткой.

Классификация прокатного железа и стали.

Главнейшими продуктами прокатки железа и стали, помимо холодно-катанных сортов, являются следующие материалы *).

Броневые плиты, которые в настоящее время прокатываются почти исключительно из никкелевой стали (см. Том I, стр. 131—132). Они бывают толщиной до 500 мм и могут весить до 120 тонн.

Толсто-листовое железо (и сталь). Толсто-листовым называется железо в листах шириною от 800 мм и выше и толщиной более 3,5 мм. Наибольшая толщина листов, прокатываемых для обычных целей, составляет 42 мм. В зависимости от назначения и технических условий, толсто-листовое железо может обладать различным сопротивлением на разрыв (нормально 32—45 кг/мм²) и удлинением (20—26%). Толсто-листовое железо применяется, главным образом, для постройки котлов (котельное железо, топочные и огневые листы и листы цилиндрической части), для судостроения (корпусные листы и пр.), для изготовления цистерн и резервуаров (резервуарное железо и сталь толщиной от 4 до 16 мм), для гражданских соору-

*) В дальнейшем принят во внимание сортамент черных прокатных металлов по Общесоюзным Стандартам (ОСТ) 8—31.

жений, металлических конструкций, мостов (мостовое железо сопр. на разрыв 37—45 кг/мм², удлинением не менее 22%), железнодорожного подвижного состава (напр., железо для паровозных рам сопр. на разрыв 32—42 кг/мм², удлинением не менее 22%) и т. д. Наиболее высокие требования предъявляются, естественно, к котельным листам, которые прокатываются как из литого, так и из сварочного металла, тогда как все другие листы изготавливаются почти исключительно из литого железа.

Тонко-листовое железо (толщина от 3 мм и ниже) подразделяется на: собственно тонкое листовое толщ. 3,0 до 1,5 мм, парсовое толщиной от 0,8 мм (№ 21 по английскому листовому калибру) до 1,5 мм (№ 17), кровельное железо черное и оцинкованное в листах размером 710 × 1420 мм (площадь $\cong 1$ м²) различного развеса—от 3,25 до 6,0 кг в листе, динамное железо в листах такого же размера при толщине обычно 0,5 мм, жельсть черную разм. листа 20" × 14" и 20" × 28" или 710 × 710 мм (площадь $\cong 0,5$ м²), жельсть белую тех же размеров, как черная, далее—белое глянцевое железо в листах 710 × 710 мм и 710 × 1420 мм толщиной от 0,18 до 0,5 мм, белое матовое железо тех же размеров. Сюда же относятся железо перффорированное (продырявленное) и волнистое—толщиною от 0,75 до 2,00 мм и высотой волны 15 до 70 мм (низкое волнистое железо) или 45 до 100 мм (высокое волнистое железо). Кроме указанных сортов тонко-листового железа, применяются также, хотя и значительно реже, листы освинцованные или никкелированные. Исходным материалом для прокатки тонко-листового железа служит обычно бессемеровский или мартеновский материал.

Мильбарс и заготовка прокатываются прямо из горячих криц, получаемых в шведских (ланкаширских), закрытых или валлонских (с двукратной переплавкой) кричных

горнах или пудлинговых печах, так что при этом особого нагрева не требуется. После этого материал разрезается в пакеты и подвергается дальнейшему раффинированию. Различие между мильбарсом и заготовкой заключается лишь в форме сечения. Мильбарс имеет прямоугольный профиль (обычно 75×15 мм), тогда как сечение заготовки представляет квадрат с закругленными углами.

Сортовое железо. — Названием сортового железа обозначается прокат простых профилей, а именно — круглое, квадратное и полосовое. Сюда же можно отнести и более редкие профили — 8-гранный, 6-гранный, полукруглый, овальный, трехгранный и др. Нормальная длина сортового железа — от 14 до 22 фута. (4,2 до 6,7 м), в среднем — 18 фута. (5,4 м), размеры круглого железа — от 8 до 150 мм, квадратного — от $1\frac{1}{4}$ " до $6\frac{1}{4}$ ", по ОСТ 9 — от 8 до 60 мм.

Что касается стали таких же сечений, то ее обычно называют соответственно форме профиля — квадратной, трехгранной и пр. сталью. Общее наименование — фасонная сталь. Сортное железо и фасонная сталь изготавливаются из материала, полученного пудлинговым или мартеновским процессом.

Полосовым железом называются все вообще сорта железа прямоугольного профиля, шириною от 12 до 200 мм, с отношением толщины к ширине не более 1:2 (ОСТ 13). Обычно ширина полосового железа значительно больше его толщины. В полосовом железе различают некоторые специальные сорта, называемые соответственно назначению материала широким (толщ. 5 до 10 мм при ширине 40 до 65 мм), оброчным (толщ. 0,9 до 3,5 мм при ширине от 12 до 100 мм), лафетным, подковным и др.

Сюда же можно отнести также колосниковое железо (трапециoidalного профиля) и некоторые другие специальные сорта сравнительно мелких сечений, как, напр., железо для конно-подковных гвоздей, шаблонное, остроугольное для плужных стоек, поддосочное и др.

Универсальным или широкополосным называется полосовое железо с острыми кромками, шириною не ниже 200 мм, прокатываемое на универсальном стане и применяемое для железных конструкций и др. целей. Ширина его составляет 200 до 780 мм (ОСТ 18); нормальная толщина равна 1% ширины + 1 мм.

Фасонное железо (и сталь).—К этой группе относится большая часть прокатываемых материалов более или менее сложного профиля, как рельсы железнодорожные (Виньоля) и трамвайные (Феникс), двутавровые балки и швеллера (коробчатое, корытное железо), угловое железо равнобокое и неравнобокое, тавровое высокое и низкое, зетовое и близких к нему профилей (профиль Ратновского), релинговое (поручневое), бульбовые бимсы для судостроения (бульбовое, углобульбовое и тавробульбовое железо), квадрантное или колонное железо, настильное (профиль Зореса), люковое, штаковое, шпаловое и пр. Сюда же следует отнести специальные сорта железа сложных профилей и мелких размеров, как оконное, коробчатое для борон, грядильное, железо для подковных шипов и пр.

Катанная проволока.—Круглый материал диаметром от 5,0 до 14 мм (ОСТ 10), полученный прокаткой, носит название катанной проволоки или катанки. Качество исходного материала различно и зависит от назначения продукта прокатки. Поэтому катанка может изготовляться как из мягкого сварочного железа, так и из твердой тигельной стали.

Общие замечания о работе у прокатного стана.

Ловкость и опытность вальцовщика, обслуживающего прокатный стан, выражаются в его умении, с одной стороны, правильно оценить и сообразовать работу прокатки

с характером обрабатываемого материала и требуемым конечным результатом (напр., при обжимании слитков в стане с переставным верхним валком—правильно установить последний), а с другой стороны — быстро манипулировать с прокатываемым материалом, особенно—при прокатке проволоки, которая проходит между валками с такой огромной скоростью, что для того, чтобы схватить ее и задать в очередной ручей, от рабочего требуется исключительная ловкость, быстрота и внимание.

Прокатка может идти либо автоматически, когда материал задается в ручьи и направляется специальными направляющими устройствами (линейками, проводками и обводками—см. стр. 111—114), либо с участием операций, производимых вручную—так наз. ручная прокатка. Последний метод работы, применяемый при прокатке квадратного железа стороной более 40 мм и более крупных сортов круглого железа, требует высокой квалификации от вальцовщика, который в этом случае сам (с помощью так наз. крюечника) задает полосу в калибр и направляет ее во время пропуска. Очевидно, при этом окружная скорость валков не может быть особенно высокой, так как иначе рабочий не мог бы успеть следовать за прокатываемой полосой.

В настоящее время ручная прокатка применяется редко, так как требует значительно большей затраты времени, нежели автоматическая: это вызывается отчасти более низкой скоростью прокатки, отчасти же тем, что степень обжатия в этом случае не может быть взята столь же большой, как в случае автоматической прокатки; наконец, материал (речь идет о круглом профиле) должен быть пропущен через отделочный ручей несколько раз. Зато при ручной прокатке круглый профиль получается более точным и более правильным по форме.

Примерные значения скоростей прокатки для различных станов указаны в нижеследующей таблице:

Тип прокатного стана	Число оборотов валков в минуту
Реверсивные станы для обжима слитков	до 150
Станы дуо » » » (блуминги)	» 60
Станы трио » » » (12"-овые)	70—80
Крупносортовые станы с валками диам. 16"—18"	100—120
Среднесортные » » » 14"	120—180
» » для ручной прокатки	не выше 80
Мелкосортные » с валками диам. 10"	200—350
Проволочные »	до 500
Толсто-листовые станы трио	70—80
Тонко-листовые » с валками диам. 20"—27"	40—45
Кровельные » » » 20"—22"	до 60
Станы для прокатки ленточного и обручного железа толщ. до 2 мм	» 220

Так как при черновой прокатке прием материала валками затруднен, то вальцовщик облегчает его, быстро вдвигая материал в ручей; давление, производимое вальцовщиком на заготовку, помогает захвату ее прокатными валками. С этой же целью поверхность подготовительных валков делают шероховатой или насекают на ней специальные мелкие зарубки. Другой способ заключается в том, что перед тем, как задать материал в валки, его поверхность посыпают песком.

Прокатка листовых материалов.

Листовое железо и сталь прокатывают из болванок не квадратного, а прямоугольного сечения, так наз. с утки. Как уже было указано выше, прокатка листов производится между гладкими валками, так что материал может свободно уширяться (раздаваться в направлении, перпендикулярном к направлению прокатки).

Для прокатки толсто-листвого железа применяются прокатные станы с одной только клетью. Встречаются следующие типы толсто-листовых станов:

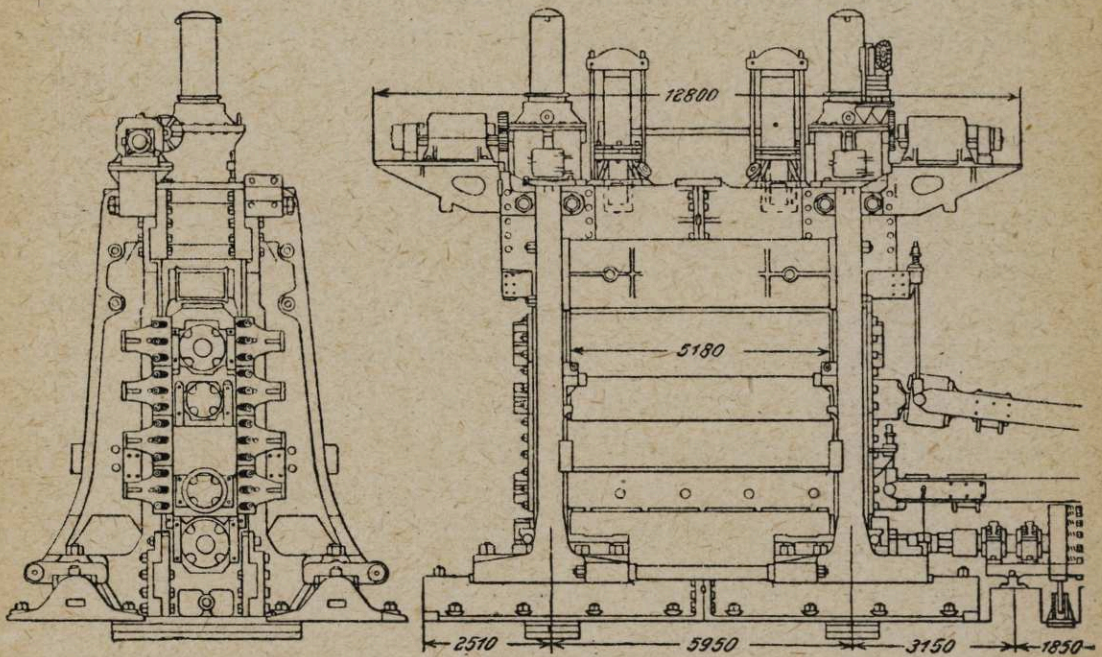
- 1) обыкновенные станы дуо,
- 2) реверсивные станы, и
- 3) станы трио с холостым средним валком, диаметр которого меньше диаметра верхнего и нижнего валков (так наз. стан Лаутса).

У станов всех этих трех типов верхний валок делается переставным. Установка его производится обычно при помощи электромотора, причем устанавливаются либо обе шейки вала одновременно, либо каждая из них отдельно. Перед клетью и позади нее устроены рольганги. Станы дуо для прокатки броневых плит снабжаются с обеих сторон устройствами для поворота слитка, болванки или плиты на 90° вокруг вертикальной оси, благодаря чему прокатку можно вести под прямым углом к направлению длины листа. Кроме того, эти станы снабжают специальными устройствами для перевертывания плиты нижней стороною кверху. Обычно это устройство управляется гидравлическим приводом.

Станы трио, предназначенные для этой же цели, выполняются, как было указано выше, с холостым средним валком, который, следовательно, принимает участие во вращении лишь в силу трения о верхний и нижний валки. Этот валок при помощи гидравлической передачи поднимается кверху или опускается в зависимости от того, пропускается ли болванка под ним (т.-е. между средним и нижним валками) или над ним. Так как нагрузка среднего валка всегда передается верхнему или нижнему, то диаметр его может быть меньше, нежели диаметры двух остальных валков стана. Обычно он составляет $\frac{2}{3}$ диаметра их. Благодаря этому может быть сделана меньшей также и высота подъема качающегося стола, обслуживающего стан. Максимальная установка верхнего валка обычно равняется приблизительно половине его диаметра.

Так как материал существенно вытягивается лишь в направлении прокатки, то слиток во время первого пропуска

должен быть задан «на ребро», т.-е так, чтобы его диагональ была перпендикулярна к осям валков. Этим способом вытягивают слиток до тех пор, пока длина его не станет примерно равна желаемой ширине листа; после этого материал поворачивают на 90° и прокатывают его до требуемой толщины. Для того, чтобы очистить лист от окалины, кото-



Фиг. 95. Гигантский стан для прокатки толсто-листвого железа.

рая иначе могла бы оставить следы на готовом материале, окалину перед каждым пропуском обметают мокрым веником или метлой. Броневые плиты с этой же целью обычно посыпают влажным хворостом.

На фиг. 95 изображен недавно построенный в Америке гигантский реверсивный стан для прокатки толстого листового железа и стали. Длина бочки валков составляет 5182 мм. Так как при обычной конструкции такого стана диаметр и вес его валков получились бы настолько большими, что

валки вообще нельзя было бы изготовить отливкою в изложницы, то в этом стане они опираются по всей своей длине на пару дополнительных валков. Диаметр прокатных валков стана составляет 865 мм, вес каждого из них—около 30 тонн. Диаметр опорных валков, отлитых из стали, равен 1270 мм, а диаметр их шеек—915 мм. Вес каждого опорного валка составляет приблизительно 60 тонн. Максимальная установка верхних валков равна 915 мм.

Подобное устройство стана с особыми опорными валками, в приводе столь больших размеров вызванное необходимостью, обладает тем преимуществом, что рабочие валки, благодаря своему меньшему диаметру, сильнее вытягивают материал. Сверх того, уменьшается пружинение валков во время работы, следовательно, на станах такого устройства можно катать сравнительно тонкие листы с соблюдением точных размеров их, если только диаметр опорных валков взят достаточно большим. С другой стороны, тонкие валки изнашиваются скорее, нежели более толстые.

Тонкое листовое железо прокатывается из сутунки, длина которой соответствует желаемой ширине листа плюс припуск на обрезку кромок. Ширина такой сутунки доходит до 300 мм, толщина составляет от 8 до 75 мм. Наиболее обычные размеры—250×12 мм.

Самая сутунка прокатывается на станах того же типа, которыми пользуются для прокатки заготовки (см. стр. 214). Позади последней клетки располагается либо охлаждательная цистерна, либо самокат, транспортирующий сутунку к цистерне, в которой она освобождается от окалины погружением в воду. Прокатка производится в плоских (прямоугольного профиля) ручьях, углы которых (за исключением последнего ручья) закруглены. Цель такой калибровки—лучшее заполнение сечения ручья и предупреждение трещин во время прокатки. Исходным материалом служит обжатая болванка.

Дальнейшая прокатка изготовленных таким образом сутунок в тонкие листы производится в станах дуо с очень тяжелым маховиком. От привода вращается лишь нижний валок, тогда как верхний сделан холостым и не уравновешен. Благодаря этому, верхний валок приподнимается листом и снова падает на нижний после того, как лист вышел из стана. Прокатные приводы этого рода состоят обычно из 3—4 клетей. Так как приводным является только нижний валок стана, то надобность в шестеренной клети отпадает.

Тонколистовые станы малых размеров снабжаются неподвижным рабочим столом, устанавливаемым перед валками. Лист задается вручную. При более крупных станах устанавливают легкие качающиеся столы, которыми можно управлять посредством педали.

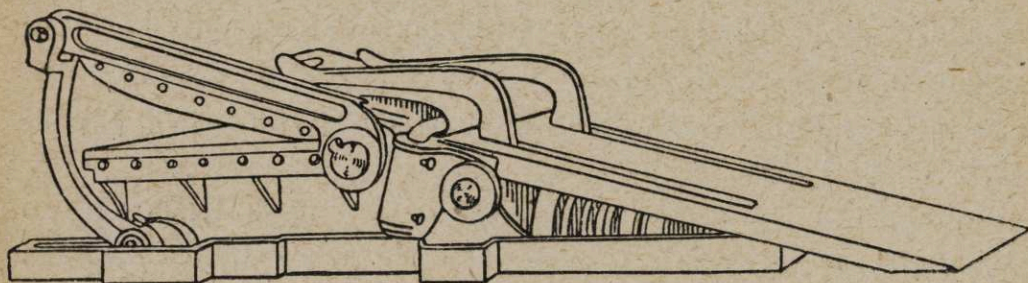
Листовая заготовка предварительно прокатывается до толщины в 3—4 мм («разболванивается»), причем всегда одновременно находятся в работе две заготовки: в то время, как одна из них передается рабочим (так наз. ловильщиком или застановщиком) поверх верхнего валка в обратную сторону, вторая пропускается между валками. После этого заготовки снова нагревают и окончательно прокатывают. Отдельные листы нельзя прокатать тоньше 2 мм. Для того, чтобы получить более тонкие листы, их складывают вдвое (дублируют) или также складывают по два, затем по три и т. д. вместе («парочка», «тройка», «четверка» и т. д.) и в таком виде пропускают через стан.

Число листов в пакете обычно следующее:

Толщина листа в мм	Число листов в пакете
больше 1,0	1
1,0 — 0,71	2
0,70 — 0,41	4
0,40 — 0,20	8



Чтобы отдельные листы не приваривались при этом один к другому, их поверхности перед складыванием посыпают тальком, графитом или угольным порошком. Число листов, которые можно складывать в такие пакеты, может доходить до восьми или шестнадцати, в зависимости от требуемой толщины листов. Для складывания листов пополам в настоящее время применяются специальные машины, так наз. дублеры (см. фиг. 96), которые одновременно обрезают их кромки. Дублеры делают обычно 20—25 ходов в минуту и приводятся электромотором мощностью 15—20 л. с.

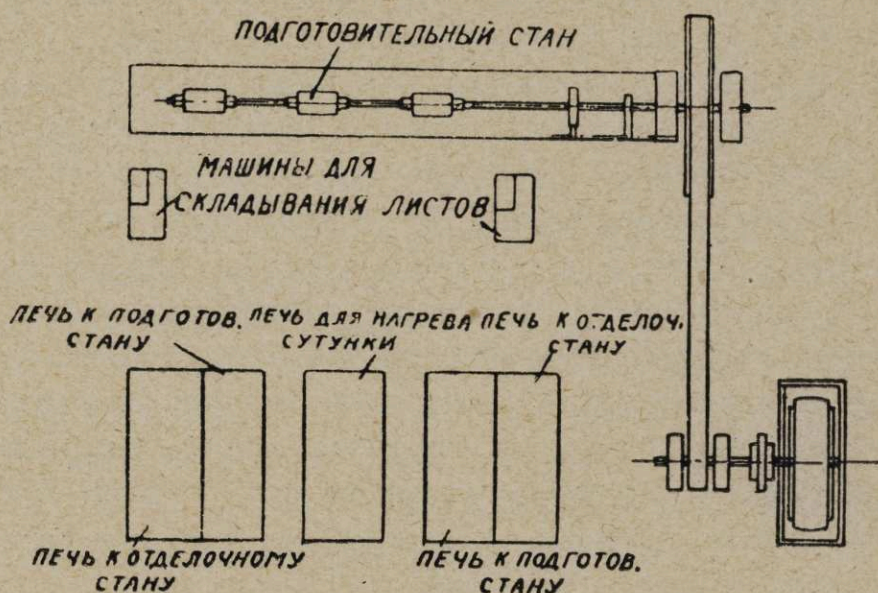


Фиг. 96. Машина для складывания тонкого листового железа (Дублер).

Во время прокатки листы приходится подвергать ряду нагревов в сварочных печах. Поэтому вблизи листокатальных станов всегда располагают несколько таких печей (см. фиг. 97). Для очистки листов от окалины их либо ударяют о пол прокатной мастерской, который для этой цели должен быть полит водою, либо обмывают окунутыми в воду метлами. После чистовой прокатки листы отравливают в кислоте для дальнейшей очистки от окалины, затем отжигают и обрезают до определенной длины и ширины. Листовое железо более высоких сортов или очень тонкое подвергают кроме того холодной прокатке, для того, чтобы придать поверхности листов красивый внешний вид.

Тонкое листовое железо обыкновенного торгового качества прокатывают между валками, которые во время работы для

охлаждения поливаются водою, тогда как листы, предназначенные для штамповки или фальцевания, а также динамное железо прокатываются между валками не охлаждаемыми.



Фиг. 97. План мастерской для прокатки тонколистового железа.

Для изготовления жести применяют два различных способа.

При прокатке ее по английскому методу пользуются двумя клетями, из которых одна является подготовительной (болваночной), а другая — окончательной (отделочной). Листы прокатываются, подвергаясь ряду нагревов в промежутках между отдельными пропусками, причем перед каждым нагревом их дублируют, как описано выше, т.-е. складывают вдвое, затем вчетверо и т. д. Складывать листы можно три или четыре раза; при этом будут получаться, следовательно, 8-ми или 16-ти-листный пакеты, которые затем разрезаются на отдельные листы тупоконечными ножами машин, специально сконструированных для этой цели.

В настоящее время для прокатки жести применяют чаще всего три клетки, из которых средняя служит для подготовительной прокатки, а две остальных — для окончательной (см. фиг. 97).

Прокатка тонких сортов листового железа вообще, а в особенности тех, которые предназначаются для последующего лужения или оцинковки, должна производиться с очень большой скоростью. Это вызывается необходимостью не допускать чрезмерного остывания листов во время прокатки, так как это сопровождалось бы образованием большого количества окалины, а в результате этого поверхности листов получались бы неровными. Слитки, которые являются в этом случае исходным материалом, должны быть свободны от газовых пузырей (отдулин), усадочных раковин, трещин и т. п. Для того, чтобы избежать прокатки недоброкачественных слитков, для изготовления жести часто берут лишь нижнюю часть слитка, которая является его наиболее плотной частью.

С целью предупредить чрезмерно быстрое остывание листов во время прокатки, валки работают без охлаждения. Тотчас же после пуска стана и начала работы на нем валки начинают постепенно нагреваться. Как было указано выше, они изготавливаются из чугуна, закаленного отливкою в изложницы (кокили). Такие валки сообщают прокатываемому листу более чистую и ровную поверхность.

После окончательной прокатки листы начерно оттравливают и затем отжигают в течение 8—16 часов. Когда листы остынут, на что требуется примерно столько же времени, их прокатывают «на холоду» (т.-е. без нагрева). Более толстую жечь после этого снова отжигают и травят, затем еще мокрые листы отправляют в лудильное помещение. Облуженные листы отчищают отрубями и опилками и протирают тряпкой (см. ниже, стр. 239—248—«Холодная прокатка»).

Прокатка сортового и фасонного железа.

Прокатка слитков.—Большая часть сортового железа и почти все фасонное прокатывается из слитков (мартеновских или бессемеровских). Они имеют форму четырехгранной призмы квадратного сечения, несколько суживающейся к одному концу (следовательно, точнее—усеченной пирамиды). Размер сечения от 200×200 мм до 600×600 мм, высота слитка—от 1 до 1,5 м.

Слиток прежде всего обжимается на блуминге в болванку квадратного сечения стороною примерно 100 до 130 мм. Для дальнейшей прокатки на сортовое железо («сорт») материал разрезают, пока он находится еще в раскаленном докрасна состоянии, на заготовку длиной приблизительно в 600 мм; последняя зависит, впрочем, от размеров требуемого сорта. Заготовки имеют квадратное или иногда овальное сечение с закругленными углами.

В качестве обжимных станов в настоящее время применяют почти исключительно реверсивные станы (дуо) и станы трио, последние—для менее крупных слитков (весом до 1500 кг), сечение которых не требует особенно большого обжатия.

Достоинства и недостатки реверсивных и трехвалковых станов для обжима слитков были указаны выше, на стр. 66—68. Здесь следует еще добавить, что первоначальная стоимость станов трио значительно ниже стоимости реверсивных станов современной конструкции с электрическим приводом и колесом Ильгнера. При станах трио для прокатки слитков устанавливают подъемный стол, перемещающийся при подъеме и опускании параллельно самому себе, для подъема слитка к ручьям между верхним и средним валками на задней стороне стана.

Реверсивные станы имеют в большинстве случаев переставной верхний валок, так что материал можно пропускать

через один и тот же ручей несколько раз—взад и вперед, немного опуская верхний валок после каждого пропуска посредством нажимных болтов. Благодаря такому устройству стана можно обходиться меньшим числом ручьев и изготавливать полупродукт с помощью одной лишь клетки даже и в том случае, когда до размеров заготовки требуется прокатывать сравнительно крупные слитки. Установка верхнего валка составляет обычно от 175 до 200 мм—при диаметре его в 1100—1500 мм и 350 до 400 мм—при диаметре в 900 мм. Станы, предназначенные для обжима слитков на листовую заготовку, имеют валки диаметром до 1000 мм с установкой (по высоте) в 750—1000 мм. Последнее необходимо для того, чтобы заготовку можно было ставить на ребро при пропуске через так наз. ребровой ручей (вытянутый в вертикальном направлении). Этот пропуск нужен для выравнивания боковых кромок заготовки.

Установка верхнего валка производится при помощи гидравлического механизма или электрического двигателя. Возможность установки валка в очень широких пределах дает ту выгоду, что при перевалке стана нет надобности вынимать подшипники из закрытых станин прокатного привода.

При установке верхнего валка его подшипники перемещаются между особыми привинченными к станине направляющими линейками, которые по мере износа можно подтягивать; для того, чтобы вынуть подшипник, эти линейки достаточно отвести назад. Последняя операция производится быстро и без всякого труда. Внизу направляющие линейки опираются на соответствующие уступы, выстроганные в станинах клетки; благодаря этому винты, удерживающие линейки на месте, не подвергаются перерезывающим усилиям. В настоящее время нередко ставят специальные направляющие из кованной стали также между подшипником и боковыми сторонами станины. В клетке стана укреплен ролик, соответствующий по размерам роликам самоката и таким образом

представляющий продолжение последнего (см. фиг. 41, где показаны отверстия для шеек ролика).

Прокатка слитков производится всегда в открытых ручьях прямоугольного профиля. Оживальные калибры для этой цели не годятся, отчасти—вследствие затруднительности кантовки слитка на угол (т.-е. так, чтобы одна из диагоналей его сечения была вертикальна) при задании его в калибр, отчасти же потому, что при пропуске слитка через оживальный ручей, у боковых кромок, где материала сосредоточено меньше, чем посредине, относительная вытяжка получается чрезмерно большой.

Для манипулирования слитками с обеих сторон обжимного стана должны быть устроены рольганги; кроме того, с передней (приемной) стороны его располагают опрокидыватели и кантовальное приспособление. Благодаря этому работа обжима идет почти автоматически, тем более, что всеми этими устройствами (если они приводятся электродвигателями) управляют с особого мостика, который расположен таким образом, что стоящему на нем рабочему легко следить за положением и движениями слитка. Однако, при всем том некоторые операции приходится выполнять вручную, напр., выправлять положение материала на самокате приемной стороны стана после того, как слиток будет прокатан до сколько-нибудь значительной длины.

Подготовительная прокатка сортового и фасонного железа.—Прежде окончательной (чистовой) прокатки материал должен быть пропущен через подготовительный (болваночный) стан. Исходным материалом для последнего служит либо заготовка, предварительно обработанная на обжимном стане, либо непосредственно—слитки малых сечений. Подготовительный стан может быть установлен совершенно независимо от отделочного или вместе с ним входить в состав одного стана, образуя в нем одну или несколько клеток.

Различают:

1. Подготовительные станы для фасонного или сортового железа с предшествующим обжимным станом или без него.
2. Подготовительные станы для мелкосортных, бегающих (т.-е. крупных мелкосортных или мелких среднесортных) и проволочных прокатных приводов.

Более крупные станы первого рода с валками диаметром в 800—950 мм могут быть построены, как реверсивные. Установка верхнего вала доходит обычно до 350 мм. Валки рельсобалочных и крупносортных станов должны быть прокалиброваны таким образом, чтобы их можно было применять для возможно большего числа профилей. Для прокатки мелких профилей служит отдельная клеть, валки которой имеют плоские или оживальные ручьи. Последним следует отдавать предпочтение, так как они, вообще говоря, дают лучший переход к формам последующих ручьев. Станы для крупных профилей с валками диаметром в 750—850 мм строятся как в виде реверсивных, так и в виде трехвалковых приводов. Подготовительные станы среднесортных прокатных устройств обычно строятся в виде трехвалковых.

К разряду подготовительных станов относятся также и заготовочные, имеющие обычно форму станов трио. Диаметр валков составляет от 450 до 850 мм. Исходный материал, которым в этом случае является предварительно обжатая болванка стороной приблизительно от 150 до 220 мм, прокатывается заготовочным станом на квадратный профиль 30×30 до 50×50 мм. Первый пропуск производится в плоском ручье, дальнейшие—в квадратных или оживальных, что имеет целью ускорить вытяжку материала. При прокатке квадратного материала, в качестве подготовительных пользуются ручьями овальной или квадратной формы по фиг. 22 и 20 а. Квадратные ручьи следует предпочитать, так как они обеспечивают лучшее направление прокатываемого материала.

Прокатка мелкосортного железа и проволоки производится либо в непрерывных станах, либо в станах трио.

Непрерывные станы, которые применяются также для прокатки заготовки на меньшие профили (до 8×8 мм), относятся к типу дуо. Прокатка происходит на них почти автоматически и с большой скоростью. В виду этого они применяются в прокатных мастерских, выпускающих большие количества материала одного и того же размера. Число клетей непрерывных станов может достигать до 5—10 (см. фиг. 98), а диаметр валков—до 500 мм.



Фиг. 98.

Привод осуществляется посредством зубчатых колес, обычно лобовых, а при высоком числе оборотов—конических. Если окружная скорость колес превосходит 15 м/сек., то применяют ременную передачу.

При прокатке материал подается рольгангом от нагревательной печи к первой клетке, которая обычно имеет три ручья для профилей различных размеров. На рольганге установлена проводка (или распределитель), положение которой можно регулировать; настраивая проводку соответствующим образом, можно подвести материал к надлежащему ручью. После пропуска через стан материал очень значительно удлиняется и поэтому должен быть разрезан на куски подходящей длины.

Окончательная (чистовая) прокатка сортового и фасонного железа.—Крупные балки окончательно прокатываются, или, как говорят, «докатываются» на реверсивных станах, крупное сортовое железо и средние

сорта сортового и фасонного—на среднесортных станах дуо или трио, наконец, мелкие сорта проката—на мелкосортных станах трио или доппель-дуо.

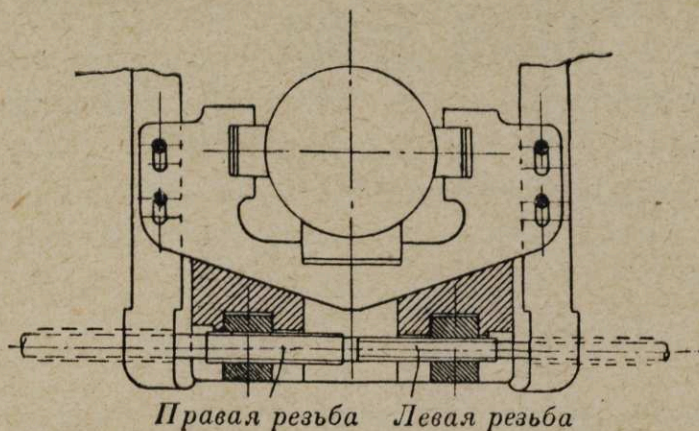
В приводимой ниже таблице указаны числа клеток и приблизительные размеры валков для отделочных станов различных типов. При прокатке рельс и балок длина прокатанных концов может достигать 60—80 метров.

Прокатываемый материал	Тип прокатного стана	Число клеток		Диаметр валков в мм
		подготовительного стана	отделочного стана	
Крупные балки до № 55	Реверсивный стан	1	2	850—900
Рельсы нормальных типов	{ Реверсивный стан или трио }	{ 1 }	{ 2 }	650—750
Балки до № 40	То же	1	2	750—850
Легкие рельсы	Стан трио	1—2	3	{ соотв. 650 и 500—550
Среднесортное жезлезо	Стан трио	1	3—4	{ соотв. 600 и 400—500
Мелкосортное жезлезо	{ Стан трио или доппель-дуо }	{ — }	{ 7—9 *) }	250—350

Станы для прокатки заготовки, сутунки, балок, рельсов и шпал по конструкции приблизительно одинаковы, поэтому в большинстве случаев для производства всех этих материалов пользуются одними и теми же станами. Иногда заготовочный и рельсобалочный станы приводятся от одного общего

*) Весьма различно в различных конструкциях.

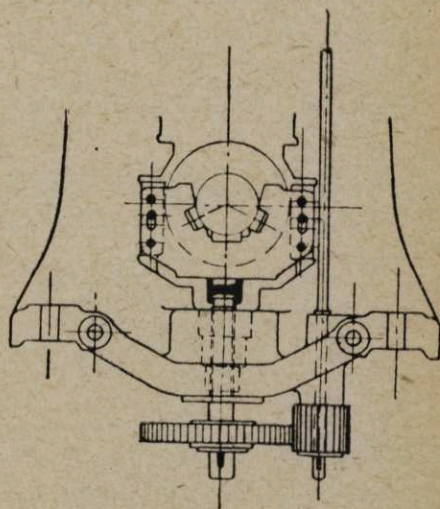
двигателя. Такое устройство дает возможность во время пере-
валки одного из них работать на другом.



Фиг. 99.

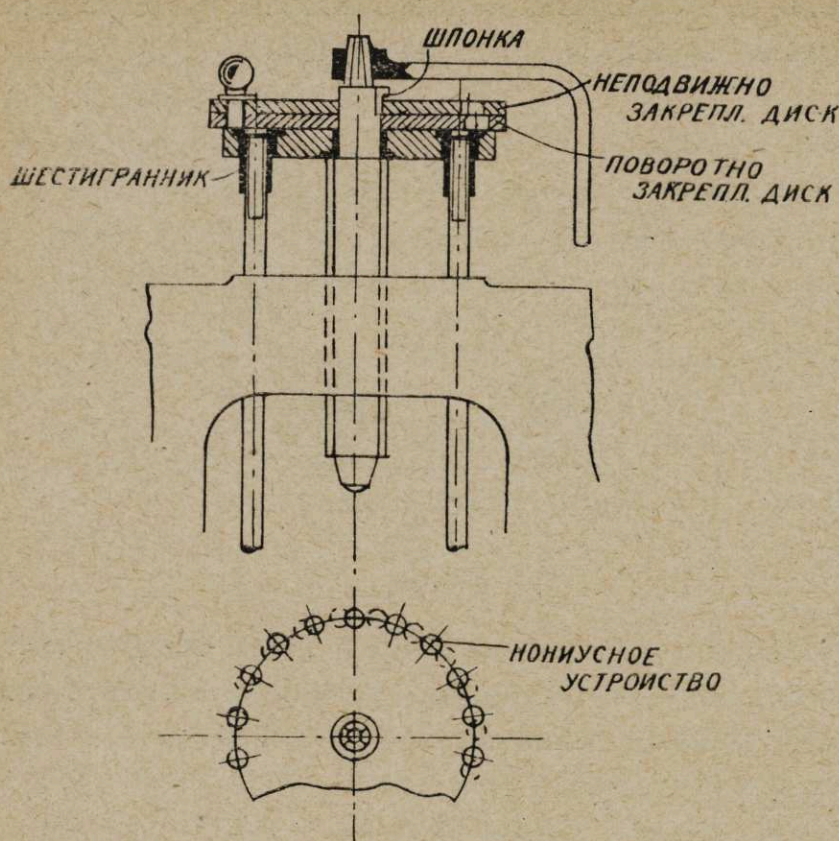
Отделочные станы трио строятся почти всегда с откры-
тыми станинами и переставными верхним и нижним валками.
Установка нижнего валка производится посредством клиньев

(фиг. 99) или винтов (фиг. 100).
Последний способ особенно
прост в тех случаях, когда
величина установки нижнего
валка более или менее значи-
тельна. Для установки верхнего
валка мелкосортных станов при-
меняют ключ с подкладной
круглой шайбой, по периферии
которой просверлен ряд дыр.
В одну из них вставляют
штырь, удерживающий ключ на
месте после того, как уста-
новка валка произведена. Такое



Фиг. 100.

устройство позволяет регулировать положение валка с точ-
ностью до 0,1 мм. Если требуется еще большая точность,
то применяют аналогичное устройство, но с двумя дисками,



Фиг. 101. Механизм установки верхнего вала мелкосортных станов.



Фиг. 102. Скребки для очистки ленточного и обручного железа от окалины.

из которых верхний заклинен на нажимном винте, а нижний падает свободно на его шейку. Отверстия просверлены в обоих дисках, но шаг (деление) этих отверстий несколько различен. Благодаря этому возможно производить установку вала с еще большей точностью, нежели в случае применения устройства с одним диском (см. фиг. 101).

Станы двойные дуо применяются лишь в качестве отделочных, напр., для ленточного, обруч-

ного и полосового железа, а также для получения проката более точных профилей и инструментальной стали. Последняя клеть может быть снабжена полировочными валками, а в случае прокатки ленточного или обручного железа—особым устройством в виде нескольких скребков для удаления окалины (см. фиг. 102). В этом случае последняя клеть стана имеет лишь два валка. Для точной установки валков двойных дуо применяют такие же устройства, как в станах трио.

Прокатка проволоки.

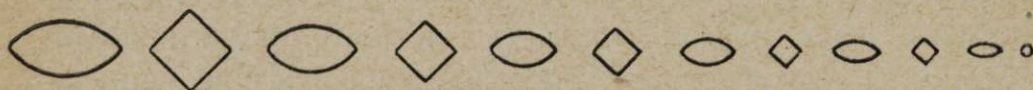
Так как при прокатке проволоки чрезвычайно важное значение имеет низкая стоимость конечного продукта, иными словами—высокая производительность машины при наименьших затратах на производство, то для прокатки этого материала применяются специальные станы. Исходным материалом для изготовления проволоки является предварительно прокатанная (большею частью квадратная) заготовка стороною около 50 мм или болванка размером 100 до 150 мм. Проволочные станы можно подразделить на обыкновенные, полунепрерывные и непрерывные.

Обыкновенные проволочно-прокатные приводы могут, напр., состоять из болваночного трио-стана («обжима») с двумя клетями, валки которых имеют диаметр в 425 мм, подготовительного или черного стана («эбушера») с таким же числом клетей и валками диам. 320—350 мм и, наконец, отделочного стана, разделенного на две линии, с общим числом клетей от 7 до 9. Первая линия отделочного стана состоит в большинстве случаев из четырех клетей, вторая—из пяти. Диаметр валков возрастает от 210 до 305 мм. Вторая линия чистового стана лежит несколько ниже первой.

Преимущества такого разделения отделочного стана на две группы клетей заключаются в том, что последней линии можно сообщить скорость большую, нежели первой, следовательно,

лучше отвечающую непрерывно возрастающей длине проволоки. Этой причиной объясняется и различное число оборотов отдельных частей прокатного устройства: обжим делает ок. 120 *об/мин.*, подготовительный стан—260 *об/мин.*, первая линия отделочного—420 *об/мин.* и вторая—от 550 до 600 *об/мин.* Таким образом, при диаметре валков, напр., в 300 *мм* и числе оборотов 550 в минуту, скорость проволоки в последнем ручье составит ок. 518 *м/мин.* или приблизительно 8,6 *м/сек.*

Первая клеть болваночного стана может быть снабжена легким подъемным столом. Прокатанные в нем заготовки



Фиг. 103. Калибровка на проволоку.

разрезаются на куски подходящей длины, которые затем пропускаются через подготовительный и отделочный станы без нового нагрева.

Обычно каждая клеть чистового стана содержит ручьи одинаковой формы и размеров. Чистовые станы для изготовления катанки диам. 4,5 *мм* заключают от 40 до 50 ручьев. В каждой клети работа происходит лишь в одном направлении, т.-е. между одной и той же парой валков. Третий валок является «слепым», и единственное назначение его состоит в передаче силы следующей клети. Проволока пропускается поочередно через квадратные и овальные калибры по фиг. 103.

В первой и второй клетях второй линии отделочного стана проволока прокатывается одновременно в двух ручьях, а в трех последних клетях—сразу в 3—5 ручьях каждой клети. Благодаря этому первая линия (четыре первые клетки) отделочного стана может продолжать работу, не ожидая, пока проволока пройдет пятую клеть (т.-е. первую клеть второй линии).

Расположение и устройство отдельных частей проволочно-прокатных приводов весьма разнообразны, и приведенное выше описание должно служить лишь примером подобного стана. Для того, чтобы прокатать заготовку сечением 50×50 мм в 5,5-мм-овую проволоку, материал приходится пропустить примерно через 15 ручьев.

При выходе проволоки из ручья вальцовщик должен захватить ее конец клещами и моментально заправить его в следующую клеть. Если принять во внимание большую скорость, с которой движется проволока во время прокатки, то станет понятно, что эта работа требует от вальцовщика большой ловкости и чрезвычайного внимания. Впрочем, в настоящее время эта работа часто выполняется обводками, которые автоматически задают материал овального сечения в квадратный ручей. Из них более всего распространены обводки Шёпфа и Тобера.

Вальцовщик или его подручный, подающий металл из одного ручья в другой, стоит внутри петли, образуемой проволокой, и в случае некоторых неполадок (напр., если металл задержится в предыдущей клетке, в то время, как следующая за ней работает исправно) горячая петля может захлестнуть рабочего и перерезать его. Для предупреждения этого впереди стана, на некотором расстоянии позади вальцовщика, устанавливают вертикально железный столб, через который рабочий перекидывает проволоку, прежде, чем задать ее в следующий калибр.

Из последней клетки отделочного стана проволока попадает в 2"-овую трубу, а из нее на так наз. мотовило, на которое она наматывается в виде бунта. В форме таких бунтов проволока обычно поступает и в продажу. Мотовило, которое приводится во вращательное движение со скоростью, соответствующей скорости проволоки, состоит из круглого железного диска с двумя рядами пальцев по периферии. В настоящее время ось мотовила всегда располагают верти-

кально, так как опыт показал, что мотовила с горизонтальной осью менее практичны. Поверх нижнего диска мотовила надет другой такой же диск с отверстиями, отвечающими пальцам первого, и снабженный каким-либо устройством (напр., рымом или крюком) для подъема его с нижнего диска, когда бунт требуется снять. Конец проволоки заводится в промежуток между обоими рядами пальцев и, следовательно, при вращении мотовила наматывается на него. Для того, чтобы после подъема верхнего диска снять с него бунт проволоки, пользуются крюком простого подъемного или транспортного устройства. При станах высокой производительности устанавливают два мотовила рядом, так что пока с одного из них снимают бунт, другое продолжает наматывать проволоку.

Число, расположение и устройство клеток полунепрерывных проволочных станков, которые характеризуются тем, что черновая прокатка материала производится в них непрерывным подготовительным станом, а чистовая—обыкновенным отделочным, так же разнообразны, как и в описанных выше обыкновенных станах. Так, напр., полунепрерывный привод может состоять из двух непрерывных станков, расположенных один позади другого с ножницами в промежутке между ними, и отделочного стана обычного типа, или из непрерывного стана в 14 клеток, сгруппированных в две линии (из которых первая приводится посредством цилиндрических, а вторая—посредством конических зубчатых колес или ремней), и отделочного стана, разбитого на две линии по две клетки в каждой. Встречается еще и другое устройство приводов этого типа—обыкновенный болваночный стан (трио) для обжима заготовки на квадрат стороной 50 мм, далее—подготовительный непрерывный стан из 6—8 клеток и, наконец, отделочный, не разделенный на группы, из 4—6 клеток. Следует заметить, что выбор того или иного устройства и расположения полунепрерывного привода определяется намеченным масштабом производства, раз-

мерами тех сортов катанки, которые должны изготавливаться чаще всего, и пр.

Н е п р е р ы в н ы е проволочные станы состоят из 15—17 клетей, разбитых на две группы. Передача движения отдельным клетям производится в первой линии—цилиндрическими, во второй—коническими зубчатыми колесами или ремнями. Как и в непрерывной части полунепрерывных станов, исходным материалом здесь служит заготовка сечением 50×50 мм.

Непрерывные и полунепрерывные станы требуют большего числа мотовил, нежели обыкновенные. Так, при больших станах этих типов число мотовил доходит до пяти.

Вполне непрерывные прокатные приводы имеют тот недостаток, что выпускают не совсем точно калиброванную по размеру проволоку, которая при прокатке в станах этого типа должна, как следует из сказанного выше, несколько вытягиваться на переходе из одной клетки в другую. Результатом такой вытяжки может явиться незаполнение материалом всего сечения ручья и, как следствие этого, неправильность профиля катанки: середина ее тоньше, чем нужно, а края получаются рваными. Полунепрерывные приводы от этого недостатка свободны, так как отделка проволоки производится в них станом обыкновенного типа.

Специальные прокатные станы.

Помимо трубопрокатных станов, которые описаны ниже, в разделе, посвященном Производству труб, существуют некоторые специальные конструкции прокатных станов, предназначенных для особых целей. Главные из них должны быть описаны здесь хотя бы в сжатой форме. К числу их относятся:

1. Универсальные станы для прокатки широкополочных двутавровых балок (с высокой стенкой и широкими полками одинаковой по всей ширине толщины), так наз. балок Грея.
2. Станы для прокатки бандажей и дисковых колес (колесных центров).
3. Станы с эксцентрическими или неполными калибрами.

Универсальные прокатные станы для балок Грея.

Универсальные станы обычного типа в последнее время удалось переконструировать также и для прокатки двутавровых балок. Этот метод прокатки был применен впервые американцем Греем (Grey) и впоследствии, благодаря присущим ему преимуществам, был принят многими железо- и сталепрокатными заводами. Это объясняется тем обстоятельством, что прокатка двутавров в обыкновенных валках с закрытыми ручьями связана с целым рядом технических факторов, которые неблагоприятно влияют на ход прокатки. В таких валках полки двутаврового профиля образуются не прямым (непосредственным) давлением бочки

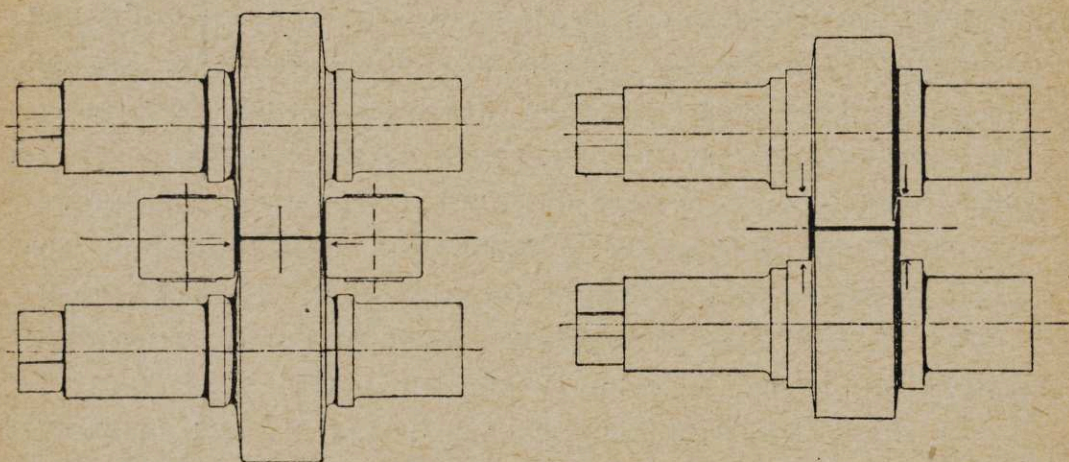
валка, подобно стенке балки, а посредственным (боковым) давлением, т.-е. материал деформируется здесь гребнями ручья. В то время, как стенка непосредственно подвергается обработке, полки, так сказать, предоставляются главным образом самим себе и должны образоваться, заполняя соответствующие части профиля калибра под влиянием давления на стенку. Однако, при таком способе прокатки получить произвольную высоту полок или стенки невозможно. Кроме того, для образования полок гребням калибра приходится давать большой выпуск (см. стр. 89), так что полки получаются по краям значительно более тонкими, нежели у стенки. Это обстоятельство неблагоприятно сказывается на прочности балки, так как момент сопротивления поперечного сечения ее при этом получается несколько меньшим.

Чем шире должны быть полки, тем больше будет скорость перемещения стенки прокатываемого профиля относительно кромок полок (вследствие разницы между окружными скоростями ручья в одном и другом месте). Это представляет тем большее неудобство, что полки должны прокатываться начисто лишь в конце процесса прокатки, когда материал уже несколько остыл и поэтому менее пластичен. Вследствие этого концы балок получаются часто неправильными, и в месте сопряжения полок со стенкою профиля возникают внутренние напряжения.

Указанных недостатков можно совершенно избежать, прокатывая подобные балки в универсальном стане с двумя горизонтальными и двумя вертикальными валками. В отличие от универсальных приводов обычного типа, в этом стане вертикальные валки расположены таким образом, что оси их лежат в одной вертикальной плоскости с осями горизонтальных валков. Такая конструкция стана позволяет получать балки точного профиля (см. фиг. 104). Для того, чтобы обравнять кромки полок и выправить положение стенки в балке, последняя после собственно чистовой прокатки

должна быть пропущена еще через одну клеть только с двумя горизонтальными валками по фиг. 105. Как показывает рисунок, кромки полок обравниваются двумя парами заплечиков, проточенных на этих валках.

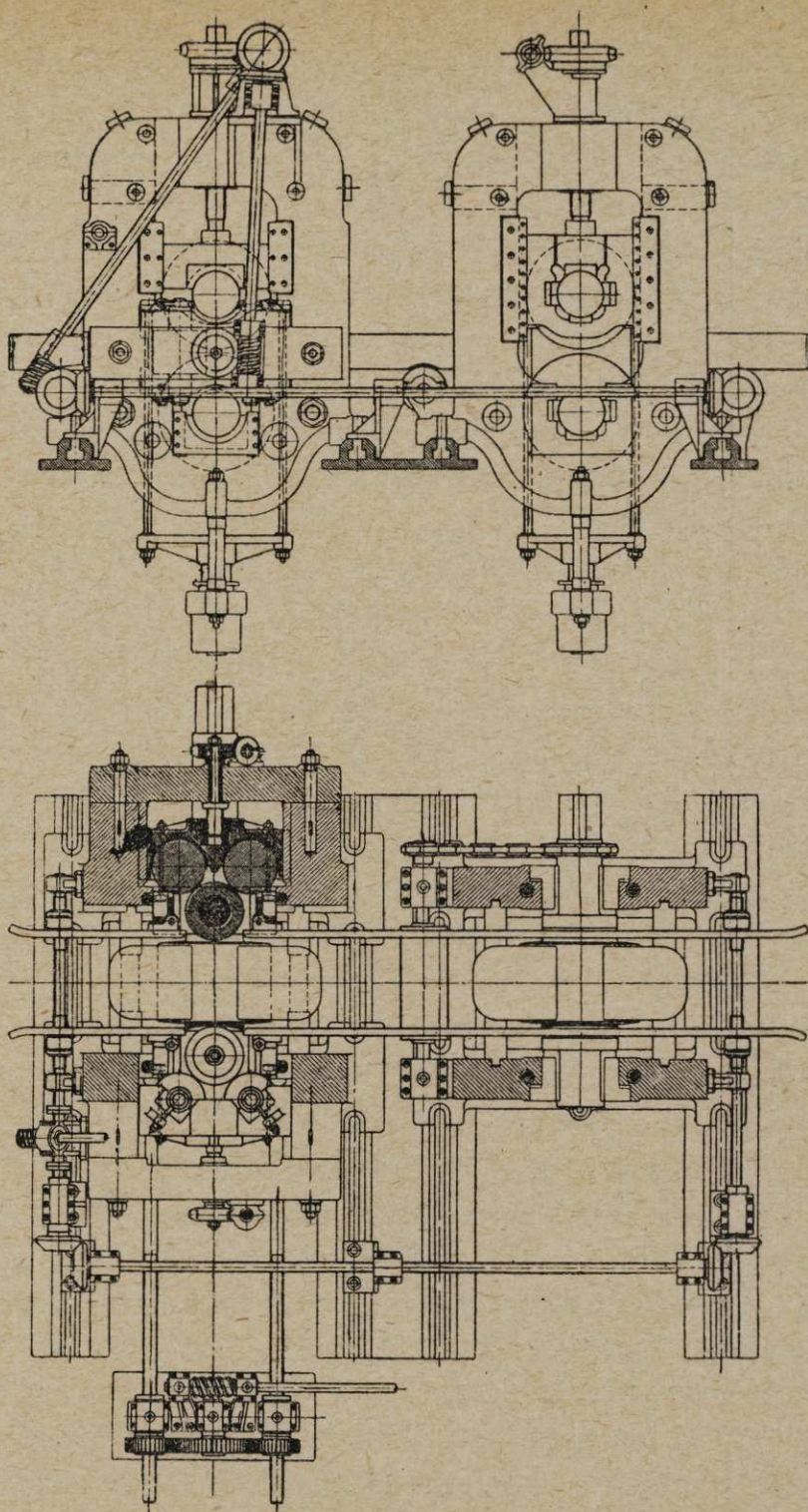
Следует заметить, что, так как валки должны соответствовать внутреннему профилю балки, стан Грея можно применять лишь для чистовой прокатки, при которой производится лишь уменьшение толщины полок и стенки балки. подгото-



Фиг. 104 и 105. Расположение валков в стане Грея.

вительная профилировка материала производится болваночным станом и не представляет никаких затруднений, так как материал при этом еще достаточно нагрет.

Стан Грея (см. фиг. 106) состоит из двух клетей, расположенных одна позади другой. Горизонтальные валки обеих клетей приводятся от одной машины, допускающей реверсирование хода. Между клетями, а также впереди и позади их имеются направляющие линейки, положение которых можно изменять и которые устроены таким образом, что балка получает точное направление из одной клетки в другую. Вертикальные валки первой клетки вращаются в силу одного только трения, и давление, производимое на них прокаты-



Фиг. 106. Стан. Грея.

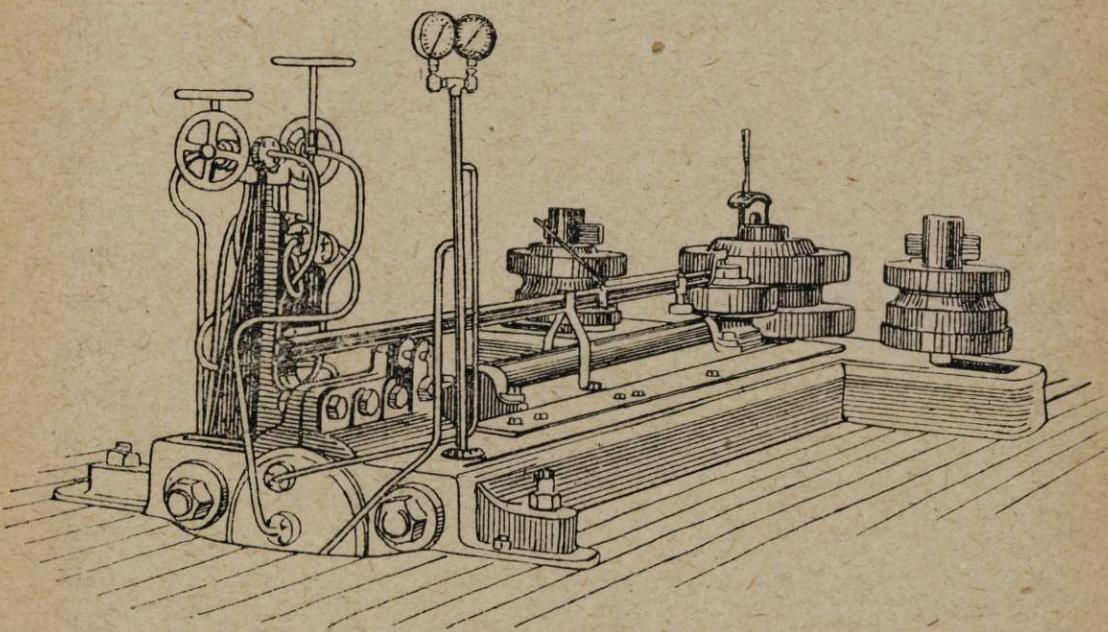
ваемым материалом, воспринимается роликами, шейки которых лежат в особых колодках или салазках. Каждый вертикальный валок подпирается с наружной стороны двумя такими роликами. Как колодки роликов, так и верхний горизонтальный валок сделаны переставными. Последний устанавливается в надлежащее положение обычным способом—при помощи нажимных винтов—и уравновешен гидравлическими цилиндрами. Подпорным роликам движение сообщается через посредство системы передач (конические зубчатые колеса и червячная передача) от регулировочного механизма нажимных винтов.

Для прокатки балок различной высоты в одном и том же стане необходимо при переходе на новый профиль всякий раз производить перевалку стана, устанавливая на место прежних новые валки; если разница между высотами профилей велика, то сверх того приходится изменять также и расстояние между станинами первой клетки. Эта задача облегчается тем, что конструкция современных станов Грея предусматривает механическое передвижение каждой из станин относительно другой.

Двутапровые балки, прокатанные в стане Грея, по сравнению с балками, изготовленными на обыкновенных станах, обладают рядом преимуществ. Кроме тех, которые вытекают из сказанного выше относительно недостатков балок, прокатанных обычным способом, следует еще заметить, что стан Грея дает возможность прокатать стенку профиля значительно более тонкой, нежели в обыкновенных двутапровых балках. Благодаря этому вес балки получается меньшим, тогда как прочность ее уменьшается очень незначительно. Одинаковая толщина полок балок Грея облегчает соединение их с другими частями металлической конструкции. В универсальных станах описанного типа можно катать балки высотой до 1000 мм, что дает возможность избегать в различных сооружениях клепанных балок до такой же высоты.

*Станы для прокатки бандажей, дисковых колес
и колесных центров.*

Бандажи для колес железнодорожного подвижного состава прокатываются на станах по фиг. 107. Исходным материалом для изготовления бандажа, который впоследствии должен быть насажен в горячем состоянии на колесный диск

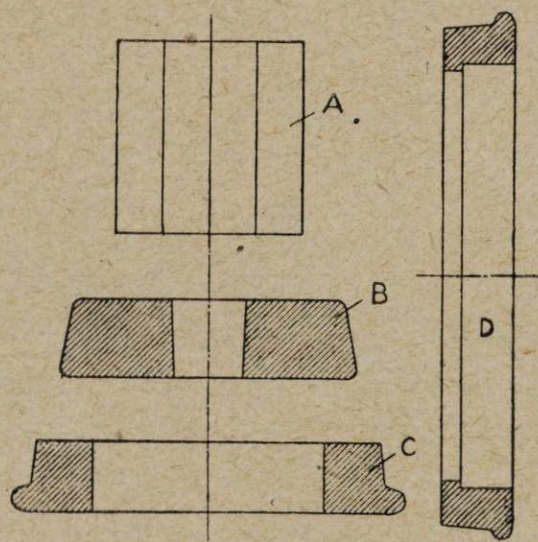


Фиг. 107. Бандажный стан.

(колесный центр) со спицами или без них, служит восьмигранная или круглая болванка весом 250—500 кг; длина ее приблизительно равна диаметру (см. фиг. 108 А). Болванку высаживают на гидравлическом прессе или под паровым молотом до тех пор, пока толщина ее не будет соответствовать ширине готового бандажа. Затем в середине ее прошивают большим пробойником—так наз. прошивнем—дыру диам. 180—200 мм, после чего заготовка принимает

вид, изображенный на фиг. 108 В. Далее расковывают заготовку на оправке, расширяя при этом дыру и придают ей точный размер посредством прошивки пуансоном (фиг. 108 С). Полученное таким образом бандажное кольцо (разводка) готово для прокатки, которая производится после нового нагрева.

Осаживание слитка до ширины бандаж и прошивка дыры производятся при помощи парового молота в 8—12

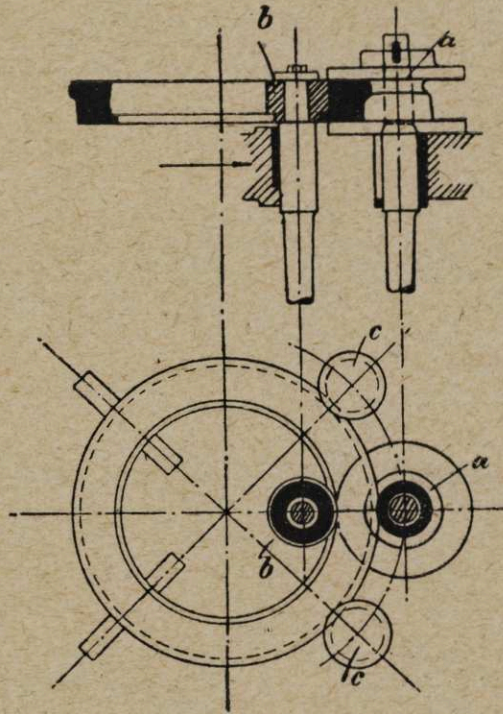


Фиг. 108. Последовательные стадии процесса изготовления бандаж.

тонн или 1000—1500-тонного пресса, а расковка заготовки и подготовительное осаживание—обычно на 600—800-тонном прессе. Все эти операции производятся нормально с одного нагрева (в перекаточной печи).

Главную частью бандажного стана являются два вертикальных коротких вала *a* и *b* (фиг. 109), которые имеют подшипники только снизу, так что бандажное кольцо может быть прямо надето на один из них—внутренний. Подшипник этого вала укреплен в стане неподвижно. Другой валок

можно перемещать благодаря тому, что шейка его, лежащая в подшипнике, связана с поршнем гидравлического цилиндра. Принудительное движение сообщается лишь неподвижному валку, который приводится во вращение от ревер-

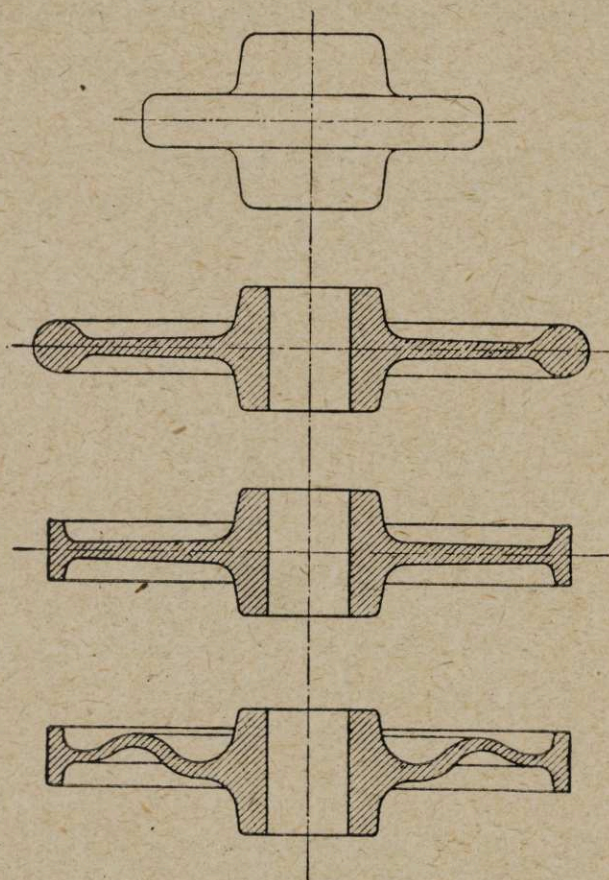


Фиг. 109. Расположение валков в бандажном стане.

сивного двигателя через посредство конических зубчатых передач. Оба валка калиброваны соответственно профилю бандажа.

Для того, чтобы сделать возможным придание бандажному кольцу желаемого диаметра и выправку его, стан снабжен двумя направляющими центрирующими роликами *c*, которые могут быть переставляемы вручную; положение роликов указывается стрелкою на особой шкале, деления которой

показывают непосредственно диаметр бандаж, соответствующего тому или иному положению роликов. Чем меньше

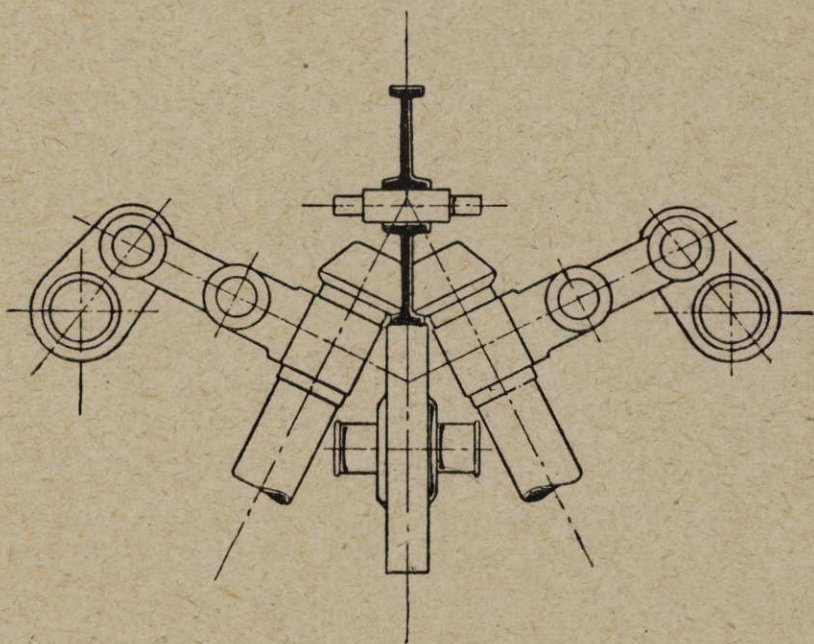


Фиг. 110. Последовательные стадии процесса изготовления дискового колеса.

расстояние между направляющими роликами, тем меньшим получается и диаметр бандаж.

Валок, который приводится в движение от машины, вращается со скоростью от 30 до 50 об./мин. Стан прокатывает за 8 часов от 160 до 175 бандажей диаметром в среднем 2000 мм. Мощность двигателя $N = (8 \text{ до } 10) \times$ число оборотов валка.

Колесные диски изготавливают примерно таким же способом, как бандажи, т.-е. предварительно обрабатывают заготовку на ковочном прессе (5000 *m*) или под паровым молотом (10 *m*), причем она принимает первую из форм, изображенных на фиг. 110, и затем прокатывают ее между



Фиг. 111. Схема устройства стана для прокатки дисковых колес.

валками, которые придают надлежащую форму диску и ободу колеса.

При этой операции средняя часть диска, которая здесь играет роль спиц обычного колеса, получается плоской. Чтобы придать диску надлежащую фасонную форму (см. фиг. 110 внизу), заготовку подвергают окончательной обработке на гидравлическом прессе.

Прокатка дисковых колес производится на специальных станах с двумя коническими валками и одним цилиндри-

ческим. Как показывает фиг. 111, последний служит для образования обода колеса. Расход силы—600—700 л. с. Максимальное число оборотов 120 в мин. Продолжительность прокатки диска—40 сек.

Прокатные станы с эксцентрическими или неполными ручьями.

Об эксцентрических или неполных ручьях уже было упомянуто на стр. 83. Соответствующие прокатные станы строятся в виде обыкновенных станов дуо с ручьями различных форм, в зависимости от формы изделий, для прокатки которых они предназначаются.

Примером подобных станов могут служить станы для прокатки зубьев различных вилок, напр., сенокосных. Предварительно отштампованные и прокованные заготовки для таких зубьев прокатываются в стане с двумя валками полукруглого сечения, снабженными соответствующей формы ручьями. Каждый зуб вилы прокатывается отдельно, для того же, чтобы остальные не мешали обработке, их предварительно отгибают в сторону. Первый зубец вилы отгибают вперед уже во времяковки.

Валки стана вращаются таким образом, что когда рабочий подает вперед зубец, последний захватывается валками и втягивается в ручей. Благодаря своей полукруглой форме валки через известную часть оборота освобождают зубец, так что рабочий может отвести заготовку назад и задать зуб в следующий ручей в тот момент, когда рабочие поверхности валков снова встречаются. Прокатка производится в нескольких ручьях, сделанных более узкими к тому краю, которым они захватывают конец зубца, и постепенно уширяющихся к другому краю соответственно форме зубьев вилок.

Станы с неполными ручьями применяются также для прокатки заготовок для мелких напильников, форма которых представляет более или менее значительные трудности для изготовления их ковкой или требует для этого много времени. Малые прокатные станы с движущимися взад и вперед валками применяются для заострения («шпицования») проволоки, которая должна поступить в волочильный станок, для того, чтобы конец проволоки можно было завести в глазок волочильной доски (см. ниже).

Прокатка цветных металлов и сплавов.

Цветные металлы и сплавы прокатываются, вообще говоря, только в листы и проволоку, а также в круглый материал более крупного сечения. Что касается фасонных профилей (чаще всего в этой форме изготавливается латунь), то они производятся главным образом обработкой на гидравлических прессах или волочением. Впрочем, более простые профили изготавливаются также посредством прокатки.

Станы, применяемые для прокатки цветных металлов, не отличаются сколько-нибудь существенно от тех, которые служат для горячей прокатки железа и стали. Различие между ними состоит собственно лишь в том, что станы для цветных металлов строятся более легкими, так как эти металлы обрабатываются легче железа. Листопрокатные станы строятся обычно двухвалковыми (дуо), проволочные—трехвалковыми (трио). Для прокатки более толстых листов применяют, как и в случае железа, реверсивные станы. Цветную проволоку прокатывают обычно до диаметра 10 мм, дальнейшая обработка производится волочением. Поэтому проволочные станы для цветных металлов получаются более короткими, нежели станы для прокатки железной проволоки до диаметра в 5 мм, и состоят всего лишь из 5—7 клетей.

Красную медь и никкель катают при температуре красного каления, точно так же, как ковкую латунь (с содержанием 40% цинка). Цинк перед прокаткой нагревают до температуры несколько выше 100°C. Алюминий мелких профилей, олово и свинец катают без предварительного

нагрева. Напротив, первая—черновая—прокатка алюминия производится после нагрева.

Исходным материалом для прокатки листовой меди и латуни служат литые пластины или плиты прямоугольной формы, напр., длиною 600—800 мм, шириною 200—300 мм и толщиной от 30 до 40 мм. Впрочем, размеры заготовки зависят от величины листов, которые должны быть прокатаны из нее. Перед прокаткой на вертикально-фрезерном станке чисто сфрезеровывают грани этих плит, чтобы удалить с них окислы, песок, грязь и пр. Эта операция производится при помощи фрезы или фрезерной головки с вставными ножами, закрепленной на свободном нижнем конце шпинделя вертикально-фрезерного станка; диаметр фрезерной головки должен быть равен ширине плиты. Ниже фрезы расположен рабочий стол станка, которому сообщается движение подачи. Листовую заготовку закрепляют на этом столе и поднимают его настолько, чтобы поверхность заготовки подошла под режущие ребра инструмента. Более глубокие трещины чисто вырубаются при помощи пневматического зубила.

Плиты, красной меди после нескольких пропусков охлаждают в водяной ванне, после чего, если это нужно, снова нагревают ее. Как известно, быстрое охлаждение делает красную медь более мягкой; вместе с тем, вследствие резкого изменения температуры, с поверхности меди отскакивает окалина. После этого плиту снова нагревают и продолжают прокатку до требуемой толщины. Скорость прокатки составляет для листовой красной меди до 1,5 м/сек., для листовой латуни—около 0,8 м/сек.

Круглую прутковую медь, латунь и т. д. катают из литой круглой болванки или заготовки длиною примерно в 600 мм и диаметром 100 мм; прокатка производится в станах трио обычной конструкции. Исходным материалом для изготовления проволоки могут служить также литые овальные пластины, которые предварительно прокатываются в листы и за-

тем разрезаются дисковыми ножницами на полосы. Овальные заготовки задаются в прокатный стан так, чтобы их продольная ось была параллельна осям валков; благодаря этому заготовки вытягиваются сильнее в поперечном направлении. В результате прокатки заготовка превращается в круглую плитку. Этот способ применяется, между прочим, для изготовления тонкой бронзовой проволоки для бумажных машин. Заготовка имеет овальную форму примерно 600×300 мм при толщине в 30 мм и прокатывается в круглые листы толщиной ок. 5 мм. Лист закладывают в дисковые ножницы таким образом, чтобы по мере резки он постепенно поворачивался приблизительно около своего центра; при этом круглые ножи ножниц вырежут из листа полосу в виде спирали. Чтобы получить из нее проволоку, ее подвергают волочению.

Цинк перед прокаткой в листы нагревают в печах без доступа воздуха. Тонкие цинковые листы накладывают один на другой в виде стопы, предварительно смазав их поверхности говяжьим салом или минеральным маслом, и затем прокатывают все вместе. Для того, чтобы избежать слишком быстрого охлаждения листов, валки стана (поверхность их закалена отливкою в изложницы, затем шлифована и полирована) в некоторых случаях обогревают паром. Чистовая прокатка цинковых листов производится при температуре 150°C . После этого листы оставляют медленно остывать.

Остальные металлы, за исключением бронзы, прокатывают в холодном виде.

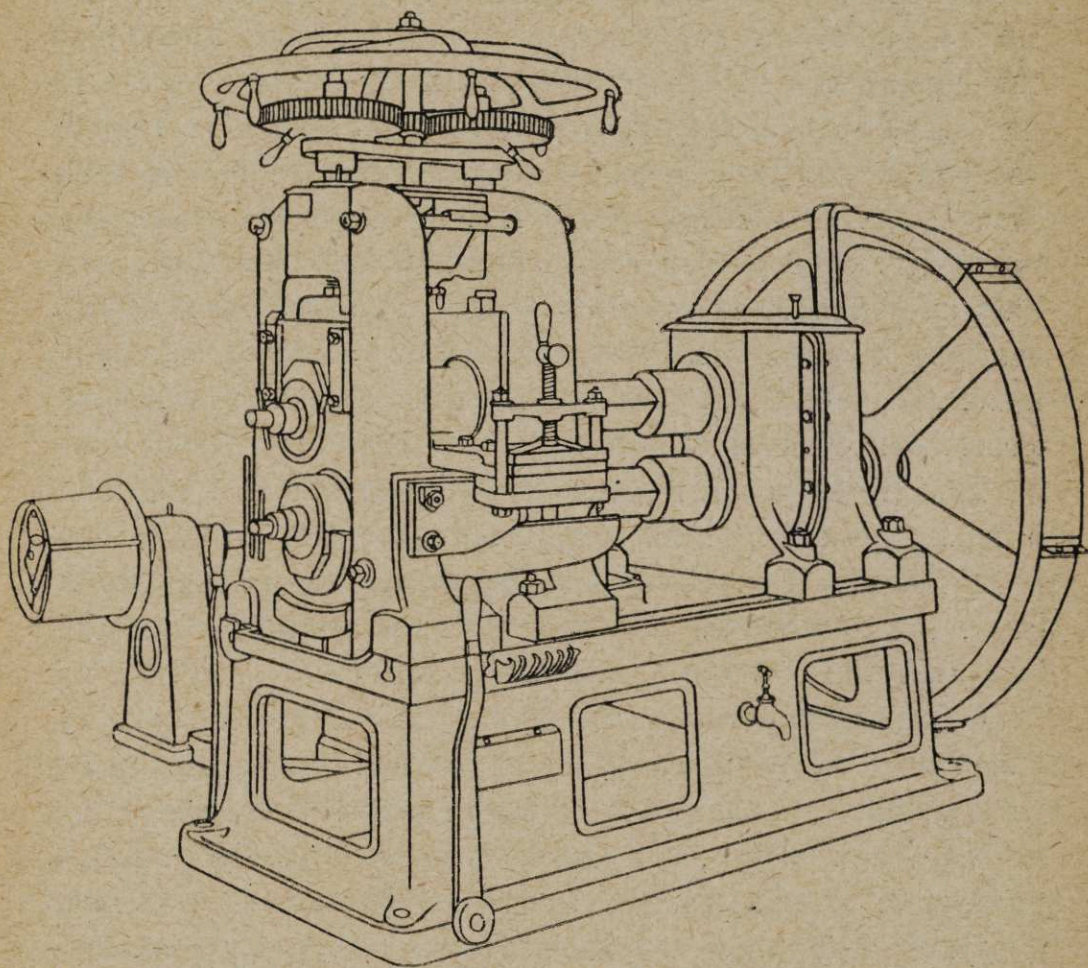
Холодная прокатка.

Холодная прокатка применяется частью для получения более мелких и более точных размеров, нежели это возможно при горячей прокатке, частью с целью придания материалу блестящей и красивой поверхности, частью же для того, чтобы увеличить прочность прокатанного материала, сделав его поверхность более эластичной и твердой. В отношении таких мягких металлов, как олово и свинец, а также нековкой латуни, бронзы, нейзильбера, серебра и золота, холодная прокатка заменяет обычную для других металлов обработку посредством горячей прокатки. Вместе с тем задачей этого метода обработки является также уплотнение пористых материалов, например, белого металла, который в отливке получается обычно неплотным. Сравнительно с горячей прокаткой холодная прокатка представляет те преимущества, что она не сопровождается окислением металла—неизбежным следствием нагрева—и связанной с образованием окислов потерей материала; точно так же отпадают в этом случае и расходы на топливо, рабочую силу и пр., связанные с нагреванием материала. Продуктами холодной прокатки являются главным образом листовые и ленточные материалы, профили для изготовления пружин и т. под., а также—точно калиброванные сорта железа и стали для изготовления поршневых штоков, винтов (напр., ходовых), шпинделей, клапанов, валов, осей, заготовки для ножей, шпонок, направляющих шин для элеваторов, ножедержателей к сенокосилкам, и многие другие сорта проката, от которых требуется ровная и гладкая поверхность и точные размеры.

Станы для холодной прокатки работают по тому же самому принципу, как и обычные станы для горячей прокатки металлов. Различие между ними заключается в том, что каждый стан для холодной прокатки состоит из одной только клетки, размеры их меньше (за исключением станов для вальцовки крупных слитков свинца), так как они предназначаются для обработки лишь мелких профилей, валки их имеют блестящую полированную поверхность и работают с малой окружной скоростью. Помимо этих характерных особенностей, станы для холодной прокатки бывают снабжены специальными устройствами для намотки прокатанного материала, если он выходит из валков в виде листа или ленты, длина которых обычно довольно значительна. В подобных случаях лист или лента навиваются на горизонтальный барабан, имеющий подшипник лишь с одной стороны и снабженный продольным прорезом (см. фиг. 112 слева), в который заводится конец ленты, выходящей из валков. Барабан или блок связан с приводным механизмом стана посредством фрикционных дисков; регулируя относительное положение последних, можно изменять скорость барабана надлежащим образом, соответственно требуемой скорости намотки. Также и самый стан приводится во вращение посредством фрикционных дисков, позволяющих без труда регулировать его скорость.

Окружная скорость валков стана для холодной прокатки в большинстве случаев, как уже было указано выше, значительно меньше скорости валков станов для горячей прокатки, что является естественным следствием сравнительно более высокой точности работы прокатных станов первого рода. Эти станы строятся двухвалковыми, причем верхний валок допускает установку по высоте, которая производится обычным способом—при помощи нажимных болтов. Как правило, устанавливаются одновременно обе шейки валка, но конструкция станов для холодной прокатки предусматривает также возможность установки каждой из них в отдельности.

На фиг. 112 изображен стан для холодной прокатки с барабаном для наворачивания материала. Механизм для установки верхнего валка имеет обычное устройство и состоит из довольно большого штурвала, на вертикальном шпинделе



Фиг. 112. Стан для холодной прокатки.

которого заклинена шестеренка, находящаяся в постоянном зацеплении с двумя шестернями большего диаметра, сидящими на нажимных болтах. Последние снабжены муфтами, позволяющими расцеплять каждый из них от общего механизма установки: для этого достаточно повернуть соответ-

ствующую рукоятку. Стан, изображенный на фиг. 112, снабжен, кроме того, устройством для внутреннего охлаждения валков проточной водой.

Для мелких работ, напр., для обработки золота и т. д., пользуются маленькими простыми вальцами, в которых производится прокатка проволоки и листов. Самые простые из них приводятся во вращение ручным способом, посредством рукоятки, и снабжены двумя простыми винтами, при помощи которых можно регулировать положение каждой шейки верхнего вала независимо от другой. Существует целый ряд различных конструкций станков для холодной прокатки, представляющих в совокупности переход от простейших ручных вальцев к описанному выше довольно сложному стану и приспособленным для различных работ и для большей или меньшей производительности.

При прокатке ленты и листового материала в длинных рулонах, последний подается в стан из установленного впереди машины горизонтального барабана, вращающегося на своей оси вхолостую. Это устройство аналогично тем, которые применяются при волочении проволоки.

Стальную ленту предварительно прокатывают в горячем виде на универсальном стане; при этом можно дойти до толщины не ниже 1,75 мм. Следует, впрочем, заметить, что толщина, до которой доводят ленту горячей прокаткой, сообразуется с требуемой толщиной конечного продукта так, чтобы во время последующей холодной прокатки эта толщина уменьшалась лишь очень незначительно. Во время горячей прокатки лента получает приблизительно требуемую ширину — ординарную или двойную; в последнем случае ее в дальнейшем разрезают вдоль на две полосы. Если требуемая ширина ленты должна быть выдержана с особо высокой точностью, то после холодной прокатки кромки ленты обрезают и шлифуют; последняя операция производится с целью удаления грата. Иногда шлифуют

также и широкие грани ленты, чтобы получить продукт строго требуемой толщины.

В большинстве случаев достаточно ограничиться одной лишь холодной прокаткой стальной ленты, иногда—с последующим пропуском ее между вращающимися полировочными валками.

Мелкую стальную ленту (пружинную сталь) можно катать также из круглой стальной проволоки между валками с гладкой (без ручьев) бочкой. В этом случае диаметр проволоки должен быть выбран с таким расчетом, чтобы желаемая толщина ленты получалась сама собой, когда толщина ее примет надлежащий размер. Для этого проволока должна быть пропущена между несколькими парами валков.

Ж е с т ь. — Холодная прокатка тонкого листового железа для изготовления жести не отличается сколько-нибудь существенно от других методов прокатки тонких листовых металлов. Так как, однако, такое железо часто бывает очень тонким и в дальнейшем подвергается лужению, то очень важно, чтобы поверхности его были чистыми и гладкими.

Листовое железо, предварительно прокатанное в горячем состоянии, после отжига и травления (последнее производится в разбавленной водою серной кислоте) должно быть пропущено через прокатный стан три раза—либо через одну и ту же пару валков, либо—через три пары валков, расположенных в одну линию. В Америке для этой цели часто применяют прокатные станы, построенные для непрерывной работы и состоящие в этом случае из трех клетей, установленных одна за другой, как можно ближе друг к другу. Если задать лист в первую пару валков, то он пройдет, не останавливаясь, и через две остальных пары, расположенных позади первой; для направления листа служат проводки. Последняя пара валков предназначена для проглаживания (лощения) листов.

Диаметр валков для холодной прокатки жести может составлять ок. 500 мм, число оборотов их доходит до 60 в мин.

После холодной прокатки листы в большинстве случаев подвергают еще одному отжигу с последующей отравкой (откваской) в более слабом растворе серной кислоты. Травильный процесс почти не отличается от того, который применяется при волочении проволоки (см. ниже), хотя оборудование, предназначенное для манипулирования материалом, в обоих случаях может быть несколько различным. Один из способов выполнения этой работы состоит в следующем. Большое число листов ставят на ребро в деревянные решетчатые ящики, которые помещают в травильную ванну и затем переносят в такую же ванну, наполненную водой (лучше всего проточной), где листы прополаскиваются. На место ящика с листами, вынутого из водяной ванны, тотчас же переносят ящик из травильной ванны, а на место, освободившееся в последней, ставят новый ящик с еще не отравленными листами. При таком способе работы достигается известная непрерывность травильного процесса. Для обслуживания ванн лучше всего пользоваться поворотным краном с тремя или четырьмя поперечинами, поднимаемыми одновременно с помощью парового или воздушного цилиндра, укрепленного на колонне крана. Так как железные листы стоят в ящике и ванне вертикально, кислота легко стекает с них, что значительно облегчает последующее прополаскивание.

После последнего отравливания каждый лист подвергают внимательному осмотру и все места на нем, недостаточно протравленные кислотой, соскребают острым шабером, концом напильника и т. п. Если при этом на листе будут обнаружены жирные пятна, лист окунают в кипящий раствор каустической соды. Эту операцию повторяют несколько раз, до тех пор, пока поверхность листа не станет совершенно чистой. После этого лист окунают еще раз в ванну разведен-

ной серной кислоты, и лист готов для лужения. Последнее производится путем повторного опускания листа в ванну расплавленного олова.

Холодная прокатка листов и ленты из цветных металлов отличается от описанного выше процесса холодной прокатки железа и стали лишь незначительно. Листовую медь, листовую латунь и пр. приходится отжигать, подобно железным и стальным листам, если эти цветные металлы пропускаются через прокатный стан на холоду несколько раз, так как иначе они становятся чересчур твердыми и трудно поддаются обработке. Потеря материала при холодной прокатке листовой красной меди составляет всего лишь $\frac{1}{4}\%$, тогда как при горячей прокатке она может достигать до 7%. Из холодной прокатки, которая в отношении цветных металлов и сплавов имеет целью более значительное, чем для железа, уменьшение толщины материала, листы выходят с неровными кромками, и их приходится чисто обрезать после этого.

Травление красной меди и латуни (после горячей прокатки или отжига) не представляет каких-либо затруднений, так как эти металлы поддаются очистке значительно легче, нежели железо. Алюминий, как известно, при нагреве покрывается лишь едва заметной пленкой окислов. Травление листовой меди производится следующим образом. Лист пропускают через травильную ванну так, чтобы он был при этом целиком погружен в нее, и медленно передвигают его в ванне от одного конца ее к другому. После этого лист таким же образом промывают в ванне, наполненной чистой водой, и затем пропускают одной и другой стороной через один или несколько сушильных валков, обогреваемых паром. Эти валки приводятся во вращение тем или другим способом; слегка нажимая на лист, заставляют его подаваться вперед. Наконец, лист навивают на барабан и подают его к стану для холодной прокатки. На подобные барабаны листы навивают

также и после горячей прокатки, если длина материала получается достаточно большой. Для пропуска материала через травильную ванну, он сматывается с такого же барабана, установленного у переднего конца ее.

Прокатка листового и рольного свинца производится в больших станах с валками диаметром от 350 до 750 мм, в зависимости от ширины листов или роля. Предназначенные для этого станы строятся реверсивными. Исходным материалом для прокатки указанных сортов свинца служат большие слитки прямоугольного профиля, весящие иногда до 10 тонн. Эти слитки прокатывают прежде всего в пластины, затем разрезают их и дальше катают в листы длиной до 20 м. Ширина листов колеблется в пределах от 1 до 4 м. Резка пластин производится на круглых пилах. Кромки готовых листов чисто обрезают на обрезных станках. Длинные листы навивают на деревянные валики, которые затем вынимают из роля.

Платированные (плакированные, накладные) листы (двухслойные и т. д.) изготавливаются следующим образом. Листы различных металлов, подлежащие соединению друг с другом, кладут в должном порядке один на другой и пропускают между валками прокатного стана. Если давление, производимое валками, достаточно велико и поверхности металлических листов совершенно чисты, то эти металлы соединяются друг с другом в силу сцепления. Если красную медь нужно платировать серебром, то поверхность медного листа толщиной 12 мм покрывают раствором треххлористого золота (для того, чтобы увеличить сцепление между поверхностями листов) или азотнокислого серебра, накладывают на него лист серебра, нагревают их до температуры красного каления и затем прокатывают в тонкие листы. Точно таким же образом медь платируют платиной и нейзильбер—серебром. Олово и свинец прокатывают вместе в холодном состоянии или свинцовый лист покрывают слоем расплавлен-

ного олова и затем пропускают через прокатный стан. Железо и сталь сваривают с никкелем при белокалильном жаре, затем прокатывают. Оба металла должны быть совершенно чисты и поверхности их защищены от воздуха.

Для холодной прокатки валов применяются станы такой же конструкции, как и для горячей прокатки (трио). Валки закалены отливкою в изложницы; подшипники среднего вала неподвижны, положение верхнего и нижнего валков можно регулировать. Все направляющие линейки, проводки, а также ролики самоката должны быть сделаны из бронзы, чтобы не оставлять царапин на готовых валках. Последние пропускаются через соответственно калиброванный ручей большое число раз (напр., вал диаметром 75 мм—25 раз), причем диаметр уменьшается чрезвычайно незначительно (меньше, чем на миллиметр). Если диаметр вала должен быть выдержан с очень высокой степенью точности, то это достигается путем волочения (см. ниже).

Другие профили, как квадратный, шести- и восьмигранный и пр., прокатываются на холоду в станах, по конструкции сходных со станами для горячей прокатки. Полосовое железо и др. металлы прокатываются между валками с гладкой бочкой.

Здесь уместно будет упомянуть о производстве так наз. обжатых валов. Обжатие, имеющее целью сделать поверхность вала твердой и плотной и отполировать ее до блеска, производится хотя и не путем прокатки в собственном значении этого слова, однако, способом, который до известной степени сходен с этим методом обработки. Вал подвергается одновременно обточке и сжатию по цилиндрической поверхности. Для этого его устанавливают между центрами машины, очень похожей на токарный станок, но отличающейся от него тем, что во время обработки вал остается неподвижным, тогда как резцы вращаются вокруг него. Обточка вала производится несколькими резцами сразу,

обрабатываемыми материал последовательно — один за другим, так что в результате обработки поверхность вала получается совершенно гладкой. Резцовая головка, охватывающая, следовательно, вал снаружи, подается вдоль него. Обжатие вала производится аналогичным образом и на той же машине: инструмент, выполняющий эту операцию, движется следом за резцовой головкой, обтачивающей вал. Самое обжатие производится выпуклыми полированными стальными колодками, которые, подобно резцам, укреплены во вращающейся головке и с большой силой прижимаются к поверхности вала, в то время, как сама головка автоматически подается вдоль него. Подобное обжатие значительно увеличивает прочность вала.

Холодная прокатка труб рассматривается ниже, в соответствующем месте следующего раздела.

ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ

Введение.

Классификация труб.

Трубы из железа и других металлов изготовляются в настоящее время весьма разнообразными способами и применяются для самых различных целей. При этом методы производства труб соотнобразуются, с одной стороны, с родом материала, с другой—с назначением трубы.

Чаще всего для изготовления труб применяют следующие металлы: железо, чугун, сталь, медь и латунь, а также свинец и алюминий. В зависимости от конструкции трубы или, точнее, тех концов ее, которыми она соединяется с другими трубами (или соединительными частями), трубы можно подразделить на две основных группы: трубы с муфтой и трубы с фланцами. По способу изготовления различают трубы клепанные, фальцованные (с швом в фальц), паянные, сварные и бесшовные (цельнокатанные, цельнотянутые и т. д.); к последней группе относятся также литые трубы. Наконец, различают большое число сортов труб по признаку их применения, напр., паровые, водопроводные и газопроводные, фановые, для горячей воды, для паровых котлов—дымогарные и водогрейные, далее, велосипедные и т. д.

Чугунные трубы имеют самое разнообразное применение. Чугунные муфтовые трубы с увеличенной, нормальной и уменьшенной толщиной стенки применяются,

напр., в качестве газопроводных, водопроводных—напорных (для давления до 10 атм.) и фановых; ими, однако, нельзя пользоваться для горячих жидкостей и газов, равно как и для пара. Напротив, чугунные фланцевые трубы можно применять для пара не слишком высокого давления; однако, в этой области они все более вытесняются стальными трубами, которые в настоящее время можно изготовлять по сравнительно низким ценам. К тому же стальные трубы при равной прочности значительно легче чугунных. Чугунные фланцевые трубы пригодны для сборки трубопроводов, в которых должны циркулировать кислоты или щелочи.

Железные и стальные трубы в эксплуатации надежнее чугунных и могут применяться для высоких давлений. Впрочем, они применяются также и для низких давлений, так как обладают рядом преимуществ по сравнению с трубами из чугуна и других металлов.

Трубы из листового, кровельного и парсового железа с швом, замкнутым в фалец, применяются в качестве дымовых труб у печей и т. д. Клепаные трубы из листового железа употребляются главным образом для воздухопроводов (нагнетательных и всасывающих), в которых давление обычно очень незначительно, и изготовляются чаще всего из оцинкованного кровельного железа или жести. Для обеспечения большей воздухо непроницаемости трубы заклепочный шов пропаявают. Клепаные трубы из более толстых сортов листового железа применяют, хотя, впрочем, довольно редко, для водопроводов и других целей.

Обычные трубопроводы для пара, газа и воды собирают чаще всего из железных труб, сваренных в стык или в накладку (в напуск). Трубы, сваренные в стык, наиболее пригодны для газа и воды, сваренные в накладку—также для пара и сжатого воздуха, так как они надежнее первых. Для того, чтобы легче было различать разные трубо-

провода, паровые трубы часто окрашивают суриком, водяные—оцинковывают, для того, чтобы они меньше ржавели, а газовые—окрашивают черной краской.

Спиральная сварка применяется для изготовления труб лишь сравнительно больших диаметров (вн. диам. от 6" до 24"). Бесшовными цельными трубами пользуются, например, для паропроводов высокого давления, в качестве труб для паровых котлов, а также—для многих специальных целей, особенно в тех случаях, когда они должны противостоять более или менее высоким напряжениям того или иного рода. В паропроводах эти трубы соединяются между собою посредством фланцев, хотя встречаются бесшовные трубы и с муфтами. Точно так же и сварные паровые трубы имеют обычно фланцевые соединения, тогда как газо- и водопроводные соединяются между собою посредством муфт.

Медные трубы применяют в паропроводах силовых станций (однако, не для перегретого пара), особенно в таких частях их, которые должны быть изогнуты или должны пружинить (компенсаторы). Ими пользуются также для горячей воды, так как обыкновенные оцинкованные трубы для этой цели не особенно пригодны, вследствие того, что под влиянием теплоты слой цинка, покрывающий стенки трубы, легко откалывается. Медными трубами пользуются также в трубопроводах для различного рода соков и сиропов. Медные трубки малых диаметров применяют в качестве маслопроводов двигателей—паровых, нефтяных, бензиновых и т. д.

Латунные трубы находят применение в разных машинах, напр., в поверхностных конденсаторах и т. д., а также—в качестве полуфабриката, используемого для самых разнообразных целей.

Свинцовые трубы, изготавливаемые из мягкого свинца или из сплава его с сурьмою (твердый свинец, гарт), применяются в трубопроводах для кислот и т. д., в газопроводах, а также в качестве спускных труб.

Железные трубы.

В дальнейшем рассматривается производство лишь сварных и бесшовных труб. Клепанные трубы не требуют особого описания, так как изготовление их не связано с какими-либо специальными методами обработки, характерными для производства труб. То же касается и труб с швом, замкнутым в фальц; этот способ изготовления швов описан в Томе VI настоящего издания (стр. 147 и сл.), и поэтому останавливаться на нем подробнее здесь нет надобности.

Главнейшие методы обработки, применяемые в производстве железных труб, это—прокатка и волочение. Как при одном, так и при другом способе изготовления в качестве конечного продукта получают сварные трубы или трубы без шва (цельнокатанные или цельнотянутые). Шов сварных труб может идти либо вдоль образующей поверхности трубы, либо обвиваться вокруг ее оси в виде винтовой линии, лежащей на цилиндрической поверхности трубы. Следует теперь же заметить, что бесшовные трубы изготавливаются несколькими различными способами, и процесс производства их распадается на два существенно различных цикла операций, а именно—изготовление трубной заготовки и дальнейшая переработка ее в трубу. Различные методы производства сварных и бесшовных труб можно классифицировать следующим образом:

А. Сварные трубы:

1. Трубы, сваренные в стык.
2. Трубы, сваренные в накладку (в напуск).
3. Спирально-сваренные трубы.

В. Бесшовные трубы:

а. Трубная заготовка:

1. Отливка трубной заготовки.

2. Прокатка трубной заготовки.
3. Прессовка » »
4. Надсверливание трубной заготовки.
- б. Дальнейшая обработка трубной заготовки:
 1. Прокатка на оправке.
 2. Другие способы прокатки.
 3. Волочение.
 4. Протяжка на прессах.

Применение того или иного способа обработки зависит отчасти от диаметра трубы и предъявляемых к ней требований, отчасти—от масштаба производства и стоимости конечного продукта.

Сварные трубы.

Методы сварки.—При сварке труб нагрев материала до сварочного жара может производиться различными способами:

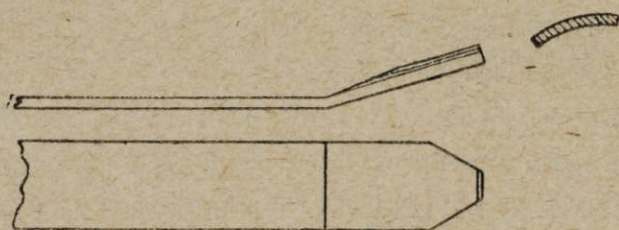
1. Нагревается вся труба или трубная заготовка.
2. Нагреваются лишь кромки заготовки по мере производства сварки.

Первый способ применяется при изготовлении обыкновенных труб, сваренных в стык или в накладку, вторым способом нагрева пользуются при спиральной сварке, а также - для труб больших диаметров. В последнем случае перед нагревом листовую заготовку свертывают в холодном или горячем виде при помощи листозагибочной машины. Нагревание кромок заготовок, из которых изготовляются трубы (кроме спирально-сваренных), может производиться различными способами—на коксовом горне, в который кладут трубу швом вниз, посредством пламени водяного газа *),

*) Средний состав водяного газа (по весу): $CO = 34,00\%$; $CO_2 = 25,40\%$; $H_2 = 20,10\%$; $N = 18,90\%$; $CH_4 = 1,60\%$. Нижний предел теплотворной способности составляет $11300 \text{ кал/кг} = 2620 \text{ кал/м}^3$.

ацетиленового пламени, гремучего газа или при помощи электрического тока (подробнее см. в Томе VIII настоящего издания).

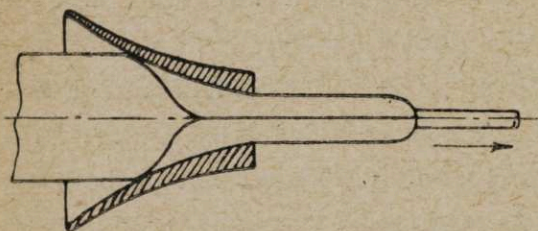
Трубы, сваренные в стык (обычный вн. диам. $\frac{1}{8}$ " до 2") изготавливаются из полосы штрибса, которую сверты-



Фиг. 113. Заготовка для сварки трубы в стык.
(Штрибс).

вают по длине так, чтобы ее кромки соприкасались в стык, и затем сваривают. Следовательно, после свертывания полосы обе кромки ее лежат на одной и той же поверхности круг-

лого цилиндра, в отличие от сварки в накладку, при которой после свертывания одна кромка полосы лежит выше другой.

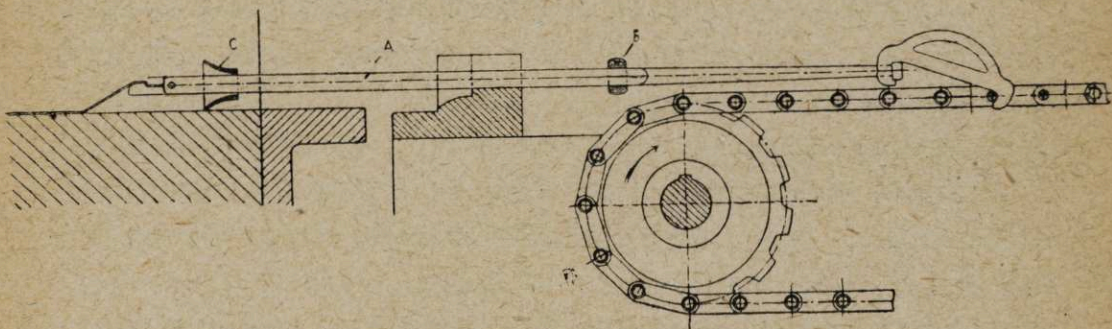


Фиг. 114.

Сварка в стык производится обычно следующим образом. Конец

штрибса, предназначенного для изготовления трубы, скашивают с двух сторон под углом примерно в 60° , оставляя не срезанной около $\frac{1}{3}$ ширины полосы, после чего вручную отгибают этот конец в виде желоба, как показано на фиг. 113. Это делается для облегчения входа штрибса в воронку волочильного протяжного стана (см. фиг. 114). Для того, чтобы протянуть заготовку через воронку, применяют зажимные клещи А (см. фиг. 115), форма сечения

которых точно соответствует отверстию воронки, так что клещи свободно проходят через нее; в то же время они должны быть достаточно прочны. Как показано на чертеже, одна ручка клещей несколько длиннее другой и на конце имеет форму пуговицы. Обойма *b*, надеваемая на ручки клещей, не позволяет их губкам разжиматься после того, как ими захвачен конец штрибса. Протяжная воронка обозначена на фиг. 115 буквой *C*.



Фиг. 115. Устройство протяжного станка.

Протяжка штрибса через воронку производится следующим образом. Рабочий достает из печи нагретый штрибс зажимными клещами, которые он после этого замыкает обоймой *b*. Затем на клещи надевают воронку и вкладывают их в стойку, расположенную на конце станины протяжного стана, установленного перед печью. Далее так наз. тележечник надевает на конец ручки клещей, имеющей форму пуговицы, вилку особого крюка (см. фиг. 115), другой загнутый конец которого он зацепляет за одно из звеньев бесконечной галлевской цепи протяжного стана. При движении цепи крюк, следовательно, протаскивает штрибс через протяжную воронку, в которой последний свертывается так, что его кромки прижимаются в стык одна к другой. Иногда применяют воронки с катками, сильнее обжимающими шов трубы.

Вместо того, чтобы пользоваться клещами, к штрибсу можно приваривать прутки круглого железа — стержень

(см. фиг. 114). Эта работа производится обычно кузнецом—приварщиком—и двумя подручными, из которых один вставляет концы стержней в горн, наблюдает за нагревом их до сварочного жара и затем накладывает их на штрибсы, а второй—молотобоец—ударяет молотом по концу стержня и штрибса, производя приварку. Стержни изготавливаются иногда из тонких газовых труб, нарезанных на концы надлежащей длины.

Протяжка через воронку стержнем вместо клещей должна обязательно применяться в тех случаях, когда диаметр свариваемой трубы менее $\frac{3}{8}$ " , так как при этом клещи не могут быть пропущены через отверстие протяжной воронки.

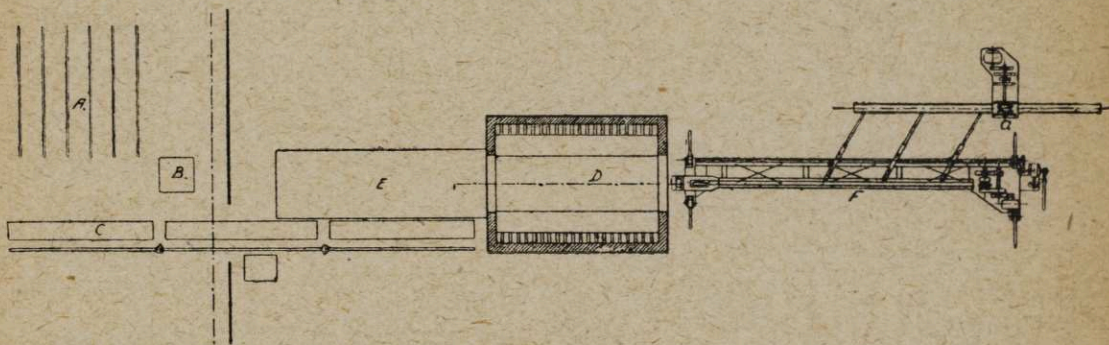
Сварной шов трубы, изготовленной описанным способом, получается не особенно прочным. Поэтому трубу нагревают еще раз и снова протягивают ее через воронку или кольцо несколько меньшего размера. Эту операцию повторяют нередко еще один или два раза. Для выглаживания и калибровки трубы, сваренной в стык, ее нагревают до температуры красного каления и протаскивают через чистовую воронку с острыми краями. Для этого рабочий—кольцовщик (проводчик)—предварительно забивает конец трубы калиброванной пробкой—так наз. шаблоном.

Наряду с описанным способом изготовления сварных труб, для производства их применяют также прокатку. Этот процесс производства описан ниже.

Фиг. 116 представляет план мастерской для производства труб, сваренных в стык. Буквой *A* обозначены стелажы для штрибсов, *B*—ножницы для обрезки углов на концах заготовок. От ножниц к сварочной печи *D* ведет рольганг *C*, ролики которого приводятся во вращение от электромотора (см. стр. 155 и сл.). Боковой вал, параллельный длине рольганга, снабжен сцепными муфтами, позволяющими расцеплять от привода или сцеплять с ним первую и последнюю из трех секций рольганга. Для каждой из этих секций сцепление

или расщепление может быть произведено независимо от двух остальных. Благодаря такому устройству рольганга, на средней секции его можно всегда держать в запасе известное количество штрибсов, подготовленных для протяжки. Протяжной стан обозначен буквой *F*.

В полу перед печью сделана яма *E* прямоугольной формы; глубина ее должна быть взята с таким расчетом, чтобы



Фиг. 116. План мастерской для прокатки труб в стык.

рабочему легче было производить посадку заготовок в печь. В эту же яму выгребают и печные шлаки.

Обычные размеры сварочной печи:

длина пода—7000—8000 мм,

ширина „ 500—750 мм,

высота свода над подом—500—700 мм,

площадь колосниковой решетки—1,25—2,0 м²,

сечение пламенного окна—0,4—0,6 м²,

сечение борова—0,25,—0,40 м².

Расход угля на 100 кг труб составляет около 100 кг, угар—3 до 8%, отходы—8 до 10%.

Когда печь нагреется до сварочного жара, в нее загружают штрибсы, причем начинают насадку с одного конца ее и покрывают весь под штрибсами, укладывая их в ряд. Захватив клещами первый штрибс и зажав клещи обоймой,

надевают на них воронку и закладывают в углубление кронштейна на переднем конце протяжного стана. Затем при помощи крюка прикрепляют зажимные клещи к цепи стана. При движении их воронка подходит к стойке, садится в имеющуюся в ней выемку, соответствующую наружной форме воронки, и, следовательно, останавливается, а клещи вместе с зажатой в них заготовкой протягиваются станом через воронку.

Как только труба (диам. $\frac{3}{4}$ " до 3") пройдет воронку, ее тотчас же передают к прокатному стану, в валках которого проточены ручки круглого профиля. После пропуска между этими валками труба получает в точности надлежащий наружный диаметр. Стан, предназначенный для калибровки сварных труб, по устройству не отличается от обыкновенных прокатных станков. Диаметр валков можно брать равным 450 мм, число оборотов—120 в минуту.

Из прокатного стана труба поступает в рилинг-машину. Посредине между валками этой машины неподвижно установлена пробка из отбеленного чугуна, диаметр которой должен быть выбран с таким расчетом, чтобы свободный промежуток между нею и валками рилинг-машины был несколько — очень незначительно — меньше толщины стенок трубы. Благодаря этому, при пропуске трубы через рилинг-машину стенки ее несколько утоняются и выглаживаются, и труба выходит из машины с блестящей поверхностью. Так как оси валков рилинг-машины расположены наклонно одна относительно другой, то труба, проходя через машину, движется одновременно поступательно и вокруг своей оси, следовательно, получает более правильную форму. Иногда трубу подвергают еще одной операции—пропуску через калибровочный дисковый стан. Следует заметить, что в рилинг-машине поверхность трубы очищается—по крайней мере, частично—от окалины.

Из рилинг-машины (или калибровочного стана) трубы поступают на браковочный стол, оттуда скатываются на

теплые стелюги и далее при помощи бесконечных цепей подаются к рольгангу, убирающему их из трубной мастерской. Скорость цепей подбирается таким образом, чтобы при нормальном ходе работы печи и протяжного станка стелюги были постоянно загружены трубами.

Процесс изготовления труб является непрерывным. Тотчас же вслед за выгрузкой штрибса из печи закладывают в нее другой, так что печь работает методически. Сварочная печь обслуживается двумя рабочими, сменяющими друг друга через каждые 15 минут. При двух сварщиках, двух рабочих на печи (крышечник и посадчик) и трех подручных или учениках на протяжном стане выпуск одного комплекта за 8 часов может достигать 2400 шт. труб диаметром $\frac{3}{4}$ "—1" при длине их ок. 6 м.

Сварка в стык применяется для изготовления труб диаметром не более 2" до $2\frac{1}{2}$ ", редко 3". При диаметрах свыше 2" не исключена опасность, что материал не заполнит формы, и на трубе получатся неровности настолько значительные, что она окажется негодной для дела. Кроме того, сварной шов более толстых труб получается всегда недостаточно прочным, так как давление при сварке в стык направлено тангенциально, а вместе с тем площадь сварки относительно тем меньше, чем больше диаметр трубы, ибо толщина стенок возрастает медленнее, нежели диаметр.

Для труб диаметром более 2" (до 16") применяют способ сварки в накладку (в напуск), при которой тангенциальное давление на свариваемый шов заменяется радиальным. При этом способе заготовку прежде всего свертывают посредством протяжки через воронку (как при сварке в стык) так, чтобы ее кромки несколько перекрывались. Для того, чтобы облегчить вход трубы в протяжное кольцо, конец заготовки загибают в виде желоба. После протяжки трубную заготовку сажают в печь, где она снова нагревается до сварочного жара, после чего она выталкивается из печи в рас-

положенный перед последней стан дуо, валки которого имеют круглые ручьи. Между валками этого стана рабочий устанавливает так наз. ш о м п о л, т.-е. пробку, насаженную на болт; шов трубы заваривается давлением между верхним валком—с одной стороны и пробкой—с другой. Диаметр d заднего торца пробки составляет обычно:

$$d = D - 2s + e$$

где D —диаметр ручья, s — окончательная толщина стенки трубы, а $e = 0,3$ до $0,8$ мм для пробки первого прохода и $1,25$ мм — для пробки второго прохода. Пробка имеет форму примерно усеченного конуса, высота которого составляет $(1,13 \text{ до } 1,20) \cdot d$. Поверхность пробки близ заднего торца на длине $25 \div 50$ мм (в зависимости от ее диаметра) имеет строго цилиндрическую форму.

Ширина полос, идущих на изготовление сварных труб, берется сообразно длине наружной окружности сечения трубы желаемого диаметра. При сварке в стык ширина штрибса должна быть несколько больше этой длины, для того, чтобы возможно было получить необходимую для сварки силу нажатия кромок шва, а при сварке в накладку ширина полосы должна равняться длине наружной окружности трубы плюс ширина перехлестки шва.

Толщина заготовки на $0,5—1,5$ мм меньше толщины стенок готовой трубы.

Трубные заготовки шириною до 300 мм прокатываются в станах трио с закрытыми ручьями или в универсальных станах. Для прокатки заготовок шириною от 300 до 1000 мм применяют универсальные станы, а при еще большей ширине листовые станы. В последнем случае листы предварительно нарезают на полосы подходящей ширины.

При производстве труб, сваренных в накладку, необходимо пользоваться двумя печами. Весь производственный процесс распадается на два цикла операций, а именно—свертывание

листовой заготовки в трубу и собственно сварка шва, которая производится в прокатном стане.

На фиг. 117 показано устройство мастерской для прокатки заготовок для труб диаметром от 2" до 8". Буквой *К* обозначена заготовочная печь, в которой нагреваются полосы перед сгибанием.

Эти печи имеют нормально следующие размеры:

длина пода—7500—8500 мм

ширина пода—600—900 мм

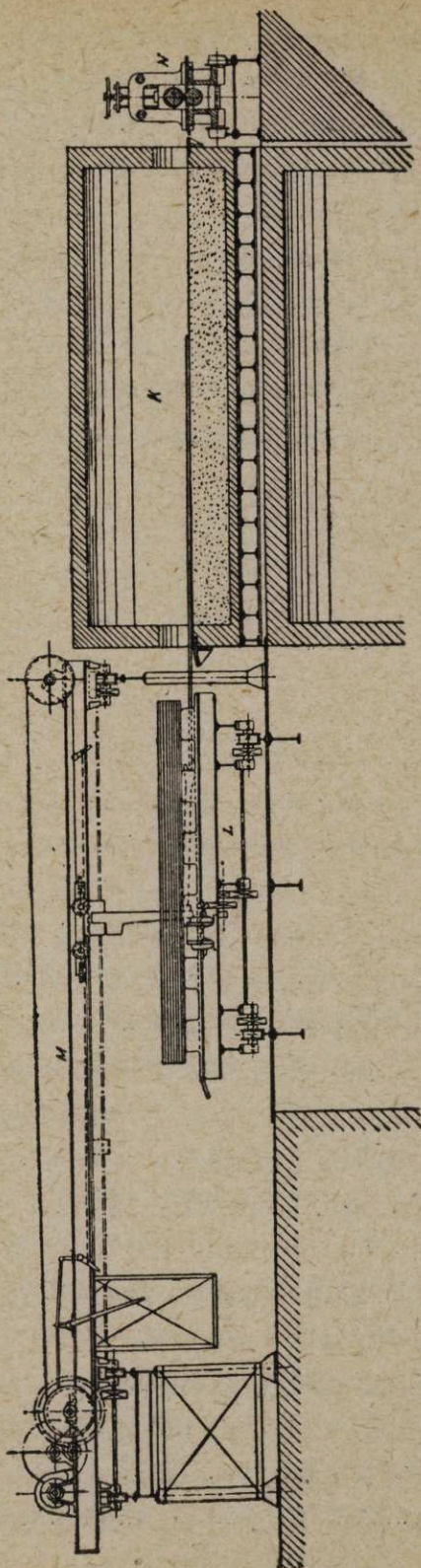
высота свода над полом—800—900 мм

площадь колосниковой решетки—1,5—2,5 м²

сечение пламенного окна—0,45—0,85 м²

сечение борова—0,25—0,40 м²

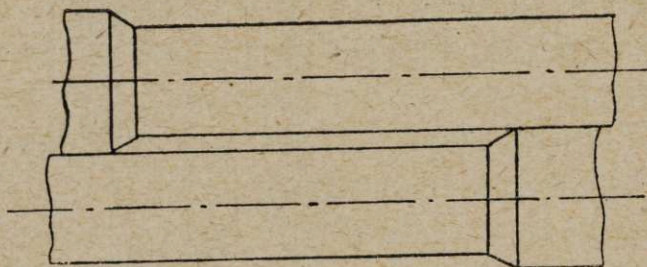
Посадка заготовок в печь производится электрическим загрузочным устройством, состоящим из двух независимых одна



фиг. 117. Расположение прокатного стана, сварочной печи и вспомогательных механизмов в мастерской для сварки труб в накладку.

от другой траверсы, из которых одна *L* установлена на полу так, что верхняя кромка ее приходится на уровне загрузочного окна печи. Вторая траверса *M* ходит по рельсовому пути, проложенному на колоннах на высоте 3 м над полом мастерской.

Посредством крана поднимают со склада пачку в количестве от 20 до 30 шт. листов или полос, положенных друг на друга в виде стопы, и переносят их на траверсу *L*. Заготовки загружают в печь по одиночке. Эта операция производится при помощи предназначенной для этой цели штанги



Фиг. 118. Валки для заострения кромок трубной заготовки (при сварке труб в накладку).

и тележки со шпилем верхней траверсы *M*. Заготовки распределяются по всему поду печи равномерно. После того, как посаженные заготовки нагреются в печи до надлежащей температуры, они выталкиваются из нее тем же загрузочным устройством с помощью длинного стержня, снабженного на конце крюком.

Перед свертыванием кромки листа, образующие в дальнейшем шов, должны быть скошены, так как иначе шов получался бы чрезмерно толстым, что затрудняло бы придание трубе правильной формы. Надлежащая форма кромок заготовки получается прокаткой ее в стане *N* (фиг. 117), валки которого образуют ручей в форме сильно вытянутого в длину параллелограмма (см. фиг. 118). Эти валки имеют на противоположных сторонах заплечики, обточенные под соответ-

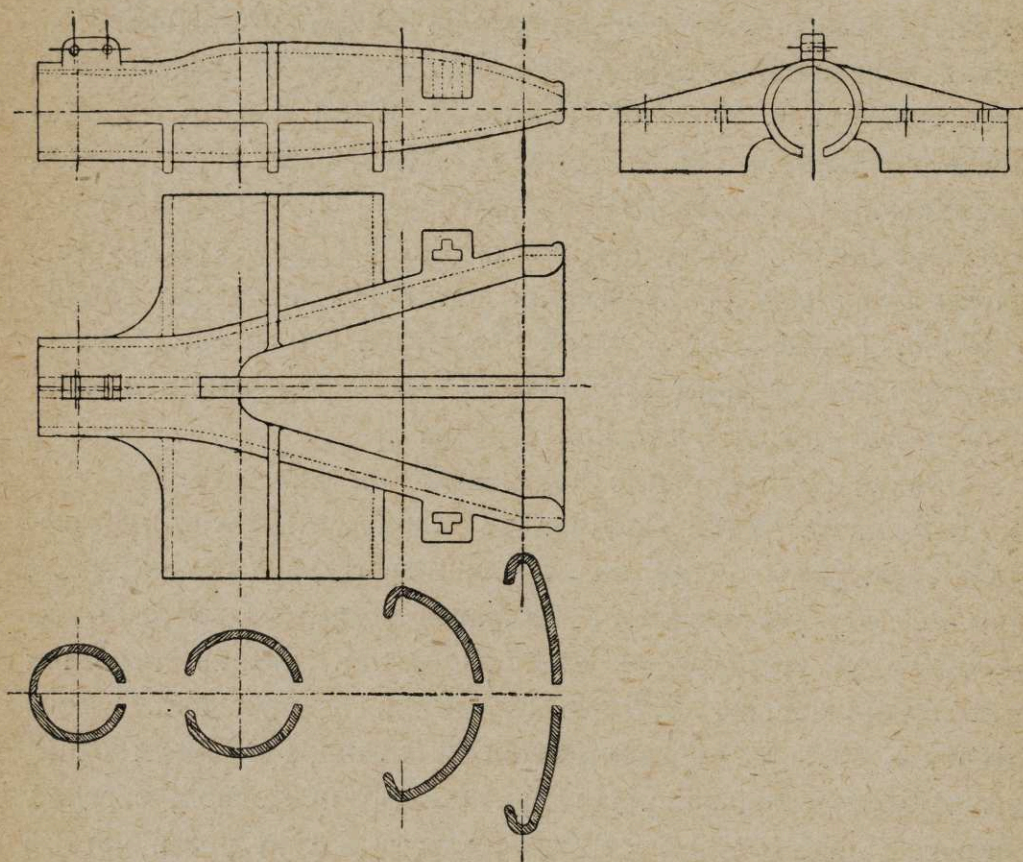
ствующим углом к оси (обычно $20-25^\circ$) и образуют таким образом ручей с косыми гребнями, через который пропускаются заготовки по мере высадки их из заготовочной печи. При помощи ходового винта верхний валок можно перемещать в направлении его оси; благодаря этому ширину ручья можно устанавливать соответственно ширине заготовки, не делая перевалки стана. Валки приводятся от 50-сильного электромотора с зубчатой передачей. Стан вместе с двигателем монтирован на тележке, которая ходит по рельсам, проложенным параллельно ширине печи со стороны ее выгрузочных окон. Благодаря этому стан можно ставить так, чтобы очередная выгружаемая заготовка попадала прямо в ручей. Тележка, на которой установлен этот стан, передвигается в обе стороны при помощи одного реверсивного электромотора, управляемого контроллером.

Описанное устройство изображено на фиг. 117.

В прежнее время скашивание кромок штрибсов производили обстрожкой их на кромко-строгательных станках, обычно—двусуппортных, с гидравлическим механизмом для прижимания заготовки к платформе. Эти станки строятся для листов длиной от 3 до 15 метров и работают в обе стороны, что при указанных длинах материала имеет очень существенное значение. По сравнению с прокаткой, строжка кромок обладает тем преимуществом, что дает более чистые поверхности (для качества сварки это имеет важное значение). Однако, этот способ является в то же время и значительно более дорогим, и поэтому на современных заводах он почти везде вытеснен прокаткой.

Из валков лист поступает на стол, снабженный роликами, вращающимися от привода. Ширина стола равна ширине пода заготовочной печи. Все заготовки, поступающие на стол, стаскиваются специальным шлеппером к одной стороне его, так что они оказываются на одной линии с протяжным станом, установленным на продолжении роликового стола.

Между столом и протяжным станом установлена воронка, через которую протягивается заготовка. Воронка укреплена на протяжном стане и, как показывает фиг. 119, сделана составной из двух половин. С одной стороны она открыта.



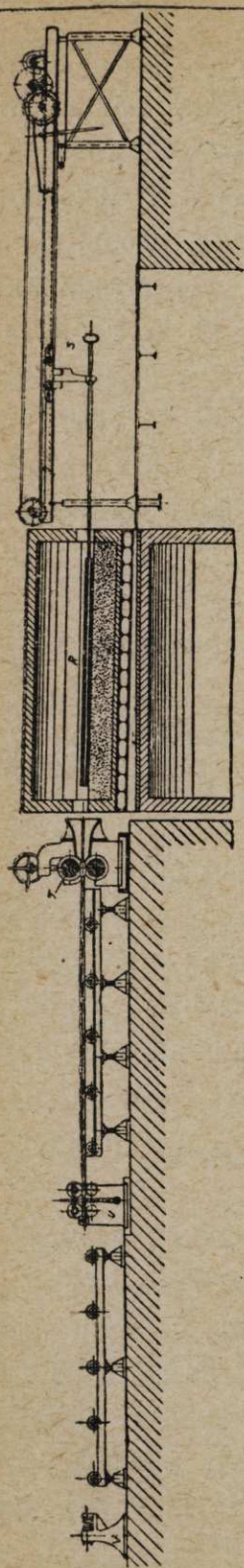
Фиг. 119. Воронка для протяжки труб, свариваемых в накладку.

Входное сечение воронки соответствует ширине конца трубной заготовки. По мере удаления от раструба сечения воронки постепенно уменьшаются, приближаясь к кругу, так что заднее сечение ее имеет форму почти совершенно замкнутого круга. Как показано на фиг. 119, внутреннее очертание заднего сечения воронки несколько отличается от круга,—соответственно контуру трубы с еще не заваренным швом в накладку. Для того, чтобы в воронку возможно было

завести зажимные клещи, в нижней половинке ее сделан сквозной продольный паз. Воронка укреплена на массивной подкладке. Очень важное значение имеет правильная профилировка внутренних очертаний воронки, так как только при этом условии заготовка будет хорошо заполнять кольцо, не оказывая вместе с тем слишком большого сопротивления протягиванию. Протяжной станок сходен по устройству с теми, которые применяются при сварке труб в стык, отличаясь от них лишь более солидными размерами и тем, что он установлен неподвижно (на фундаменте). Ролики подают заготовку вперед до тех пор, пока она не войдет достаточно далеко в воронку, после чего заготовка захватывается сильными клещами, которые, в свою очередь, тотчас же зацепляются за цепь протяжного стана. При протаскивании через воронку заготовка свертывается в трубу.

Диаметр цилиндрической части воронки выбирается соответственно ширине трубной заготовки с таким расчетом, чтобы при свертывании последней в трубу кромки ее перекрывали одна другую. Для того, чтобы во время протаскивания полосы через воронку она не могла образовать складок или деформироваться каким-либо иным образом, внутри протяжного кольца обычно устанавливают (особенно—в случае труб большого диаметра) пробку или оправку из закаленного чугуна или марганцовистой стали, так что заготовка должна проходить через кольцевой промежуток между поверхностью оправки и стенками протяжного кольца.

Когда протаскивание трубы через кольцо окончено, разжимают клещи, и труба по несколько наклонным стелюгам из рельс, установленным рядом с протяжным станом, скатывается по направлению ко второй—сварочной печи *B* (фиг. 120), но раньше попадает в желоб, расположенный против одного из загрузочных окон последней. Посадка ее в печь производится загрузочной машиной *S* такой же примерно конструкции, как упомянутая выше.

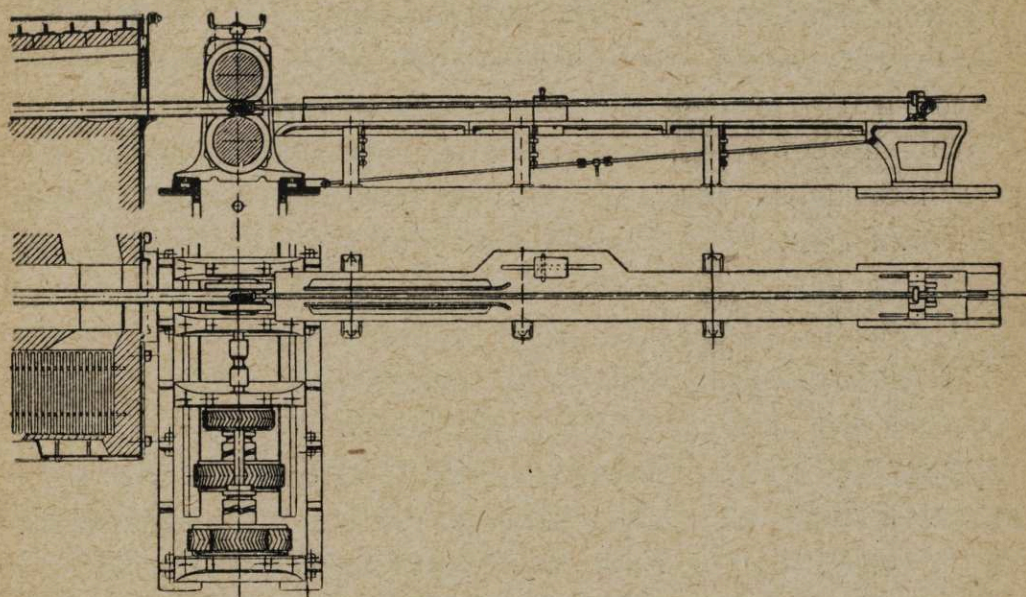


Фиг. 120. Расположение механизмов и печи мастерской для прокатки сварных (в наладку) труб.

Когда труба остынет в желобе до температуры около 550° , посадчик приводит в движение механизм загрузочной машины и вталкивает трубу в печь так, чтобы она была обращена швом вниз. После того, как верхняя сторона ее достаточно нагреется, ее передвигают к середине печи, где под несколько углублен. Здесь труба должна оставаться до тех пор, пока не нагреется до сварочного жара; при этом шов ее должен быть обращен кверху. Когда нужная температура достигнута, посадчик при помощи той же загрузочной машины выталкивает трубу из печи к прокатному стану.

Этот стан показан на фиг. 120. Два валка его T (диаметром в 700 мм) образуют круглый ручей и лежат своими шейками в подшипниках открытых станин. Со стороны печи стан снабжен проводками для направления трубы в ручей. В показанном на чертеже стане валки делают 80 об/мин. Труба прокатывается на короткой оправке (пробке), имеющей форму артиллерийского снаряда. Эта оправка насаживается на конец стержня и остается в ручье валков до тех пор, пока вся труба не пройдет через стан. Как ясно из фиг. 120 и 121, прокатка происходит по направлению к оправке, так что труба надевается на ее стержень. В нескольких метрах позади стана уста-

новлена машина *U*, назначение которой заключается в том, чтобы после окончания прокатки трубы вытаскивать из нее стержень. После этого трубу можно откатить в сторону. Как только машина *U* отведет стержень оправки от прокатного стана, оправка, свободно насаженная на конец стержня, выпадет из ручья. После этого стержень снова подается вперед; когда он подойдет к стану, на конец его насаживают новую



Фиг. 121. Стан для прокатки сварных (в накладку) труб.

оправку и подвигают стержень дальше, пока оправка не займет надлежащего положения в ручье. Во время прокатки шов обращен кверху. Для труб малых диаметров применяют два сварочных ручья, которые обычно расположены рядом.

Машина *U*, предназначенная для манипулирования сварочным стержнем (фиг. 120), состоит из системы зубчатых колес и фрикционных роликов, между которыми движется стержень, увлекаемый в движение силою трения между его поверхностью и ободом вращающихся роликов. Устройство последних позволяет, не останавливая двигателя, изменять

направление движения стержня на противоположное посредством поворота рычага. Стержень опирается на ряд роликов, цапфы которых лежат в станине станка; близ конца станины имеется упор V, ограничивающий движение стержня. Несколько иное устройство машины для манипулирования оправочным стержнем показано на фиг. 121.

Окружная скорость валков прокатных станов для сварки труб в накладку составляет 4—5 *м/сек.* для малых труб и соответственно меньше для труб больших диаметров. Диаметр сварочных валков точно так же зависит от диаметра трубы и составляет от 550 до 950 *мм.*, чаще всего — до 700 *мм.* Число оборотов рассчитывается по среднему диаметру валков и желаемой скорости прокатки (см. стр. 203) и обычно составляет от 80 до 120 в минуту. Мощность двигателя для обслуживания прокатного и протяжного станов — от 80 до 250 л. с., в зависимости от размеров трубы.

Обычно свариваемую трубу пропускают через стан несколько раз подряд, причем для каждого пропуска берут оправку диаметра несколько большего, нежели для предыдущего, и кроме того перед каждым пропуском поворачивают трубу вокруг оси так, чтобы шов перемещался примерно на 60°.

Окончание сварки устанавливают без труда по наружному виду трубы. Если сварка шва произведена неудачно, трубу отправляют на роликовый стол, при помощи поворотного механизма передают ее снова к посадочной стороне печи, еще раз загружают в печь и затем повторяют сварку в прокатном стане, пропуская трубу на этот раз другим концом вперед. Дальнейшая обработка сваренной в напуск трубы производится так же, как и в случае труб, сваренных в стык. После пропуска ее через калибровочные валки и рилинг-машину, она подвергается, если это нужно, правке на прессе с электрическим приводом. Назначение калибровочных валков заключается в том, чтобы придать трубе точные наружные размеры. Мелкие трубы калибруются одним лишь пропуском,

трубы больших размеров приходится пропускать через калибровочные валки несколько раз подряд, поворачивая трубу перед каждым проходом на 90° . Калибровочные валки делают разъемными в вертикальной плоскости, по фиг. 122, так как сильнее всего изнашиваются бока ручья.

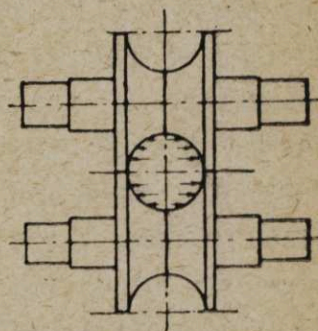
Производительность прокатных станов для сварки труб в наладку зависит, естественно, от размеров трубы и составляет, например, для труб диаметром 2"—около 500 шт. за 8 часов, тогда как для 8"-овых труб производительность стана за то же время редко превышает 150—160 шт.

Оборудование трубопрокатной мастерской распределяется чаще всего на три группы: для труб от 2" до 8", от 8" до 16" и от 16" до 24" или 30".

При производстве труб диаметром больше 12" для свертывания полос приходится прибегать, вместо протяжной воронки, к листозагибочным машинам такой же конструкции, как те, которыми пользуются для свертывания барабанов в котельных мастерских (см. Том VI, стр. 7—11). Для обеспечения неизменности формы листов, свернутых таким образом, во время нагрева в сварочной печи, шов у конца трубы обычно скрепляют несколькими заклепками.

В прежнее время для изготовления труб, сваренных в наладку, применяли исключительно сварочное железо; в настоящее время значительная часть этих труб прокатывается из достаточно вязкого литого железа.

Из сварочной мастерской труба передается в нарезательную, где ее обрезают, нарезают концы, навинчивают муфту, а также испытывают гидравлическим давлением. Оцинкование трубы, если это нужно, производится после того, как концы ее обрезаны и она прошла гидравлическую пробу. Нарезка



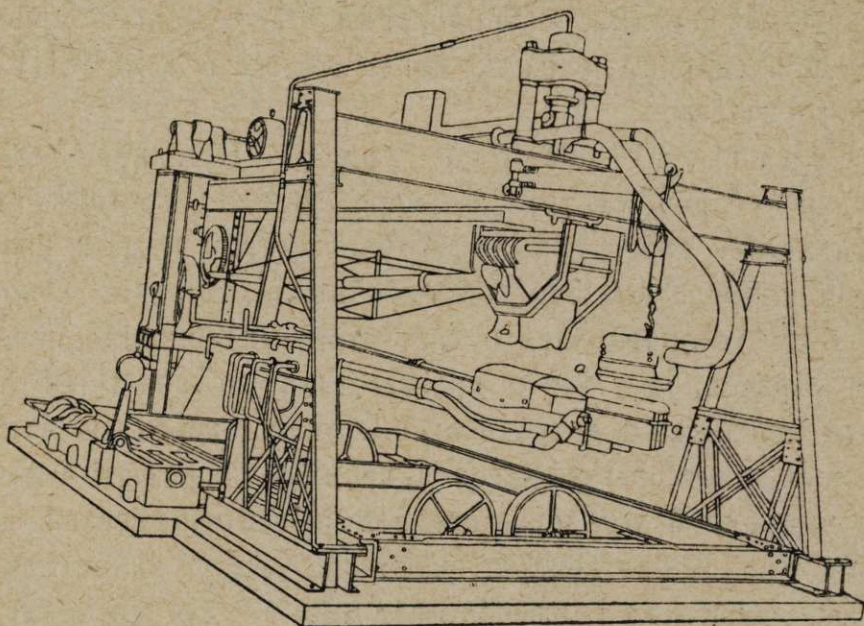
Фиг. 122. Калибровочные валки для сварных труб.

концов производится после оцинковки. Муфты изготавливаются из полос, ширина которых равна длине муфты. Железо нарезается на куски должной длины, соответствующей длине окружности муфты, машинами, которые одновременно свертывают отрезанную полосу в цилиндр. После нагрева до сварочного жара, заготовленная таким образом муфта сваривается под кузнечным молотом. Свертывание и сварку муфт можно производить также и одновременно при помощи специально предназначенных для этой цели загибочных вальцев, которые, кроме того, обжимают сварочный шов. После сварки оба конца муфты обрезают и затем нарезают ее с помощью плашек на специальных станках.

Сварка в накладку дает шов более прочный, нежели сварка в стык, и трубы, изготовленные первым способом, могут при диаметре до 16" применяться для сравнительно более высоких давлений. Прочность шва сваренных в накладку труб не выше указанного размера можно считать равной 80—85 % нормальной прочности материала. Трубы диаметром более 16" сваривают чаще всего посредством пламени (огневая, пламенная сварка), так как при описанном выше способе производства сварных труб манипулирование ими, вследствие большого диаметра, становится слишком затруднительным, расход энергии на прокатку сильно увеличивается, очень осложняется устройство печей (заготовочных и сварочных) и, наконец, равномерный нагрев труб отнимает много времени и оказывается неэкономичным.

При огневой сварке для получения необходимой температуры сварочного жара применяют обычно горелки, работающие на водяном газе. Прежде всего заготавливают трубу из полосы посредством свертывания ее на специальных листозагибочных машинах, которые сгибают эту полосу в продольном направлении, так что ее кромки перекрываются. После этого трубу передают на сварочную машину (фиг. 123), где она ложится на ролики швом вверх. Горелки, нагреваю-

щие шов, обозначены на фиг. 123 через *aa*. Как показано на рисунке, одна из них укреплена на длинном рычаге, который во время работы находится внутри трубы, тогда как другая горелка остается снаружи ее. Машина снабжена молотом. По мере нагрева шва до сварочного жара, труба



Фиг. 123. Машина для сварки труб.

подается вперед, и нагретый участок проковывается молотом на наковальне, укрепленной на упомянутом рычаге позади нижней горелки.

Благодаря тому, что сварочные горелки позволяют работать всегда с восстановительным пламенем, описанный метод сварки труб дает совершенно чистый шов, тем более, что самая постепенность процесса работы позволяет внимательно следить за качеством шва. В результате этого прочность шва, сваренного описанным способом, составляет 90% и более от нормальной прочности материала. Внутренние напряжения, неизбежно возникающие в материале при этом

методе сварки, уничтожаются путем хорошего нагревания всей трубы и пропуска ее через рихтовальные вальцы, которые придают ей правильную круглую форму.

Как было упомянуто на стр. 256, трубы больших диаметров изготавливаются также посредством автогенной сварки. Применяемые при этом методы работы не отличаются какими-либо специфическими особенностями от обычных приемов автогенной сварки, подробно описываемых в Томе VIII настоящего издания.

Спиральная сварка труб. — При производстве спирально сваренных труб, по мере сварки нагревают лишь кромки листа. Труба образуется посредством подачи полосы в косом направлении между загибочными валками, которые могут быть устанавливаемы соответственно ширине полосы. Таким образом, этот метод производства до некоторой степени сходен с работой трехвалковых листозагибочных машин, в которых лист свертывается в цилиндр посредством надлежаще выбранной установки среднего вала относительно двух боковых *). Единственное различие между этими двумя методами обработки заключается в том, что для изготовления спирально сваренных труб берут полосы более длинные, чем для изготовления, напр., котельных барабанов, и так как эти полосы подаются в косом направлении, то они завертываются, образуя ряд витков, поднимающихся в виде винтовой линии. Угол между осями валков и направлением подачи полосы должен быть выбран с таким расчетом, чтобы кромки смежных витков, образующих трубу, несколько перекрывались. Свертывание трубы производится после умеренного нагрева, либо в холодном состоянии.

Спиральный (точнее—образующий винтовую линию) шов трубы, свернутой описанным способом, нагревают участок за участком при помощи двух горелок, работающих на во-

*) См. Том VI, стр. 8.

дяном газе. Одна из них находится снаружи трубы, другая укреплена на рычаге, который во время работы находится внутри ее. Обжатие и уплотнение шва производится посредствомковки, прессования или прокатки.

Естественно, что шов спирально сваренной трубы прочнее и надежнее, нежели шов трубы, сваренной в напуск, благодаря тому, что идет вокруг трубы по винтовой линии, а не ослабляет ее по одной образующей, как это имеет место при сварке в стык или в накладку. Спиральная сварка применяется обычно для труб из литого железа наружн. диам. от 155 до 625 мм. Толщина стенок их лежит в пределах от 2,5 до 6 мм. Этим способом можно изготовлять трубы длиной до 20 м. Обычная длина спирально сваренных труб составляет 5—10 м.

Бесшовные трубы.

Материал. — Все цельнокатанные и цельнотянутые трубы изготовляются из коротких толстостенных заготовок, которые могут быть получены различным способом, а именно — отливкой, прокаткой, прошивкой сплошного материала оправкою (бородком) или сверлением.

Отливка трубной болванки. — Отливку болванки для бесшовных труб можно производить также несколькими различными способами. С теоретической точки зрения наиболее короткий путь для получения полой толстостенной заготовки заключается в том, чтобы позволить болванке, отлитой в изложницу, остынуть лишь до такой температуры, при которой металл, заключенный внутри ее, находился бы еще в расплавленном состоянии. Если при этой температуре вылить из болванки жидкий металл, то останется наружная толстая оболочка, затвердевающая, конечно, раньше, нежели внутренние слои болванки. Выливание металла можно про-

изводить либо через дно изложниц, которые обычно ставят для этого на резервуар, обмурованный внутри огнеупорным материалом (способ Б р и н е л л я), либо—из верхней части ее, для чего изложницу достаточно перевернуть. Этот метод является очень дорогим, так как заготовки, полученные таким способом, содержат всего лишь от 40 до 50% веса жидкого металла.

Другой способ заключается в том, что трубную заготовку отливают обычным порядком—в форму с центральной шишкой. В качестве шишки берут тонкостенную трубу, заполненную песком (немецкий способ). Для того, чтобы не затруднять усадки залитой в форму пустотелой болванки во время ее остывания, после заполнения формы песок из шишки удаляют. По другому способу круглая или овальная шишка приводится во вращение вокруг оси, расположенной несколько эксцентрично относительно оси шишки. Вращение последней продолжается все время, пока отливка остывает. Благодаря этому полость в заготовке получается большей, нежели самая шишка, и удаление последней из отливки не представляет никаких затруднений.

Предложенный и осуществленный в Швеции метод изготовления полых болванок для бесшовных труб состоит в том, что отливку стали производят во вращающиеся формы. Этот способ—так наз. способ центробежной отливки—применяется также для изготовления обыкновенных чугунных труб. Сущность его заключается в том, что внутренняя полость отливки образуется в результате действия центробежной силы, так что надобность в шишке при этом отпадает. Существует большое число запатентованных устройств для центробежной отливки. Машина испытанной в Швеции конструкции по патенту Стридсберга (Stridsberg) включает две, четыре, шесть или более литейных форм, на осях которых заклинены конические зубчатые колеса. Эти колеса находятся в постоянном зацеплении с боль-

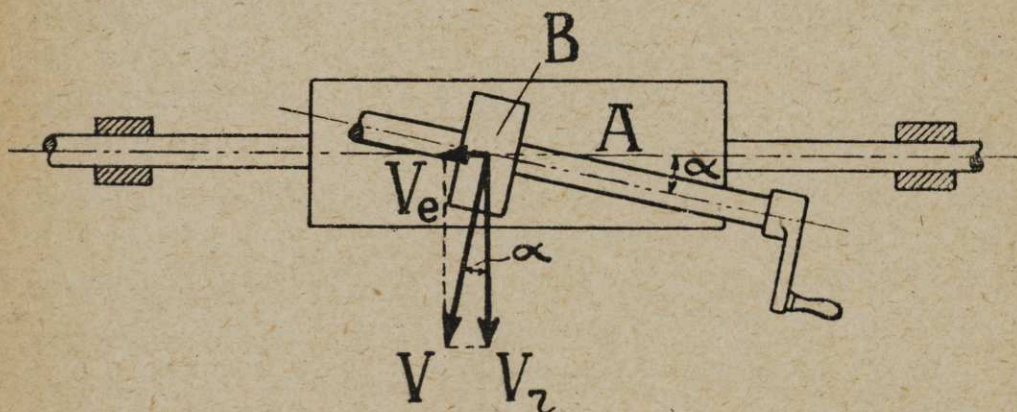
шой конической зубчаткой, расположенной в центре всего устройства и передающей таким образом движение всем литейным формам одновременно. Вертикальный цилиндр, в котором находятся формы, подвешен на цапфах так, что он может быть медленно поставлен в горизонтальное положение. Как при вертикальном, так и при горизонтальном положении цилиндра вращение передается формам через посредство клинчатых фрикционных дисков.

Заливка расплавленной стали во вращающиеся формы производится при вертикальном положении последних. Для предупреждения чрезмерно быстрого остывания нижних слоев металла на дно форм кладут раскаленные шамотные плитки. Закрыв крышками открытые сверху концы форм, все устройство медленно наклоняют до тех пор, пока формы не станут в горизонтальное положение. Этот прием обеспечивает большую равномерность толщины стенок болванки.

Иногда практикуется комбинация этого способа с описанным выше методом выливания части металла, находящегося еще в жидком состоянии.

Прокатка трубной заготовки. — Из сплошной болванки посредством прокатки ее между валками, оси которых наклонены одна к другой, можно получить полую заготовку. Этот метод производства был изобретен в 1886 г. братьями Маннесманн (Mannesmann) в Ремшейде и в свое время произвел впечатление переворота в технике производства труб. Вначале изобретатели полагали, что предложенный ими способ даст возможность получать из сплошной болванки непосредственно готовые трубы. Однако, эти надежды не оправдались, и впоследствии пришлось удовлетворяться изготовлением по этому способу трубной заготовки. Для этой цели маннесманновский способ (способ кривой вальцовки, кривой или геликоидальной прокатки) имеет чрезвычайно важное значение еще и в настоящее время.

Идею этого способа можно пояснить следующим образом. Представим себе, что круглая болванка A (см. фиг. 124) сидит на валу так, что может вращаться вокруг оси и поступательно перемещаться вдоль нее (в продольном направлении). Валок B установлен так, что ось его составляет некоторый угол с осью A . Этому валку можно сообщать вращательное движение. Предположим, кроме того, что во время вращения валок прижат к поверхности болванки.



Фиг. 124. Схема действия валка маннесманновского стана.

Если валок B привести во вращение, то придет во вращение и болванка A . Сверх того, она будет вынуждена также и перемещаться в продольном направлении вследствие косого расположения валка B . Действительно, силу, действующую на окружности валка B в точке соприкосновения его с поверхностью болванки, можно разложить на две — по направлению оси A и перпендикулярному к ней. Первой силой обусловлено перемещение болванки в продольном направлении, второй — вращение ее вокруг оси. Направление продольного перемещения болванки A , направление вращения ее и скорости обоих этих движений зависят, очевидно, от направления и скорости вращения валка B , а также — от угла между осями A и B . Если в первом приближении пренебречь потерями скорости, неизбежно сопутствующими

передаче движения трением, то для поступательной скорости V_e болванки и скорости вращения ее V_r получим соответственно (см. фиг. 124)

$$V_e = V \cdot \sin \alpha$$

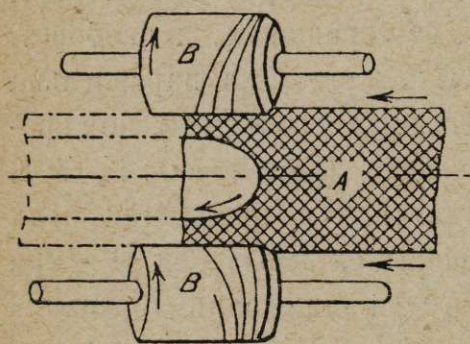
$$V_r = V \cdot \cos \alpha$$

где V — окружная скорость вала B , α — угол между осями вала и болванки. Отсюда ясно, что по мере увеличения угла α возрастает скорость продольного перемещения болванки и уменьшается скорость ее вращения, и наоборот. Если установить валок так, чтобы ось его была параллельна оси болванки, то последняя будет лишь вращаться, не перемещаясь в то же время поступательно (при $\alpha = 0$: $V_e = 0$, $V_r = V$). При взаимно-перпендикулярном положении этих осей болванка будет лишь перемещаться вдоль оси A (при $\alpha = 90^\circ$: $V_e = V$, $V_r = 0$). Скорости движений болванки в действительности зависят еще (в весьма значительной степени) от величины давления между валками и болванкой.

Если с противоположной стороны болванки установить другой валок B , вращающийся в ту же сторону, что первый, и работающий точно таким же образом, то надежность передачи движения болванке увеличится вследствие того, что она при этом подвергается давлению с двух противоположных сторон, а не с одной, как в первом случае. Предположим теперь, что болванка каким-либо способом удерживается от перемещения в продольном направлении, следовательно, может только вращаться. При этом валки B будут стремиться перемещать поверхностный слой материала болванки, с которым они соприкасаются, вперед в том же направлении, по которому должна была бы двигаться болванка, если бы поступательному движению ее не было поставлено препятствий. Эта именно идея и лежит в основе маннесманновского метода прокатки полых тел из сплошного материала. Для усиления «сдвигающего» эффекта валков на про-

катываемую болванку, боковые поверхности их делают очень часто шероховатыми или снабжают винтовыми желобками (рифтами).

Действительная схема этого процесса показана на фиг. 125. Заготовка *A* удерживается на месте оправкой, установленной неподвижно между валками, оси которых составляют между собою некоторый угол (в пространстве), отличный от нуля. Вращающиеся валки натягивают изделие на оправку.

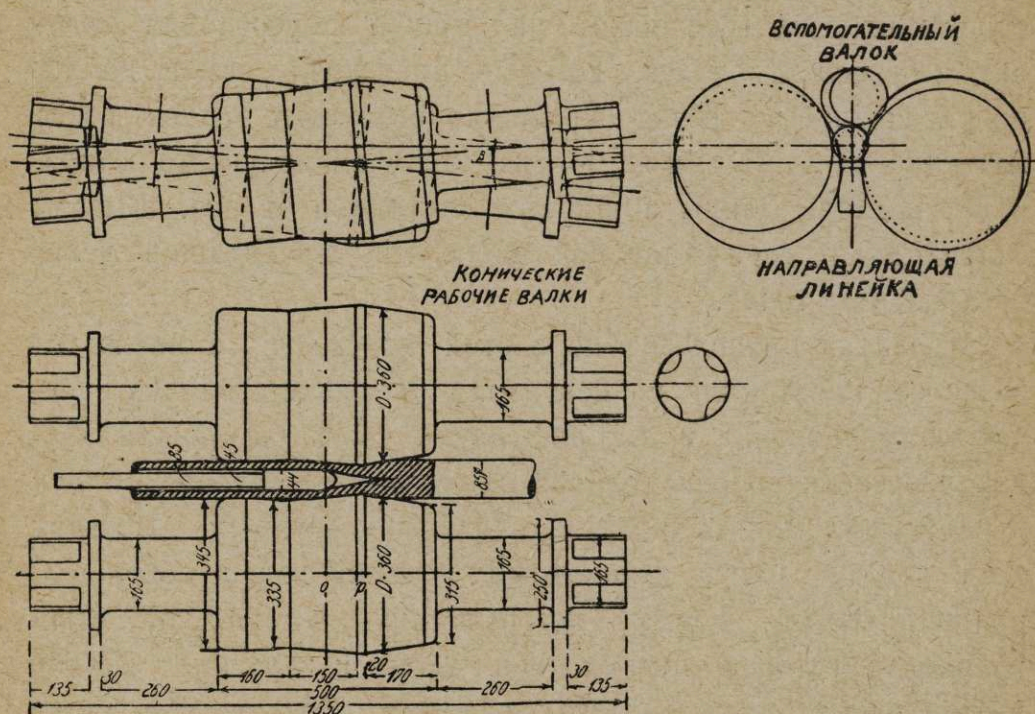


Фиг. 125. Схема работы валков маннесманновского стана.

Следует, однако, заметить, что при этом подвергается воздействию валков не только поверхностный слой заготовки, который непосредственно соприкасается с валками: действие их распространяется на всю массу заготовки, вследствие того, что поверхностный слой, перемещаясь, увлекает за собою и внутренние слои материала.

Результатом этого является движение последних по направлению к периферии заготовки и одновременно — вперед, хотя и со скоростью меньшею сравнительно с поверхностным слоем материала. Таким образом, материал движется вперед по спиральным линиям. Опыты показали, что в результате такой прокатки получается труба также и в том случае, если вести ее без оправки. Поэтому оправки применяются главным образом с тою целью, чтобы получить надлежащую толщину стенок трубной заготовки. Здесь уместно указать на следующее явление. После правки круглого железа на рилинг-машине в холодном или почти холодном состоянии иногда наблюдается чрезвычайно сильная пористость сердцевины прута. Очевидно, это явление объясняется действием валков рилинг-машины, аналогичным описанному выше действию маннесманновских валков.

Для того, чтобы при изготовлении трубных заготовок по маннесманновскому способу получить хорошие результаты, необходимо применять материал особенно однородной структуры. Во всей массе его сцепление между отдельными частицами или волокнами должно быть достаточно велико, так как иначе они не будут следовать друг за другом во



Фиг. 126. Расположение валков в маннесманновском стане.

время прокатки. Это условие имеет тем более существенное значение, чем тоньше должна быть толщина стенок полого тела, получаемого в конце прокатки по описанному методу.

На фиг. 126 показаны внешний вид и расположение валков маннесманновского стана для прокатки массивных заготовок диаметром от 80 до 160 мм. Диаметр валков этого стана составляет 360 мм, длина бочки валков—500 мм. Встречаются и более крупные станы этого типа, для которых

соответственные размеры валков составляют 450 мм и 550—650 мм. Указанные размеры диаметра относятся к наибольшему сечению каждого валка. В обе стороны от этого сечения бочка валка имеет на известной длине коническую форму. Каждый валок наклонен к горизонтальной плоскости под углом в 5° , так что оси их составляют между собою угол (в пространстве) в 10° . Как показывает фиг. 126, точка скрещения этих осей лежит на прямой пересечения средних плоскостей конусов, которые производят самую работу прокатки трубы. Точка скрещения осей этих валков носит название центральной точки маннесманновского стана, и все размеры длины и ширины считаются от нее. Высоты считаются от горизонтальной плоскости, проходящей через центральную точку.

Прокатка происходит не в этой плоскости, а несколько выше ее. Расстояние по вертикали от указанной точки скрещения осей валков и от проходящей через нее горизонтальной плоскости до оси трубной заготовки составляет 40 мм в небольших станах и 50 мм—в более крупных. Поэтому стан должен иметь добавочный верхний валок, обычно — цилиндрической формы, который противодействует стремлению заготовки подниматься вверх и замыкает калибр в этом направлении. Прокатка таким образом, т.-е. выше центральной плоскости, каких-либо особых преимуществ не представляет, даже напротив—по этой причине ниже расположенная шейка одного из валков должна быть обращена несколько внутрь стана, так что в действительности оси валков образуют между собою некоторый угол, отличный от нуля, также и в горизонтальной плоскости. Однако, обусловленное этим положение заготовки в стане, следовательно, также и положение оправки во время работы, упрощает конструкцию стана. В особенности это касается подшипников рабочих валков. Для того, чтобы движение верхнего валка более совершенно соответствовало винтовому движению заго-

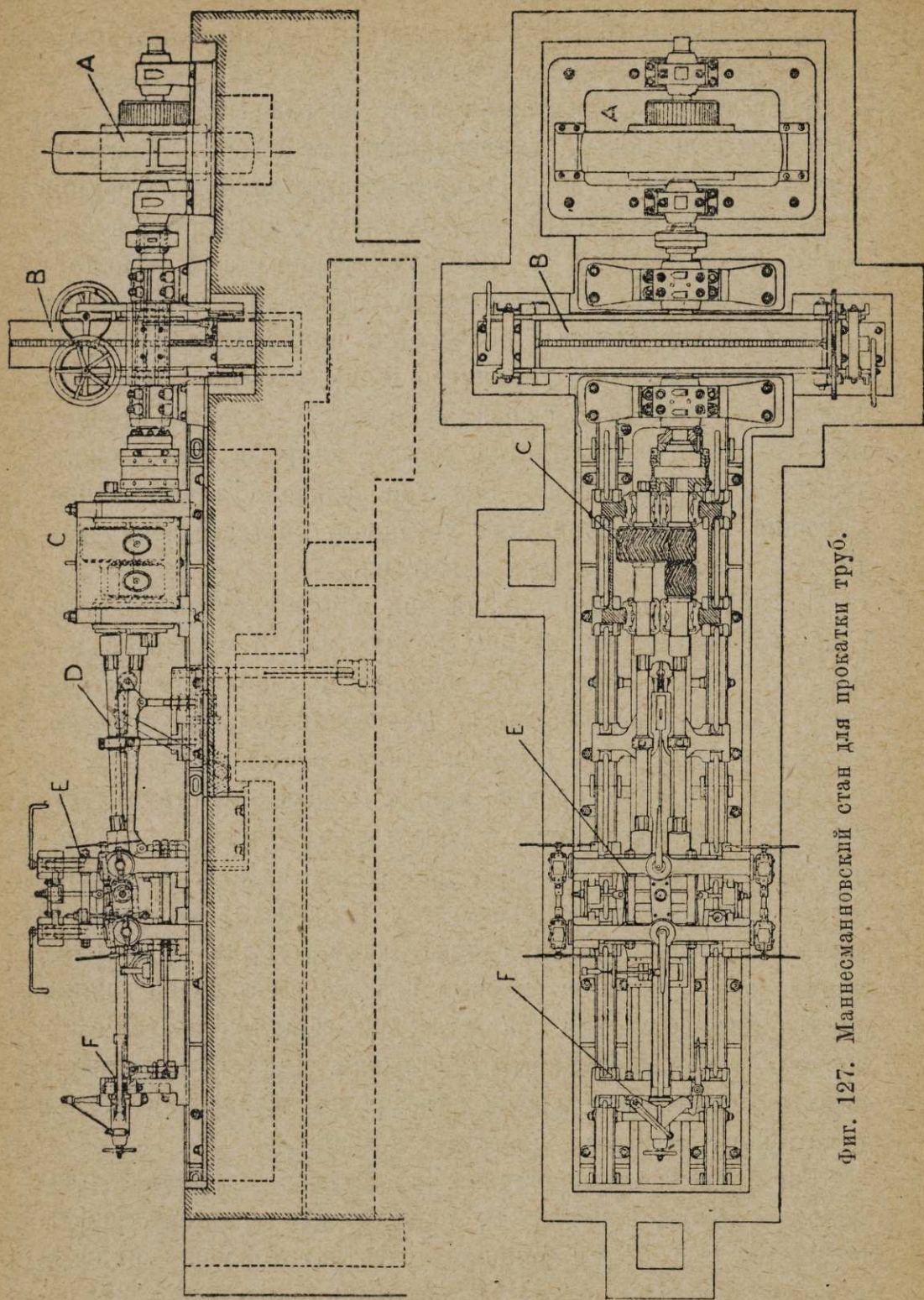
товки, ось верхнего вала располагают под незначительным углом к горизонтальной плоскости.

В обычных случаях направлять материал снизу не требуется; тем не менее, маннесманновские станы в большинстве случаев имеют внизу направляющую линейку. Верхний валок делается холостым, следовательно, вращается в силу одного лишь трения о поверхность заготовки. Поэтому окружная скорость верхнего вала равна окружной скорости рабочих валков, которые вращаются принудительно от двигателя. Как уже было упомянуто выше, рабочие валки вращаются с одинаковой скоростью и в одну и ту же сторону, так что заготовка катается между ними и одновременно движется поступательно. Все три вала, а также направляющие линейки допускают установку соответственно различным размерам трубных заготовок.

На фиг. 127 показан общий вид маннесманновского стана с валками диаметром от 360 до 400 мм. Буквами обозначены: *A*—электромотор, *B*—маховик с тормазным устройством, *C*—шестеренная клеть, *D*—соединительные стержни, *E*—самый стан и *F*—опорная стойка стержня оправки.

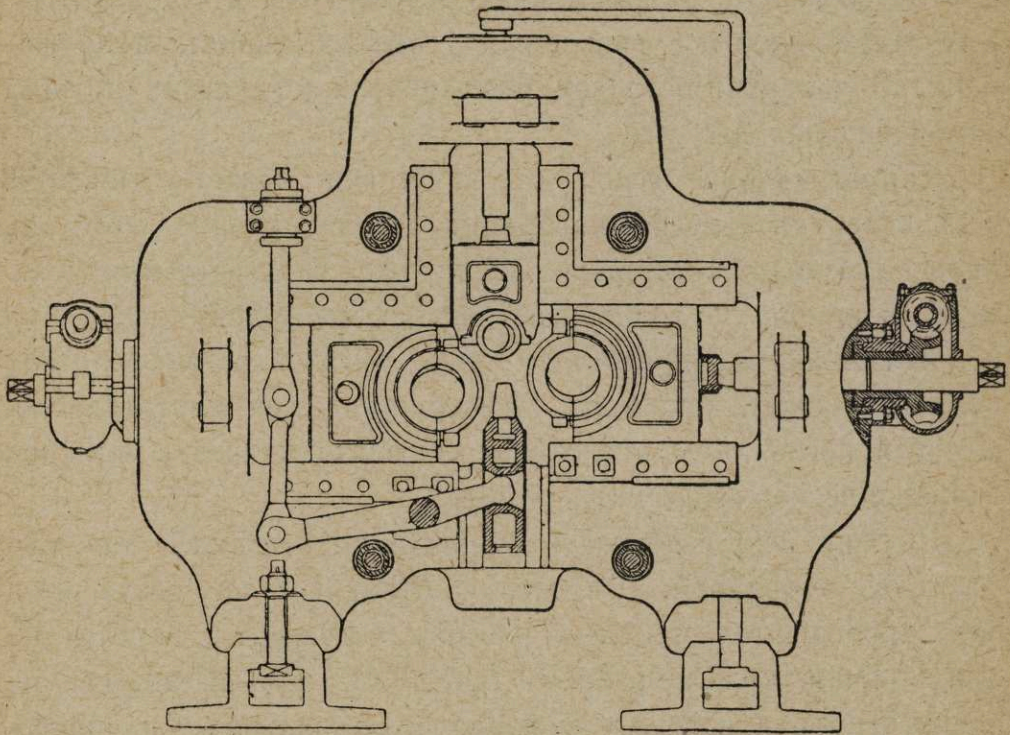
Таким образом, привод маннесманновского стана и его передаточные механизмы в общем не отличаются от соответствующих частей обычных прокатных станов, за исключением махового колеса, которое в первом случае снабжено тормазным устройством. Соединительные стержни (середыши), передающие движение рабочим валкам, здесь очень длинны (3000—3600 мм), так как заготовки задаются в стан с той стороны, где расположены эти стержни. Для этой цели между соединительными стержнями имеется направляющий желоб, по которому заготовки подаются в стан.

Для привода маннесманновских станов применяют двигатели с обмоткой компаунд, переносящие кратковременную перегрузку в 150%. Мощность электромотора для привода маннесманновского стана, изображенного на фиг. 127, со-



Фиг. 127. Маннесмановский стан для прокатки труб.

ставляет 360 л. с., число оборотов—150 в минуту. Указанное выше условие возможности кратковременной работы мотора с большой перегрузкой вызывается тем обстоятельством, что к концу периода прокатки расход силы быстро возрастает. Период перегрузки двигателя является, вообще



Фиг. 128. Устройство станины маннесманновского стана.

говоря, очень кратковременным и, напр., для заготовки диаметром 160 мм и толщиной стенки 25 мм продолжается всего лишь 20 сек. Самые большие станы этого типа обслуживаются двигателями 2000—2200 л. с. в соединении с маховиком весом в 40 до 50 тонн, при скорости около 100 об/мин.

Тормазное устройство махового колеса служит для быстрой остановки стана в случае возможных неполадок.

На фиг. 128 изображено устройство станин маннесманновского стана. Как показывает рисунок, шейки рабочих

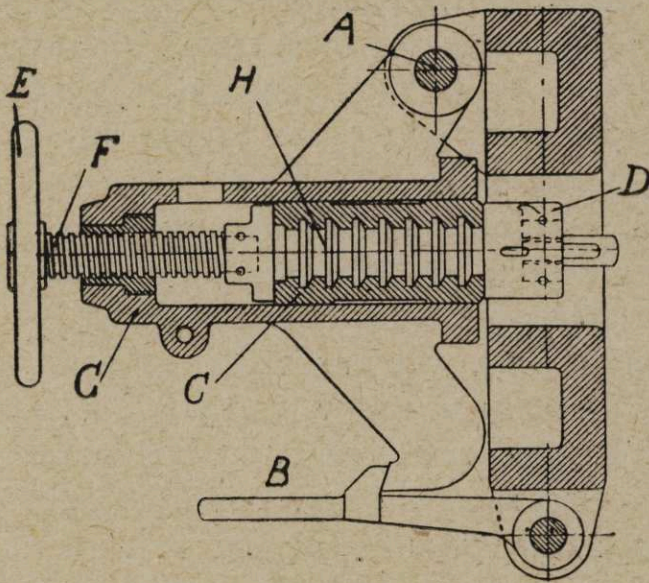
валков лежат в подшипниках, допускающих установку в горизонтальном направлении в обе стороны. Такое устройство станин позволяет регулировать положение обеих шеек каждого вала соответственно размерам заготовки. Верхний валок лежит в подшипниках, допускающих установку в вертикальном направлении. Подшипники прижимаются к горизонтальным установочным («разгонным») винтам мощными пружинами. Под верхним валком расположена в салазках нижняя направляющая линейка.

Направляющий желоб для заготовки можно устанавливать в вертикальном направлении соответственно тому или иному диаметру материала. После того, как заготовка положена в желоб, ее продвигают вперед к валкам стана при помощи толкача, прижимаемого к заготовке посредством гидравлического цилиндра. Толкач снабжен противовесом, который после этого оттягивает его назад вместе с поршнем гидравлического цилиндра.

На фиг. 129 изображен упорный подшипник — так наз. затвор — оправки. Он сделан откидным на болте *A* и, для закрепления оправки в рабочем положении, запирается при помощи крюкообразного бугеля *B*. Самый подшипник сконструирован в форме гребенчатого вкладыша *C* и оправка укрепляется в нем посредством промежуточной цапфы *D*, которая в передней части снабжена державкой или матрицей с квадратной дырой. Задний конец стержня оправки вставляется в эту дыру, к которой он точно пригнан. Благодаря такому устройству упорного подшипника, оправка может свободно вращаться вокруг своей оси и поэтому следует вращению прокатываемой заготовки. Вследствие этого сопротивление, которое она оказывает движению заготовки, получается меньшим, нежели в том случае, если бы оправка оставалась неподвижной во время работы. Установка оправки в продольном направлении производится посредством вращения маховика *E*, заклиненного на ходовом винте *F* затвора;

при этом гребенчатый вкладыш *C* вместе с шпинделем *H* перемещается внутри стакана *G* в ту или другую сторону. В тяжелых маннесманновских станах ходовой винт заменен штоком гидравлического цилиндра.

Пока прокатка еще не началась, оправка имеет опору лишь на одном конце—в затворе стана. Поэтому ее прихо-



Фиг. 129. Затвор к маннесманновскому стану.

дится направлять до тех пор, пока заготовка не дойдет на нее. Для этой цели служит особое центрирующее приспособление, управляемое посредством педали.

Работа у затвора стана сводится в общих чертах к следующему. Закрыв затвор бугелем *B* (см. фиг. 129), вальцовщик вставляет стержень оправки, лежащий в выводном желобе, в матрицу затвора, и затем, вращая маховичок, подвинчивает гребенчатый вкладыш до тех пор, пока оправка не займет надлежащего положения. После этого вальцовщик поднимает педалью центрирующее приспособление, удерживая этим оправку на весу до тех пор, пока заготовка не надвинется на конец оправки. Когда после окончания прокатки

трубная заготовка выйдет из стана, она останется висеть на заднем—более тонком—конце оправки (или на ее стержне) и вместе с ее передним концом упадет в расположенный внизу желоб. Открыв затвор, освобождают задний конец оправки, после чего ее можно вынуть из заготовки.

Полые трубные заготовки изготавливаются из предварительно прокатанных круглых болванок, которые для этого нарезают на куски определенной длины, соответственно намечаемой длине готовых труб. Прежде, чем задавать нагретую болванку в стан, ее с обеих сторон накернивают, т.-е. в центре каждого торца ее делают коническое углубление посредством вдавливания стального каленого центра соответствующей формы. Это делается для облегчения процесса прокатки, особенно—у заднего конца болванки, но не с целью направления оправки, так как к тому времени, когда прокатываемая болванка подходит к оправке, в центре ее уже имеется углубление, вызванное косой прокаткой материала.

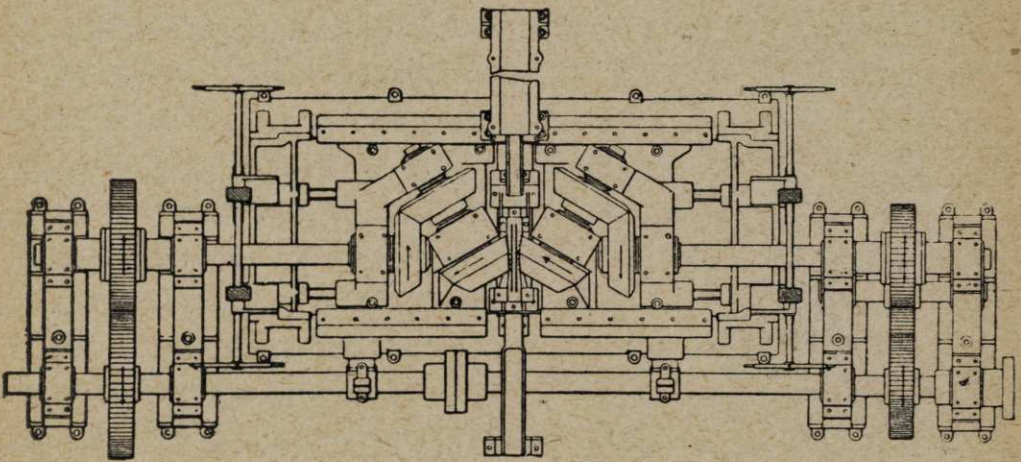
Маннесманновские станы применяются для прокатки трубных заготовок наружным диаметром от 2" до 11". Можно сказать, что предложенные бр. Маннесманн методы изготовления труб не вполне оправдали те большие ожидания, которые возлагались на них в первое время. Прокатка заготовки должна производиться при очень высокой температуре и с очень большой скоростью, что, естественно, влечет за собою значительный расход энергии. Как уже было упомянуто, нагрузка двигателя сильно возрастает к концу периода прокатки.

Своеобразный характер деформаций болванки при косой вальцовке ее позволяет применять в качестве исходного материала почти исключительно лишь сварочное железо.

Для прокатки трубных заготовок очень часто пользуются также прокатными станами другой конструкции, так называемыми (по имени изобретателя) станами Штифеля (Stiefel). Также и в этом случае исходным материалом

служит предварительно обжатая круглая болванка диаметром обычно в 120 мм. На станах Штифеля прокатывают заготовки всегда одного и того же наружного диаметра, независимо от диаметра готовой трубы, которая получается из заготовки путем последующей раскатки ее на так наз. редуccionном стане.

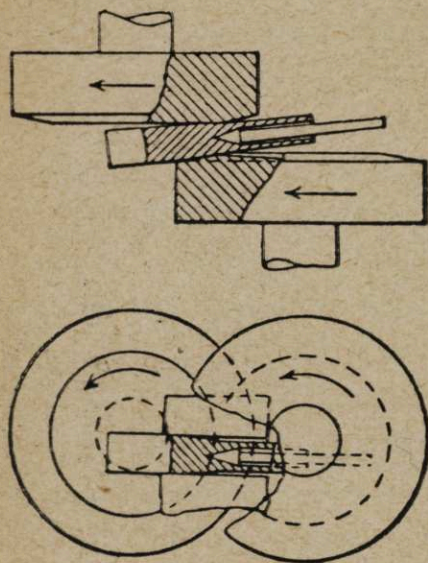
Болванку прежде всего накернивают, затем нагревают до сварочного жара и по рольгангу подают к стану Штифеля. Устройство последнего показано на фиг. 130. Конические валки образуют между собою угол в 60° . Так как окружная скорость широкой части валков больше, нежели в сечениях, расположенных ближе к меньшему основанию конуса, то при пропуске болванки через стан Штифеля достигается тот же эффект, что и при прокатке на маннессманновском стане.



Фиг. 130. Стан Штифеля.

Работа на стане Штифеля происходит следующим образом. Между коническими валками устанавливают оправку остроконечной формы, укрепленную на длинном стержне, который своим задним концом упирается в затвор такой же примерно конструкции, как описанный выше. Устройство

этого затвора позволяет оправке вращаться во время прокатки вместе с заготовкой. Круглая болванка, подаваемая вперед вращательным движением конических валков, с большой силой накатывается на оправку по винтовой линии, так что в результате прокатки она превращается в полузаготовку с толщиной стенок около 8 мм. Стержень оправки находится внутри проводки, которую можно открывать



Фиг. 131.

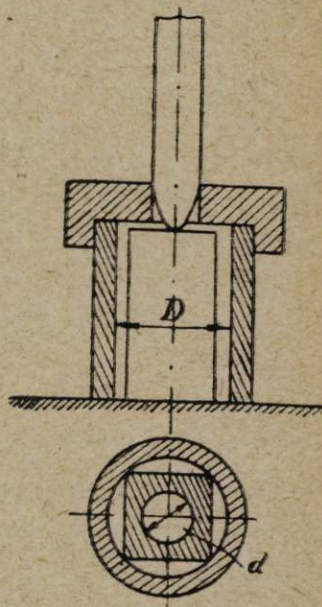
с помощью пневматического цилиндра. Эта проводка предохраняет вальцовщика от увечий, возможных при неполадках в работе стана, а кроме того не позволяет изгибаться стержню оправки. С помощью электрического устройства—так наз. стержнеизвлекателя—последний можно вытаскивать из заготовки, которая после этого остается свободно лежать в проводке.

Оправка к стану Штифеля делается составной: пробка насажена на стержень, и когда последний отводят назад, пробка соскакивает с него. Упавшую пробку подручный вальцовщика схватывает клещами и опускает в расположенную рядом цистерну или бак с водой для охлаждения, а на стержень надевает другую пробку. На заднем торце пробки выточена коническая цапфа, которой на конце стержня соответствует углубление такой же формы.

После прокатки заготовку вынимают при помощи системы рычагов из проводки и передают ее к другому трубопрокатному (редуцирующему) стану, в котором утоняются стенки заготовки и выравнивается ее наружная поверхность.

На фиг. 131 показан другой принцип устройства стана для прокатки трубных установок (конструкция Штифеля). Он работает двумя круглыми дисками, оси которых параллельны между собою. Рабочая часть поверхности дисков несколько скошена. Оба диска расположены на различной высоте, причем разность этих высот незначительна.

Изготовление трубных заготовок прошивкою болванки пуансоном.—Изготовление трубных заготовок посредством прошивки литой болванки может производиться различными способами. Чаще всего применяют способ Эргардта (Erhardt). Исходным материалом служит катанная или кованная болванка квадратного сечения с слегка закругленными ребрами из стали примерно следующего анализа: $C = 0,20\%$, $Mn = 0,45\%$, Si — следы, $P = 0,01\%$ и $S = 0,02\%$. Болванку вставляют в матрицу из мягкого чугуна (сталь для этой цели оказалась непригодной) с полостью круглого сечения. Диаметр этого сечения должен быть подобран таким образом, чтобы профиль болванки был вписан в него



Фиг. 132. Метод Эргардта изготовления трубных заготовок.

(см. фиг. 132). Болванка прошивается пуансоном (бородок, оправка). Если сечение пуансона рассчитать так, чтобы площадь его равнялась сумме площадей четырех круговых сегментов, представляющих разность между площадью внутреннего сечения матрицы и площадью сечения болванки, то, очевидно, прошитая пуансоном болванка раздастся в стороны, образуя цилиндр с наружным и внутренним диаметром соответственно D и d (см. фиг. 132). Обозначая ширину плоской грани болванки через a и пре-

небрегая закруглениями ее углов, диаметр пуансона d можно, очевидно, определить из равенства:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} - \alpha^2$$

При малых закруглениях ребер болванки можно с достаточной точностью принять, что

$$\alpha = \frac{DV\sqrt{2}}{2}$$

следовательно:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \left(\frac{DV\sqrt{2}}{2} \right)^2$$

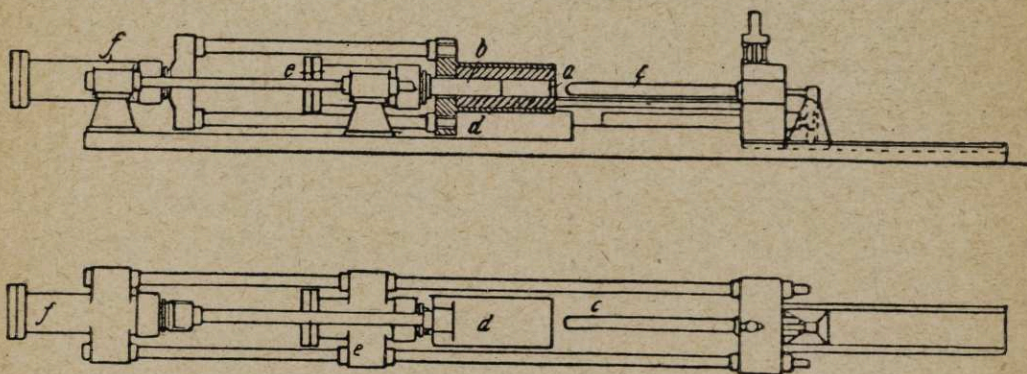
или, после упрощений,

$$d = D\sqrt{\frac{\pi-2}{\pi}} \cong 0,603 D$$

Крышка, которою закрыта матрица, служит для направления пуансона. Длинные болванки прошиваются пуансонами с обеих сторон. Эта операция производится на вертикальном или горизонтальном гидравлическом прессе. По данным опыта, для прошивки в болванках дыр до 325 мм необходим пресс силою около 1200 тонн, а при диаметре в 450 мм—силою до 2000 тонн.

Предварительно обрезанные квадратные болванки загружают в сварочную печь и нагревают до сварочного жара, после чего их подают (по одной) к прессу. Прошивной пресс конструкции Эргардта изображен на фиг. 133. Болванку вставляют в матрицу d и поршнем b нагоняют на пуансон c . Одновременно с болванкой подается вперед и матрица, притом со скоростью большей, нежели скорость болванки, благодаря чему сильно облегчается работа прошивки. Движение матрицы и болванки осуществляется парой гидравлических цилиндров f и e . Как показывает фиг. 133, в этой конструкции пресса пуансон во время работы остается неподвижным. Если труба должна быть с одной стороны закрыта,

то применяют тупой пуансон по фиг. 134. На фиг. 135 представлена готовая заготовка (или труба) в момент окончания прошивки, когда заготовка еще сидит в матрице.

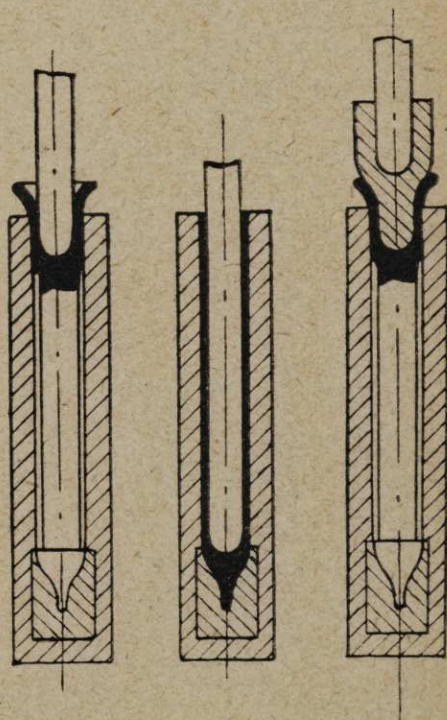


Фиг. 133. Прошивной пресс конструкции Эргардта.

Для того, чтобы предупредить осаживание болванки, один конец ее можно предварительно пробить съемной пробкой, укрепляемой для этого на конце пуансона (см. фиг. 136). Эта пробка разворачивает конец болванки в виде раструба, как показано на фиг. 134.

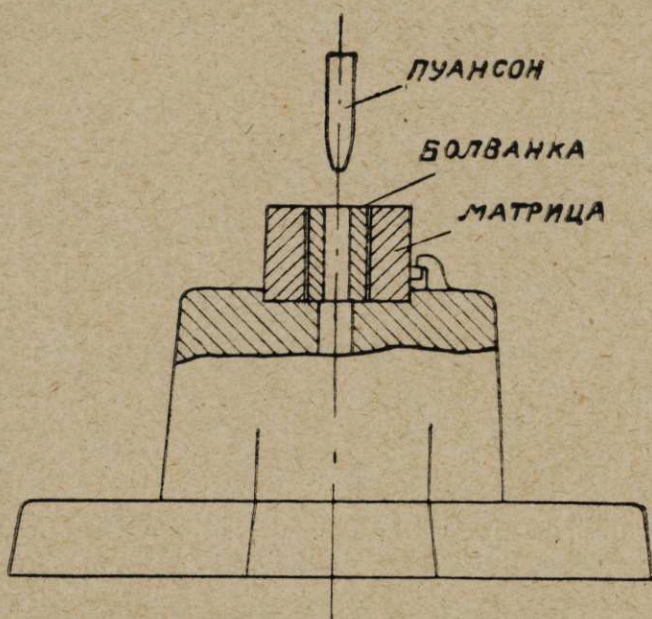
По способу шведа Ларсона (Larsson), прошивка дыры в болванке производится при помощи парового молота или другой аналогичной машины. По этому способу матрица устанавливается в вертикальном положении на шаботте молота в углублении, центр которого лежит на продолжении оси пуансона (см. фиг. 137).

Прошиваемая болванка имеет круглую форму, тогда как



Фиг. 134. Фиг. 135. Фиг. 136.
Прессовка трубной заготовки по Эргардту.

полость матрицы снабжена продольными желобками, так что сечение ее имеет вид, показанный на фиг. 138. Диаметр болванки выбирается с таким расчетом, чтобы она касалась выступов в полости матрицы, иначе говоря, диаметр болванки должен быть равен диаметру окружности, вписанной в сече-



Фиг. 137. Метод Ларсона изготовления трубных заготовок.

ние полости матрицы. При прошивке болванки материал ее, раздаваясь в стороны, заполняет свободные промежутки между внутренними стенками матрицы и поверхностью болванки, так что готовая трубная заготовка принимает форму, показанную на фиг. 139.

Изготовление трубных заготовок посредством высверливания цельной болванки. — Изготовление трубной заготовки посредством высверливания сплошного материала обходится очень дорого и требует большой затраты времени. Поэтому этот способ получил лишь самое ничтожное распространение. Увеличение диаметра

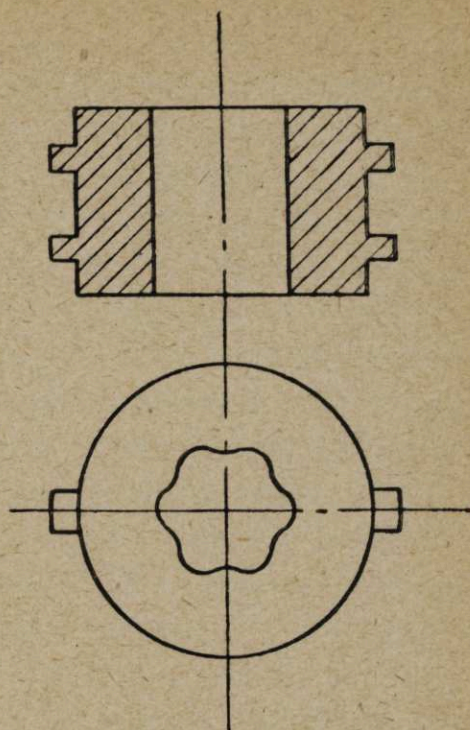
дыры, высверленной в болванке, производится путем расширения дыры на оправке.

Дальнейшая обработка трубной заготовки.—Дальнейшая обработка трубной заготовки, имеющая конечной целью превращение ее в готовую трубу, производится путем прокатки или протяжки, либо—комбинацией обоих этих методов.

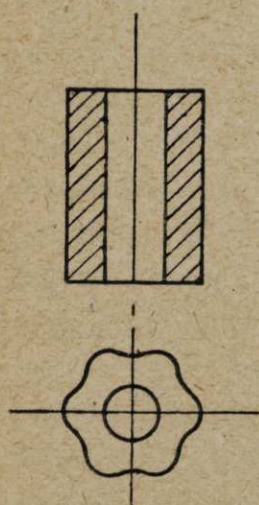
Прокатку труб можно производить тремя различными способами: 1) на оправке в обыкновен-

ном прокатном стане с калиброванными валками, ручки которых соответствуют желаемому наружному диаметру трубы; 2) в так наз. пилигримовых (странствующих) станах; 3) в прокатных станах с валком, находящимся внутри трубы во время прокатки. Последний способ применяется лишь для труб больших диаметров.

Прокатные станы, на валках которых проточены ручки круглого профиля, могут иметь такое же устройство, как станы, применяемые для прокатки труб, свариваемых в накладку (см. фиг. 121). Труба задается в валки либо вручную, либо при помощи поршня пневматического цилиндра. В тех случаях, когда трубная заготовка прокатана



Фиг. 138. Форма матрицы.



Фиг. 139. Наружный вид готовой заготовки.

на стане Штифеля или маннесманновском, новый нагрев заготовки перед пропуском ее через первый ручей трубопрокатного стана обычно не требуется. В течение всего процесса прокатки до получения заготовкой требуемых размеров она подвергается нагреву в печи от двух до трех раз.

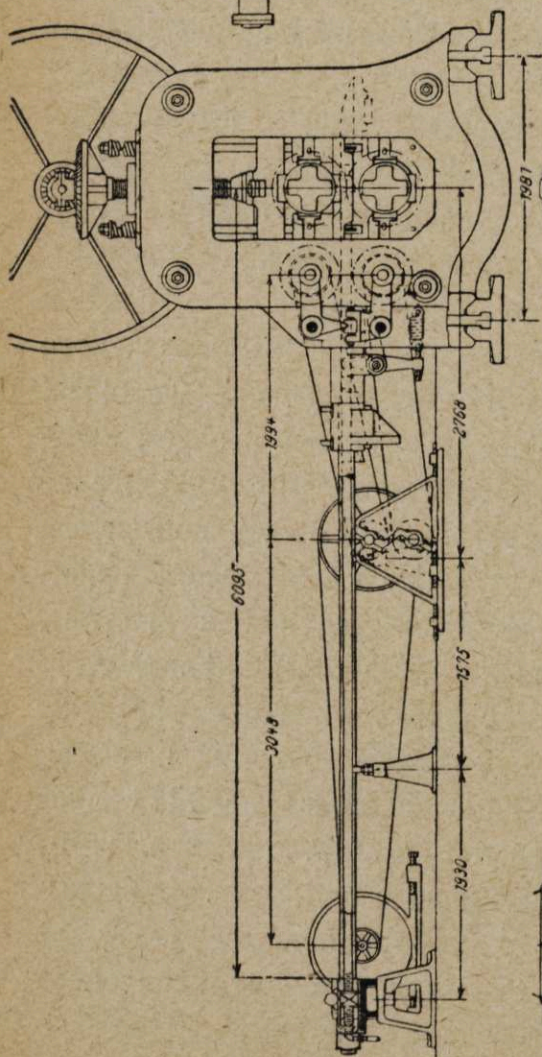
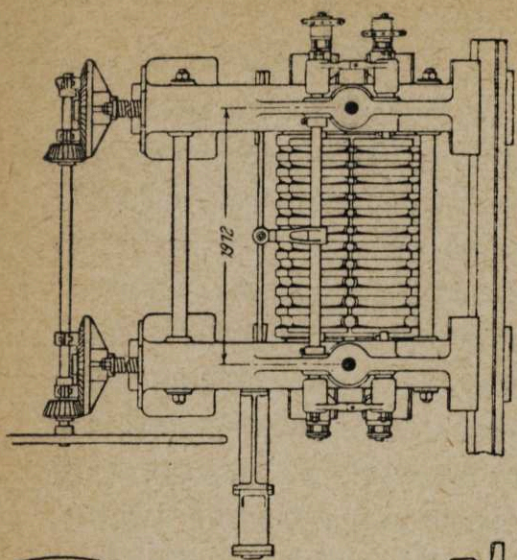
В тот момент, когда трубу задают в валки, оправка (длина ее в этом случае составляет всего лишь несколько дюймов) лежит на столе стана перед тем ручьем, для которого она предназначена. Оправку ставят вершиной против трубы, которая вследствие этого заходит на оправку; одновременно труба захватывается валками стана. Оправка неподвижно удерживается в этом положении стержнем, имеющим упор с выходной стороны стана. Таким образом, по мере прокатки труба, выходя из валков, все глубже заходит на оправку. Когда, наконец, труба выйдет из ручья, оправка снова окажется свободной и упадет на стол стана, где рабочий опять уложит ее так, как нужно для следующей трубы.

Стержень, удерживающий оправку в надлежащем положении, должен, очевидно, иметь длину, равную по меньшей мере длине прокатываемой трубы. Такой стержень с оправкой соответствующего размера расположен позади каждого из ручьев трубопрокатного стана. Каждый стержень лежит в нескольких стойках, снабженных полукруглыми выемками, соответствующими наружному диаметру трубы. Кромки этих выемок, обращенные к стану, сделаны несколько покатыми вниз, так что труба, выходя из валков, легко попадает в эти выемки, постепенно приподнимая стержень оправки соответственно толщине стенок трубы. Другой конец стержня свободно лежит в стойке. Для того, чтобы стержень оправки и труба не поднимались кверху, над стержнем подвешена рама с катками, обод которых имеет форму полукруглого желоба. Рама подвешена на такой высоте, что катки лежат на стержне и затем на трубе, когда она выходит из валков.

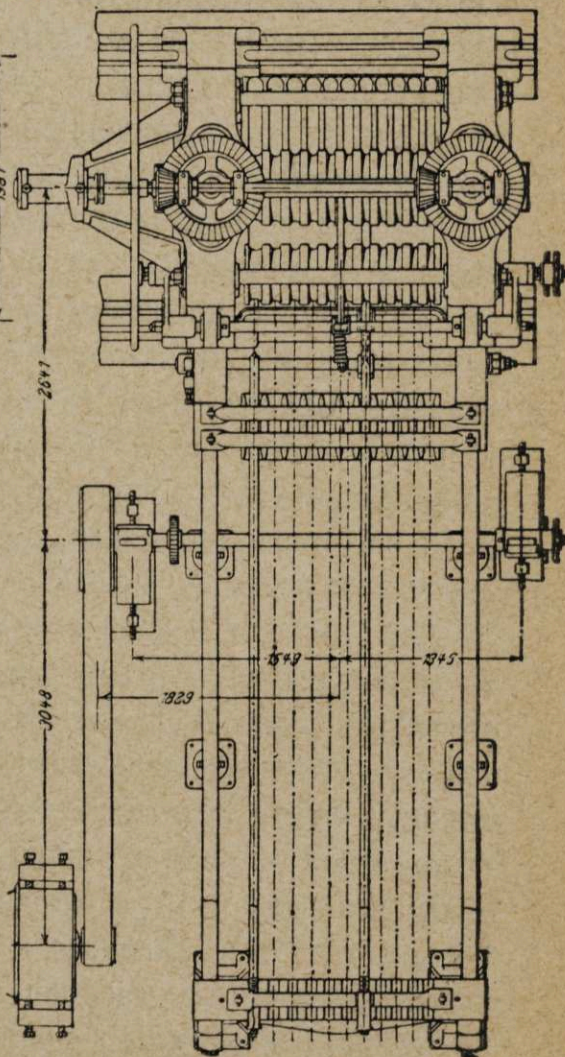
Таким образом, труба направляется этим устройством также и в боковом направлении. Рама или тележка с катками не производит никакого давления на стержень оправки и служит лишь выводной направляющей. Устройство ее подвесов позволяет легко отодвигать ее в сторону.

Труба, выходящая из валков стана, направляется, следовательно, снизу—стержнем оправки с одной стороны и нижними стойками—с другой, а сверху—с одной стороны точно так же стержнем оправки, с другой—желобчатыми катками. Когда прокатка трубы окончена, раму с катками отводят в сторону, освобождая этим сверху стержень оправки и трубу, после чего ближайший к стану конец стержня приподнимают и кладут на верхний валок. Затем трубу вручную стягивают с оправки назад, к приемной стороне стана, и снова укладывают стержень оправки на стойки в исходное положение. Предварительно раму с катками возвращают в прежнее положение, при котором стержень лежит в катках. Прокатка труб на оправке производится в стане дуо.

На фиг. 140 показано другое устройство трубопрокатного стана (по Штифелю). Также и этот стан—двухвалковый. Прокатка трубы, как и прежде, производится в одном лишь ручье. Когда ручей сработается настолько, что при прокатке в нем заготовки наружный диаметр трубы будет получаться слишком большим, переходят на работу в следующем ручье, и т. д. Заготовка задается в валки так же, как и в стане, описанном выше. В отличие от него, стержень оправки этого стана закреплен совершенно неподвижно. После того, как труба будет пропущена между валками до конца и, следовательно, пройдет оправку всей своей длиной, верхний валок стана приподнимают примерно на 15 мм, так что трубу можно без труда возвратить на приемную сторону. На выходной стороне стана расположена параллельно валкам пара катков такой же длины, как и валки. На цилиндрической поверхности этих катков проточен ряд канавок.



Фиг. 140.
Трубопрокатный стан
по Штифелю.



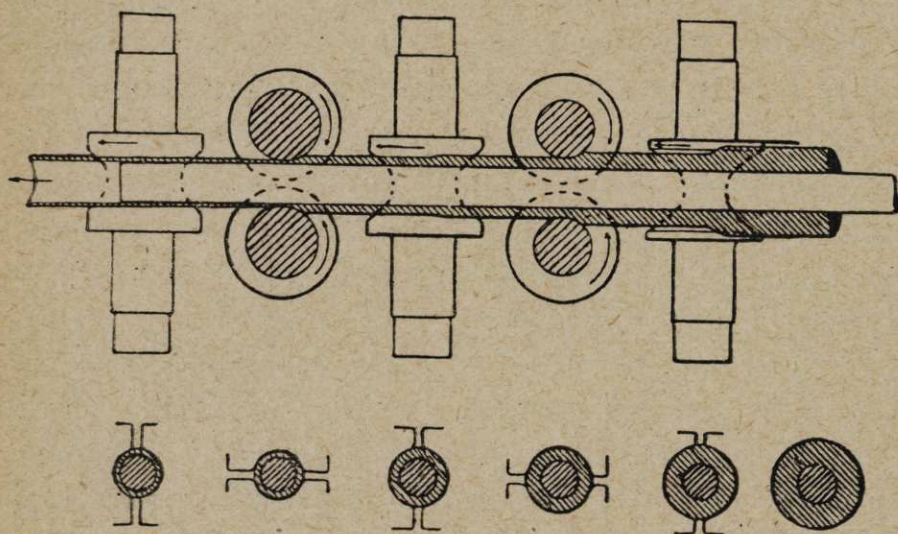
Катки вращаются в направлении, противоположном валкам стана и во время прокатки трубы отстоят от ее поверхности на таком расстоянии, что не задевают ее. Когда прокатка трубы окончена, ролики сближаются и при этом захватывают находящуюся между ними трубу, откатывая ее назад, на приемную сторону стана. Необходимое для этого давление на катки осуществляется при помощи поршня пневматического цилиндра. Подобное же устройство применено и для подъема верхнего валка, хотя эта операция производится и не непосредственно пневматически действующим поршнем, а сильными спиральными пружинами. Во время прокатки подъему верхнего валка этими пружинами препятствует клин, который оттягивается назад поршнем пневматического цилиндра в тот момент, когда верхний валок должен быть поднят.

Обычно трубу пропускают через этот стан три раза, заменяя перед каждым пропуском пробку оправки, свободно надетую на стержень, на другую пробку несколько большего размера. Для прокатки труб можно применять также станы трио или допель-дуо специального устройства. В описанных выше станах прокатка трубы производится в направлении к оправке. Иногда производят ее также в противоположном направлении относительно оправки; следовательно, в последнем случае стержень ее работает не на сжатие, а на растяжение.

Для прокатки заготовок в трубы диаметром от $1\frac{3}{4}$ " до 4" (максимум) применяют также непрерывные станы. Схема устройства непрерывного трубопрокатного стана и принцип его работы поясняются фиг. 141. Как показывает этот рисунок, подобный стан состоит из нескольких пар валков, расположенных накрест (т.-е. поочередно—горизонтально и вертикально) одна за другой, причем окружная скорость каждой пары валков больше, нежели предыдущей.

Профиль ручьев этого стана отличается от правильного круга, причем это различие для ручья последней пары боль-

ше, чем для первой. Прокатка производится на длинной оправке, которая проходит через весь стан и движется вперед между валками одновременно с трубой. Скорость поступательного перемещения оправки равна окружной скорости первой пары валков. В ней трение между трубной заготовкой и оправкой больше всего. В более отдаленных ручьях это трение меньше, вследствие того, что профиль этих

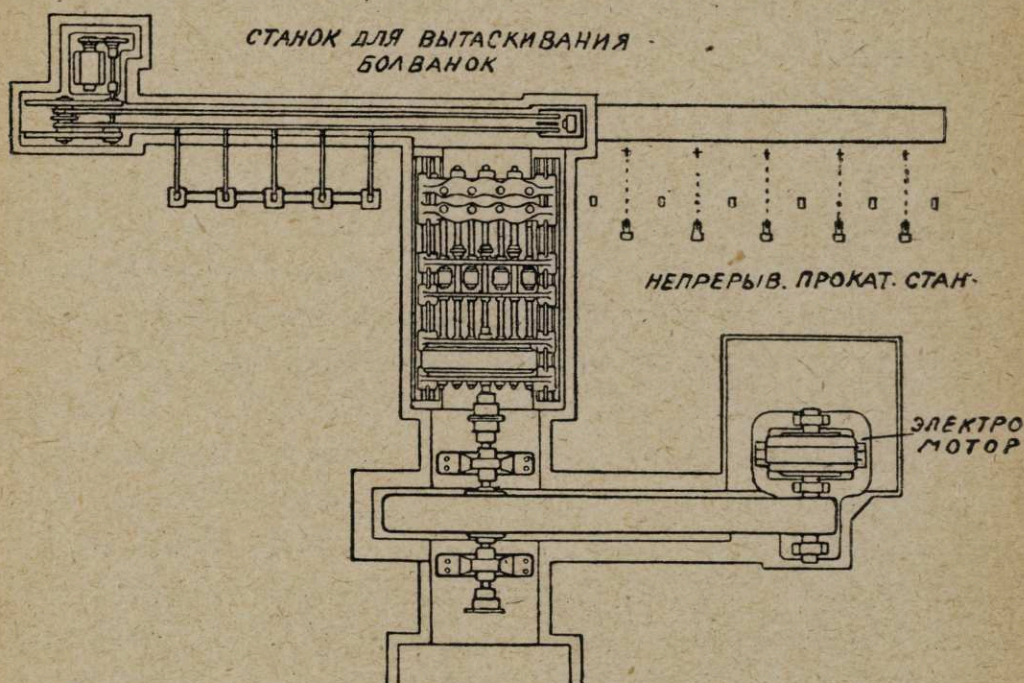


Фиг. 141. Расположение валков в непрерывном трубопрокатном стане.

ручьев отличается от правильного круга сильнее, нежели ручей первой пары валков; труба проходит их со скоростью большей, чем оправка, и, следовательно, одновременно вытягивается. Таким образом, прокатанная труба получается всегда более длиною, нежели оправка.

Недостаток этих непрерывных станов заключается в том, что в результате воздействия прокатных валков и нагревания теплотою трубной заготовки длинная оправка быстро утрачивает свою первоначальную правильную форму, и ее приходится сменять. Прокатанная труба остается туго сидеть на оправке, с которой ее стягивают при помощи волоочильного

станка (см. ниже—Трубы из цветных металлов). Совершенно очевидно, что каждую пару валков непрерывного стана необходимо устанавливать с высокой степенью точности, так, чтобы для каждой из них степень вытяжки



Фиг. 142. Установка для непрерывной прокатки труб.

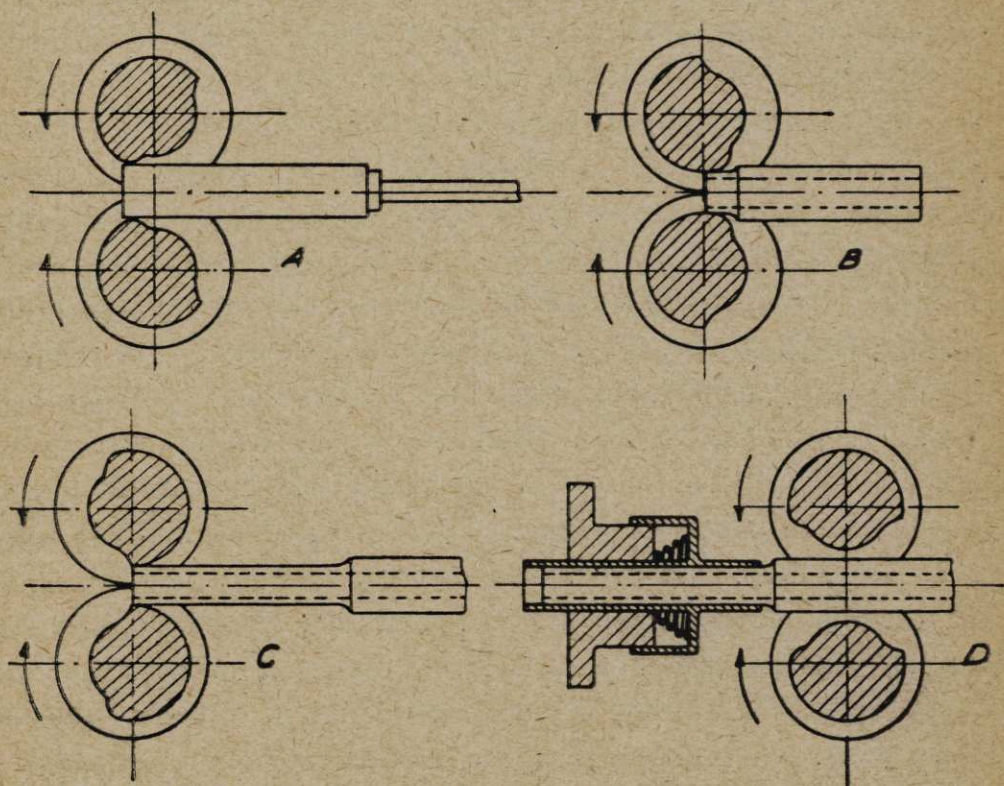
точно отвечала увеличению скорости прокатки, во избежание высадки материала. Поэтому для успешной прокатки труб на непрерывном стане необходимо глубокое знание этого дела, иначе легко происходят неполадки в работе, тем более, что разные пары валков изнашиваются различно. Непрерывные трубопрокатные станы рекомендуются лишь для производства более или менее значительных партий труб одинакового диаметра, так как настройка подобного стана на новый размер трубы отнимает много времени. Поэтому для того, чтобы незначительно изменить диаметр или толщину стенки прокатанной трубы, прибегают к волочению ее. План расположения непрерывного трубопрокатного стана показан на

фиг. 142. Чаще всего устанавливают два таких стана рядом с приводом от одного общего электромотора.

Своеобразен по конструкции и по характеру работы так наз. пилигримовый трубопрокатный стан (странствующий стан, стан с шаговым или попятным движением), введенный в практику бр. Маннесманн. В станах этого типа прокатка заготовки в трубу надлежащих размеров производится путем однократного пропуска через стан, но не непрерывного в одном направлении, а переменного—вперед и назад, причем заготовка подается вперед каждый раз на длину большую, чем назад. В итоге перемещение заготовки равно разности сумм этих отдельных перемещений. Форма валков пилигримового стана и процесс прокатки в них трубы поясняется фиг. 143. По своему устройству и характеру работы пилигримовые станы не отличаются от прокатных станов обычной конструкции; все различие между теми и другими заключается в форме валков. Ручей валков пилигримового стана на одной трети периферии представляет так наз. «неполный калибр» (см. также стр. 83), остальная часть его идет по винтовой линии к оси вала. В том месте, где кончается «неполная» часть калибра и начинается его эксцентрическая часть, размер ручья соответствует наружному диаметру заготовки, дальше он постепенно уменьшается до диаметра готовой трубы. Остальная часть сечения калибра, перпендикулярного к оси вала, очерчена по окружности, так что валки только выглаживают наружную поверхность трубы, не изменяя ее размера.

В дальнейшем описании та часть заготовки, которая обращена к валкам, названа передней. Валки вращаются навстречу заготовке (см. фиг. 143 $A-B-C-D$), поэтому она должна задаваться в калибр в тот момент, когда «неполные» части ручьев обращены друг к другу (фиг. 143 D) и заготовка свободно проходит между валками. Таким образом, при каждом обороте валков прокатке (точ-

нее говоря — обдавливанию) подвергается лишь короткая часть заготовки. Прокатка производится на длинной оправке, которая соединена с механизмом подачи и после каждого оборота валков снова продвигает трубу вперед между «неполными» частями ручьев.



Фиг. 143. Процесс прокатки трубы в пилигримовом стане.

Обработка трубной заготовки на пилигримовом стане начинается с того, что в калибр задают конец заготовки точно на такую длину, какая может быть обдавлена валками за один оборот. Для труб малых размеров эта длина составляет около 20 мм. Эта часть заготовки прокатывается в эксцентрической части калибра в то время, как заготовка подается назад (ср. фиг. 143 А и В). После этого оправка вместе с трубой подается вперед через «неполную» часть калибра, и эксцентрическая часть его обдавливает следу-

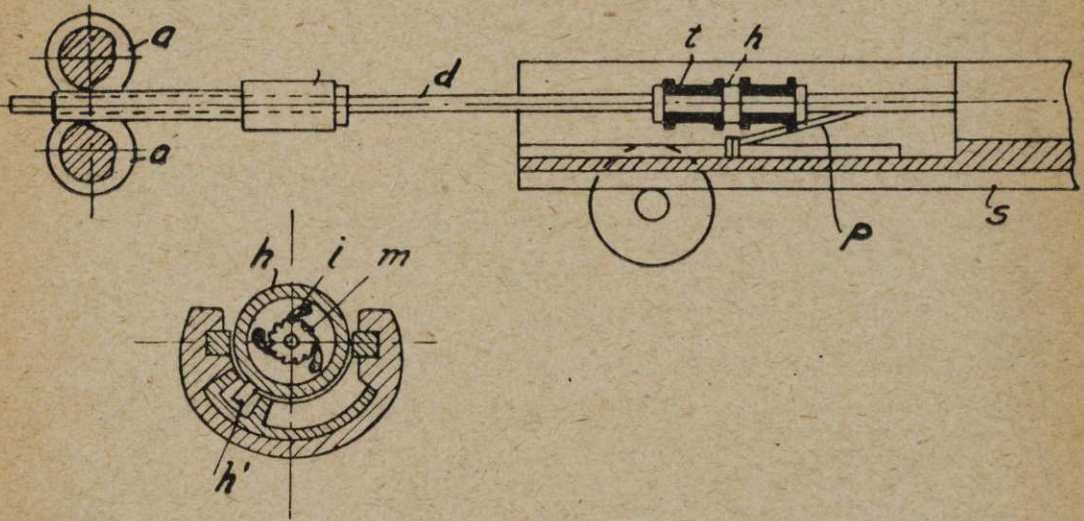
ющий участок заготовки при одновременном попятном движении последней. Одновременно валки более узкой частью своего калибра придают участку заготовки, прокатанному за предыдущий оборот, размеры, соответствующие наружному диаметру готовой трубы (см. фиг. 143 *С*). Таким образом, самая работа прокатки выполняется станом в течение той части оборота валков, которая отвечает повороту их из положения *В* в положение *С* на фиг. 143.

Перед каждым продвижением трубной заготовки вперед, ее поворачивают вместе с оправкой на 90° , чтобы избежать образования заусенцев. Опасность этого обусловлена тем обстоятельством, что калибр валков сделан открытым, с целью предупредить слишком сильное защемление оправки прокатываемой трубой. Равномерность подачи трубы вперед достигается упоркой, установленной на выходной стороне валков. Эта упорка, которую можно переставлять соответственно длине требуемого шага, обеспечивает продвижение трубы вперед при каждом обороте валков постоянно на одну и ту же длину, как это легко понять из фиг. 143 *Д*.

Задний конец оправки несет тележка, прижимающая заготовку к валкам под действием пружин, работающих на сжатие. Давление этих пружин, особенно в начале, меньше той силы, с которой оправка и заготовка отталкиваются назад валками стана. Как только последние снова освобождают заготовку, проходя под ней «неполную» часть калибра, пружины тележки отталкивают заготовку вместе с оправкой вперед до упорки. Соответствующее этому моменту положение валков изображено на фиг. 143 *Д*.

Тележка с механизмом подачи обеспечивает, с одной стороны, эластичное поступательно-возвратное движение оправки с заготовкой, а с другой стороны, осуществляет суммарное шаговое движение вперед прокатываемой трубной заготовки. Этот же механизм подачи производит также периодическое поворачивание трубы. Одна из конструкций пита-

ющего механизма пилигримового стана показана на фиг. 144. В этой конструкции вращение оправки происходит независимо от движения подачи. На стержне d оправки укреплен храповик m , заключенный во втулке h . Внутри этой втулки находятся три собачки i . Втулка h движется вместе с салазками t , связанными со стержнем оправки. Палец h^1 , укрепленный на наружной стенке втулки h , входит в канавку p , которая поднимается по винтовой линии на внутренней по-



Фиг. 144. Питающий механизм пилигримового стана.

верхности тележки s . Ближе к заднему (считая от стана) концу тележки s канавка p переходит в прямую, так что поворачивание заготовки происходит всегда к концу ее переднего хода и не зависит от длины этого движения. Благодаря такому устройству этот механизм можно применять и для таких труб, форма поперечного сечения которых делает необходимым периодическое поворачивание трубы на совершенно определенный угол, так как иначе нельзя было бы правильно задавать трубу в калибр валков.

Салазки t снабжены пружинами, сжимающимися при попятном движении стержня оправки и снова подающими

его вперед, как только валки освобождают заготовку. Во время попятного движения заготовки, производимого валками, собачки i вращающейся при этом втулки h свободно скользят по зубцам храповика m , так что храповик, а с ним оправка и трубная заготовка не участвуют во вращательном движении втулки h . Когда стержень оправки снова подается назад, втулка h вращается в обратную сторону, и собачки i , находясь в зацеплении с зубцами храповика m , заставляют его вращаться, как одно целое с втулкой. Так как храповик заклинен на стержне оправки, то последний поворачивается при этом на определенный угол, соответствующий форме винтовой канавки p .

Подача тележки s , которая прежде производилась противовесом, в настоящее время осуществляется с помощью гидравлических устройств. Точно так же упомянутые выше пружины питающего механизма для эластичного движения оправки взад и вперед заменяются в современных конструкциях пилигримовых станов гидравлическими цилиндрами.

Пилигримовые станы для 2" — 3 1/2"-овых труб делают до 250 об/мин, станы средней величины — 70 до 100 об/мин и самые тяжелые станы этого типа (для прокатки труб диаметром до 11") всего лишь 30 об/мин. Длина трубных заготовок составляет от 800 до 1500 мм. Прокатка на пилигримовом стане труб малых диаметров из заготовок, полученных косою вальцовкой, производится часто без нового нагрева заготовки.

Характер работы пилигримовых станов не позволяет предохранить оправку как от нагревания, так и от деформирования. Несмотря на то, что эти оправки изготавливаются из инструментальной стали, их приходится поэтому часто сменять и посредством осаживания и т. д. снова возвращать им правильную форму. Независимо от этого, после каждой трубы оправку необходимо охлаждать, следовательно, при каждом стане должно быть несколько сменных оправок.

Для того, чтобы облегчить извлечение оправки из прокатанной трубы, диаметр оправки на переднем конце делают примерно на 1 мм меньше, нежели на заднем.

Осаживание оправок производят, после предварительного нагрева, на гидравлическом прессе между матрицами, при помощи которых оправке возвращают надлежащий наружный диаметр. После этого ее окончательно выправляют в холодном виде под паровым молотом.

Следствием своеобразного характера работы пилигримовых станов является то, что трубы, прокатанные этим способом, получаются не совсем ровными. Кроме того, задний конец заготовки, вообще говоря, прокатывается не до самого конца. Поэтому в некоторых случаях (в зависимости от назначения трубы) пропущенные через пилигримовый стан трубы нельзя пускать прямо в дело, а приходится подвергать их дальнейшей обработке посредством горячего волочения (протяжки).

Существуют пилигримовые станы, которые производят прокатку трубы не во время попятного движения заготовки, а когда она подается вперед, как в обычных прокатных станах. Однако, способ работы этих трубoproкатных станов, описанный выше, является, повидимому, предпочтительным.

В пилигримовом стане Бриде (Briede) сечения обоих валков, перпендикулярные к оси, имеют форму круговых секторов. Во время работы они непрерывно качаются взад и вперед, так что произвольная точка каждого вала движется, как маятник. Поэтому валки Бриде получили название маятниковых. Стан освобождает трубу в течение каждого полного размаха лишь на один короткий момент, именно—в конце калибра. Станы Бриде применяются преимущественно для труб больших диаметров. Они приводятся в движение кривошипным механизмом или эксцентриком, установленным в шестеренном дуо-стане. Число обо-

ротов станов Бриде составляет от 40 до 230 в минуту, в зависимости от диаметра трубы. Совершенно понятно, что станы этого типа маховика иметь не могут.

По методу Геерса (Heers) валки катаются взад и вперед по трубной заготовке, обдавливая ее при этом до надлежащей формы. Это достигается особой конструкцией стана, который целиком приводится в поступательно-возвратное движение.

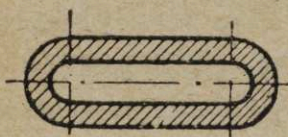
Горячая протяжка (волочение) труб. — Для горячей протяжки труб применяют протяжные станки, аналогичные тем, которыми пользуются для изготовления сварных труб. Самая протяжка производится как на оправке, так и без нее.

Холодное волочение труб. — Для уменьшения толщины стенок труб довольно часто приходится прибегать к волочению их в холодном состоянии, в особенности в тех случаях, когда толщина стенок мала и должна быть точно выдержана и когда к наружной поверхности трубы предъявляются повышенные требования в отношении их гладкости. При нормальной толщине стенок, трубы, изготовленные на пилигримовом стане и затем протянутые в горячем состоянии, проволакиваться в холодном виде не должны. Холодное волочение труб рассмотрено подробнее на стр. 317—326.

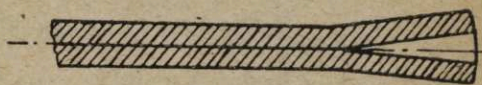
Кроме способов обработки, указанных выше, для изготовления труб и полых тел применяются и некоторые другие методы, распространенные, однако, значительно меньше и применяемые лишь в специальных случаях.

Так, полые трубные заготовки можно прокатывать в полосы, уменьшая этим толщину стенок заготовки до желаемого размера, и затем при помощи оправки разгонять на прессе полосу до цилиндрической формы. Этим способом пользуются для изготовления труб с продольными боковыми ребрами (по Бишеру (Bichereux) и др.). Поперечное сечение полых болванок, отливаемых в изложницы и являю-

щихся исходным материалом при этом способе, показано на фиг. 145. Внутренние стенки болванки обмазывают перед прокаткой в полосу асбестовой массой для предупреждения сварки. Нагретую до белого каления заготовку прокатывают

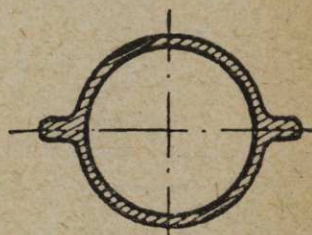


Фиг. 145. Поперечное сечение трубной болванки после отливки.



Фиг. 146. Прорубленная после прокатки трубная заготовка.

в универсальном стане. После того, как полученная длинная полоса остынет, ее прорубают или продавливают с одного конца приблизительно на $1\frac{1}{2}$ метра (фиг. 146), снова нагревают и расширяют на оправке. Затем еще раз нагревают полученный полуфабрикат в печи и протягивают его на волочильном стане, сначала на овальной, затем на круглой оправке. Во время этой операции труба получает надлежащие размеры и форму. Наконец, для того, чтобы выгладить наружные стенки трубы, ее проволакивают еще раз. При этом клещи захватывают трубу за два боковых ребра, которые остаются на ней и после окончания обработки (фиг. 147), усиливая ее жесткость. Этот способ применяют для изготовления труб внутр. диам. от $5\frac{1}{2}''$ до $8\frac{1}{2}''$.



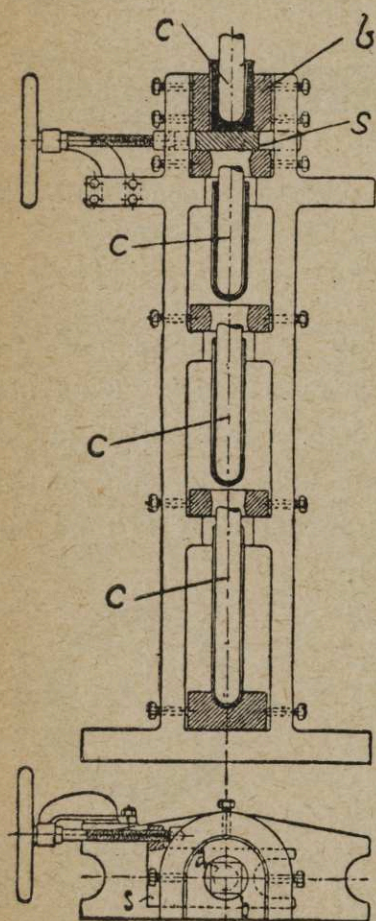
Фиг. 147. Поперечное сечение готовой трубы.

Трубные заготовки, изготовленные по способу Эргардта из литой болванки (см. стр. 291), могут быть превращены в трубы посредством протяжки на прессе: для этого полая заготовка, надетая на оправку соответствующего размера и закрытая или, по крайней мере, стянутая на одном конце, продавливается или протягивается последовательно через ряд матриц с постепенно уменьшающимися волочиль-

ными отверстиями. Расположение матриц в подобном прессе (по Эргардту) показано на фиг. 148. Следует заметить, что на этом прессе можно производить и первую операцию—

прошивание сплошной болванки (см. стр. 292—294) в матрице *b* с выдвижным дном в форме плиты *s*.

Протяжка трубы производится на длинной оправке (пуансоне) с слабо конической формы. Плиту *s*, образующую дно первой матрицы *b*, можно выдвигать в сторону при помощи ходового винта после того, как заготовка получила в первой матрице форму, необходимую для дальнейшей протяжки. При нисходящем движении оправки заготовка протягивается через вторую матрицу, затем через третью и т. д. Обычно для изготовления этим способом трубы необходимо несколько нагревов. Матрицы срабатываются очень быстро и их приходится сменять, при нормальной работе пресса, каждый день. Особенно губительно влияет в этом отношении окалина, действующая на металл матриц подобно наждаку. Труба, прошедшая через

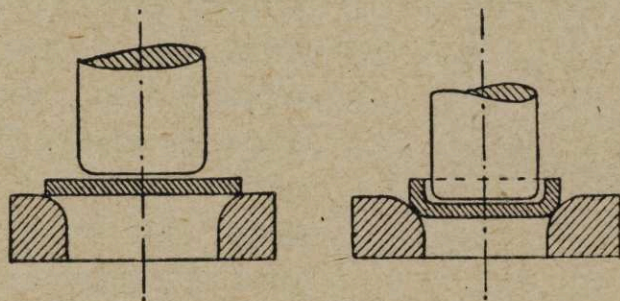


Фиг. 148. Пресс Эргардта для протяжки труб.

пресс, захватывается клещами волочильного стана и проволачивается через него. Этим способом толщину стенок можно довести до 3,5 мм. Дальнейшее утонение их достигается холодным волочением на оправке. Этот же способ обработки служит также для калибровки труб. Метод Эргардта применяется для изготовления оболочек снарядов, пушечных

дул, баллонов для сжатых под высоким давлением газов, гидравлических плунжеров и цилиндров, дымогарных и велосипедных труб и т. д. Этот способ позволяет придавать изготавливаемым предметам весьма разнообразную форму и размеры.

Обычная протяжка на прессах применяется в некоторых специальных случаях для изготовления труб из листового материала. Принцип, лежащий в основе этого метода обработки, не отличается от только что описанного, и изготовление этим путем труб производится по существу так же, как протяжка полых предметов на вытяжных прессах, подробно

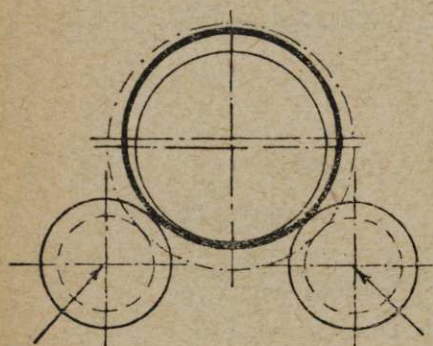


Фиг. 149. Протяжка трубы на прессе.

описанная на стр. 106—146 Тома VI настоящего издания. Исходным материалом в этом случае служит гладкая выкройка из листа соответствующей толщины в форме круга, квадрата или многоугольника. Она обрабатывается между штемпелем и матрицей вытяжного штампа, который сначала загибает кромки выкройки и затем протягивает ее в трубу, как до некоторой степени поясняет фиг. 149. Перед протяжкой заготовка нагревается до температуры красного каления. Если труба должна быть открытой с обеих сторон, дно ее отрезают. Этим способом пользуются чаще всего для изготовления коротких труб малых размеров, напр., велосипедных труб, баллонов для сжатых газов и пр. Впрочем, в последнее время его начали с успехом применять для изготовления также

больших резервуаров для сжатых газов (напр., для миноносцев) диаметром 450 мм и длиной до 6 метров при толщине стенок в 12 мм, рассчитанных на рабочее давление до 400 атм. Устройство вытяжных прессов описано подробнее в указанном выше разделе Тома VI настоящего издания (стр. 106—117).

Для изготовления волнистых (гофрированных) труб (жаровые трубы паровых котлов) служат прокатные станы с тремя валками. Схема расположения этих валков по-



Фиг. 150. Расположение валков в стане для волнования (гофрирования) труб больших диаметров.

казана на фиг. 150. Два нижних валка могут быть подперты по всей длине и поэтому делаются более тонкими, нежели верхний валок, который такой опоры не имеет. Гофрируемая труба надевается на верхний валок. Для возможности этого одна из станин стана сделана опрокидной, что позволяет освободить один конец валка. Во время прокатки оба нижних валка прижимаются к верхнему

при помощи электрического или гидравлического устройства. При этом нижние валки прижимаются к трубе, надетой на верхний валок, и увлекаются во вращение силой трения. Все три валка профилированы по всей длине и, вдавливаясь в материал, придают трубе желаемую волнообразную форму. Перед прокаткой, которая продолжается от 20 до 30 минут, трубу нагревают до светло-красного или светло-желтого каления.

Существуют также четырехвалковые станы для волнования труб, отличающиеся от описанного тем, что имеют еще один — нижний валок такого же устройства, как верхний. Профилированы лишь верхний и нижний валки, два боковых играют роль направляющих.

Печи.

Для нагревания труб до сварочного жара служат регенеративные печи примерно такой же конструкции, какая применяется обычно для нагрева болванок. В некоторых из них под поддерживается чугунами плитами, уложенными на балках, благодаря чему между подом печи и потолком регенератора образуется воздушная прослойка, способствующая охлаждению пода.

Трубы из цветных металлов.

Паянные трубы.

Паянные трубы из красной меди, латуни и нейзильбера изготавливаются самым обыкновенным способом, обычными приемами пайки этих металлов. Заготовка для труб этого рода имеет форму полосы надлежащей ширины, которую свертывают вдоль так, чтобы кромки ее пришли в стык. Эта операция производится либо на протяжном станке такого же устройства, как те, на которых свертываются железные штрибсы (см. стр. 257 и сл.), либо каким-нибудь иным способом. После этого шов трубы запаивают крепким припоем. Наконец, для придания трубе точных наружных размеров и совершенно круглой формы, а также для того, чтобы выгладить ее стенки, трубу пропускают через волочильный станок один или несколько раз.

Бесшовные трубы.

Для изготовления полых трубных заготовок из цветных металлов применяют большую часть тех методов, которыми пользуются в производстве железных бесшовных труб. Однако, отливка полых болванок из красной меди является чрезвычайно трудным делом, и удовлетворительное выполнение их этим способом удается очень редко: обычно полые отливки из этого металла получаются недостаточно плотными. Поэтому из красной меди предпочитают отливать сплошные

болванки, которые затем превращают в полые трубные заготовки посредством косой вальцовки. Что касается заготовок для латунных труб, то их часто прямо отливают полыми (в форму с шишкой) и далее перерабатывают в трубы протяжкой. Косая прокатка труб из меди и пр. не отличается сколько-нибудь существенно от прокатки этим способом железных и стальных труб. В тех случаях, когда трубы из цветных металлов нормированы повышенными техническими условиями, наружную поверхность перед протяжкой обтачивают.

Заготовки для труб из красной меди изготавливаются также путем вытяжки на прессах круглых кованых медных шайб, толщиной ок. 15—20 мм, с дырою посередине; диаметр дыры должен быть несколько меньше внутреннего диаметра готовой трубы. Дальнейшая обработка трубы состоит в протяжке.

Литые заготовки из ковкой латуни могут обрабатываться также посредством проковки их при температуре красного нагрева на оправке в полукруглом штампе. Этот способ обработки позволяет получать трубы в концах большой длины. После вытяжки, которая производится под быстроходным молотом, трубы выглаживают в обжимке, состоящей из вершника и нижника.

Огливка медных и латунных болванок для изготовления труб может производиться в чугунные формы. В качестве материала для таких форм следует брать сильно графитистый чугун. Форма подвешивается на двух боковых цапфах и во время заливки металла занимает вертикальное положение, которое может быть изменено на горизонтальное, когда металл застынет. Один конец трубчатой формы открыт, так что заливку меди можно производить прямо из ковша или тигля, другой конец закрывается железной пробкой. Чека, пропущенная сквозь стенки формы и пробку, удерживает последнюю на месте. Если чеку вынуть, то пробка легко удаляется из формы. Когда залитый в форму металл застынет, ее наклоняют в горизонтальное положение, вынимают пробку и при помощи железного прута выколачивают из формы

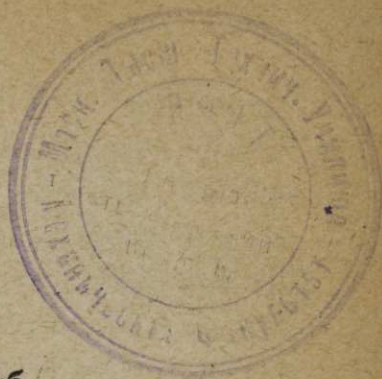
болванку. В тех случаях, когда болванка должна быть не полой, а сплошной (для дальнейшей обработки косой вальцовкой), пробка имеет посередине ступенчатый выступ. Благодаря этому в центре отлитой болванки получается углубление, аналогичное тому, которое выпрессовывают в железных болванках, предназначенных для переработки в трубы (см. стр. 291). После каждой отливки форму необходимо тщательно вычистить, напр., при помощи круглой проволочной щетки (банник, крацбюрет), и затем смазать ее внутри смесью льняного масла с графитом. Это делается, с одной стороны, для предохранения поверхности формы от действия расплавленного металла, с другой—для того, чтобы застывшую болванку легче было вытолкнуть из формы.

Формы, предназначенные для отливки полых болванок, бывают снабжены специальными приспособлениями для удержания на месте шишки, которая иначе могла бы сместиться во время заливки. Шишки изготавливаются обычным образом: патрон (сердечник) из куска железной трубы, в стенках которой просверлен ряд мелких отверстий, обматывают соломой, обмазывают соответствующим стержневым материалом и затем обтачивают посредством шаблона, выпиленного из доски *). Из готовой болванки стержень удаляют при помощи гидравлического пресса, выталкивающего его из отливки, или каким-либо иным способом,

Дальнейшая переработка трубной заготовки в трубу производится почти исключительно путем холодного волочения, так как прокатка, требующая нескольких нагревов, сравнительно с волочением на холоду обходится слишком дорого.

Цветные металлы и сплавы, пластичные в горячем состоянии, перерабатываются в трубы также посредством прессования. Из свинца и некоторых других металлов можно прессовать трубы также и без предварительного нагрева.

*) Подробнее об изготовлении шишек см. Том II.



Холодное волочение труб.

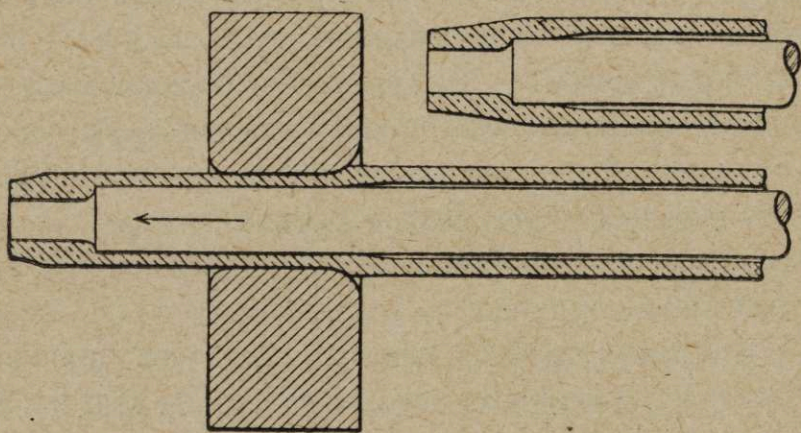
Процесс волочения вообще рассмотрен подробнее в следующем разделе, посвященном волочению проволоки и пруткового материала. Волочение (протяжка) труб может производиться четырьмя различными способами:

- 1) на длинной оправке, движущейся вместе с трубой,
- 2) на короткой неподвижной оправке,
- 3) на свободной (неукрепленной) оправке и
- 4) без оправки.

Для волочения труб из цветных металлов применяются машины двух различных классов: гидравлические прессы и волочильные станки. Следует, впрочем, заметить, что последним термином часто обозначают все вообще машины для волочения труб, в том числе и гидравлические прессы.

Современные гидравлические волочильные станки или прессы работают таким образом, что длинная оправка вместе с надетой на нее трубной заготовкой проталкивается через отверстие волочильной доски (см. фиг. 151). Следовательно, оправка работает при этом на продольный изгиб. Гидравлические волочильные станки по сравнению с обыкновенными обладают тем преимуществом, что позволяют производить протяжку сначала медленно, затем—с постепенно увеличивающейся скоростью. Регулировка этой скорости достигается перепуском большего или меньшего количества напорной воды. Гидравлические волочильные станки применяются особенно часто в тех случаях, когда протяжка

изделия требует приложения большой силы, в частности, при волочении труб—для первых трех-четырех проволачиваний. Следует заметить, что термины „волочение“ или „протяжка“ в применении к станкам этого типа являются не вполне правильными, так как труба проталкивается вперед, а не протягивается. Впрочем, принцип работы этих машин в остальном не отличается от тех волочильных станков, в которых труба подвергается воздействию не сжима-



Фиг. 151. Волочение трубы на гидравлическом прессе.

ющих, а растягивающих сил. Гидравлические волочильные станки работают всегда с длинными оправками, движущимися вместе с трубной заготовкой.

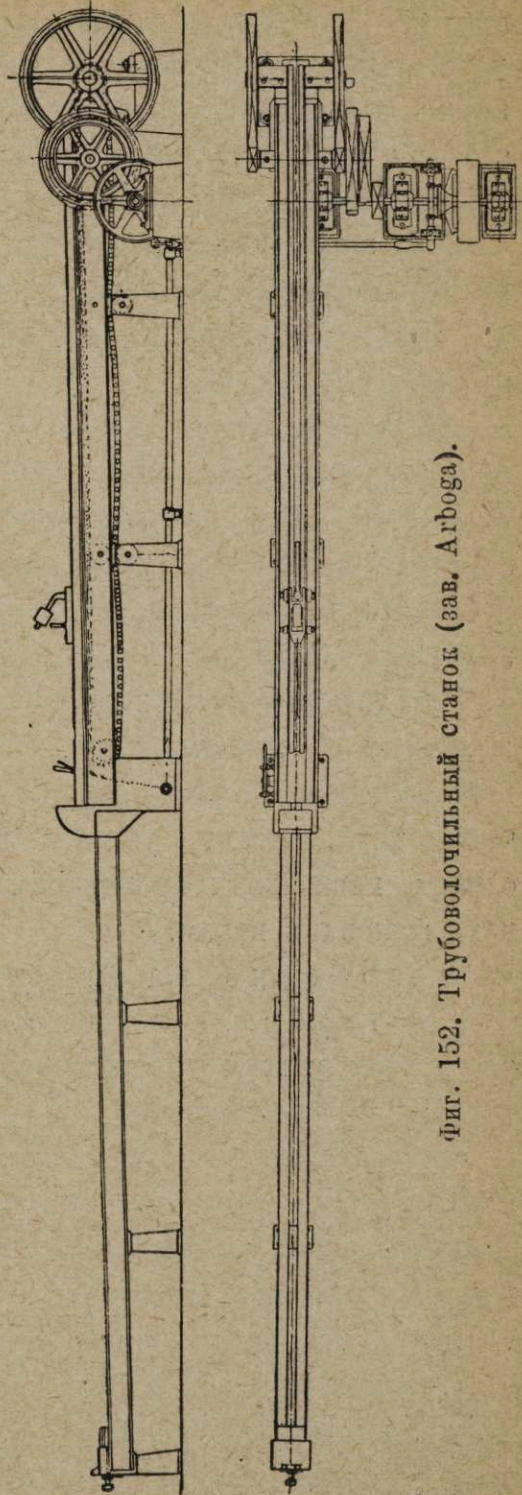
Обыкновенные волочильные станки, применяемые в настоящее время, во всех случаях имеют примерно ту же конструкцию, что и протяжные станы для сварки железных труб, на которые они очень похожи. Также и здесь протяжка трубы осуществляется при помощи бесконечной галлевской цепи, верхняя часть которой горизонтальна и лежит в плоскости стола волочильного станка. Цепь надета на цепное колесо, снабженное зубцами, шаг которых равен, как обычно, шагу цепи. Таким образом, при вращении колеса оно ведет за собою цепь. К любому из звеньев верхнего

конца цепи можно прицеплять маленькую тележку, снабженную клещами, которые автоматически защемяют трубу или оправку в самом начале протяжки. Длина цепи и волочильного станка позволяет протягивать всю трубу через волочильное отверстие без того, чтобы нужно было применять какое-либо специальное опорное устройство для свободного конца трубы. Подобный станок для волочения труб изображен на фиг. 152.

Края отверстия волочильной доски довольно сильно закруглены. Кроме того, этому отверстию часто придают слегка коническую форму, расширяющуюся к входной стороне.

Применяя профилированные оправки и волочильные отверстия соответствующей формы, можно проволакивать также и трубы фасонного сечения, напр., 8-гранные.

Перед тем, как начинать волочение трубы, заготовку нужно отжечь и затем очистить от окалины протрав-



Фиг. 152. Трубоволочильный станок (зав. Argova).

кой. Заготовки для латунных труб обычно также обтачивают снаружи, частью с целью устранения наружных пороков материала, частью же—для того, чтобы уменьшить изнашивание волочильного отверстия. В зависимости от размеров трубы и рода материала отжиг производят либо после каждой протяжки, либо после каждых двух или трех переходов.

При этом способе обработки чрезвычайно важное значение имеют вязкость, ковкость и однородность материала: чем они выше, тем успешнее и легче идет работа. В особенности это касается стали.

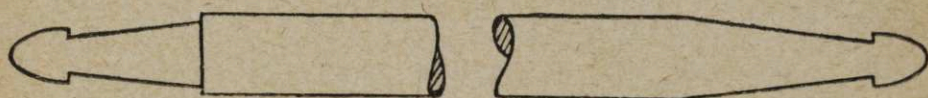
Во время волочения как оправка, так и труба должны быть обильно смазаны снаружи подходящим смазочным веществом. При недостаточной смазке легко происходит заедание материала, труба получается шероховатой и с царапинами на поверхности, а самая работа идет толчками, заготовка застревает в волочильной доске и пр.

Эти явления особенно часто замечаются при волочении железных и стальных труб. В качестве подходящего смазочного вещества, хорошо зарекомендовавшего себя при волочении труб, можно указать на смесь машинного масла, олеина, нескольких процентов гарпиуса (канифоли) и калийного щелока с водою.

Волочение на оправке, движущейся вместе с трубою.—Этот способ волочения следует предпочесть всем другим для первых стадий обработки заготовки, так как он обеспечивает более быструю вытяжку материала и, следовательно, соответственно быстрое уменьшение диаметра трубной заготовки. Однако, этот способ труднее, нежели волочение на неподвижной оправке, и поэтому не применяется для труб (железных и стальных) диаметром меньше 75 мм и толщиной стенок меньше 2—3 мм.

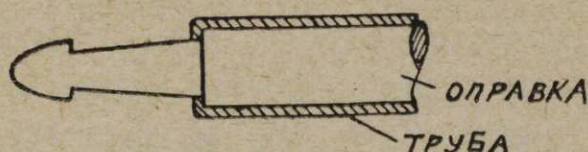
Оправка, которая в этом случае длиннее трубы, имеет форму, показанную на фиг. 153. Она должна быть изготовлена из стали средней твердости, обточена и хорошо отпо-

лирована. На обоих концах ее обточены конические шейки, оканчивающиеся кнопкой с острым заплечиком для более надежного захвата оправки клещами. Такой же острый заплечик имеется у более широкого (заднего) конца одной



Фиг. 153. Оправка, движущаяся вместе с трубой.

из шеек (см. фиг. 153 слева). Благодаря этому, когда труба надета на оправку, один конец ее можно загнуть так, чтобы она охватывала кругом заплечик (см. фиг. 154). Этим способом обеспечивается более надежное удержание трубы на оправке во время проволачивания ее через глазок. Пропустив через последний заднюю шейку оправки, захватывают



Фиг. 154. Закрепление трубы на оправке.

клещами волочильного станка пуговицу, имеющуюся на ее конце. После того, как протяжка окончена, тележку ручную возвращают к волочильному кольцу.

Процесс волочения на гидравлическом прессе уже был пояснен выше, в связи с фиг. 151. Как показано на этом рисунке, конец заготовки несколько заострен, что имеет целью облегчить вставку ее в волочильное отверстие.

При заострении конца заготовки уменьшается и ее внутренний диаметр в этом месте, так что оправка, имеющая в этом случае форму цилиндрической штанги одинакового по

всей длине сечения, получает необходимый упор внутри заготовки. Заострение конца трубной заготовки можно производить на прессе с верхним и нижним штампами, каждый из которых снабжен несколькими полукруглыми выемками различного, постепенно уменьшающегося диаметра. Таким образом, когда верхний штамп находится в своем крайнем нижнем положении, обе половинки образуют несколько различных по диаметру круглых колец. Трубную заготовку обжимают прежде всего несколько раз в самой большой выемке штампа, поворачивая ее при этом вокруг своей оси; затем передвигают ее в следующую выемку и т. д., пока не получится желаемое уменьшение диаметра. Этот способ заострения конца заготовки сообщает ему гладкую поверхность и требует небольшой затраты времени. Для труб мелких диаметров применяют машины тех же типов, как и для заострения концов (закатки) проволоки и пруткового материала (вращающиеся закаточные машины с матрицей).

Во время волочения—особенно, если коэффициент уменьшения поперечного сечения заготовки велик—труба защемляет оправку с такой силой, что для извлечения последней требуются специальные устройства. Поэтому в некоторых случаях трубу с оправкой пропускают через рилинг-машину, благодаря тому, что при этом происходит небольшая вытяжка материала, сцепление между трубой и оправкой несколько ослабевает. После этого извлечение оправки при помощи волочильного станка уже не представляет затруднений. Для этой цели применяют волочильное кольцо с отверстием такой величины, что через него свободно проходит оправка, но не проходит труба. Само собою разумеется, что перед этим оправка должна быть повернута задним концом вперед. Трубы из мягких металлов можно стягивать с оправки на волочильном станке без всяких затруднений.

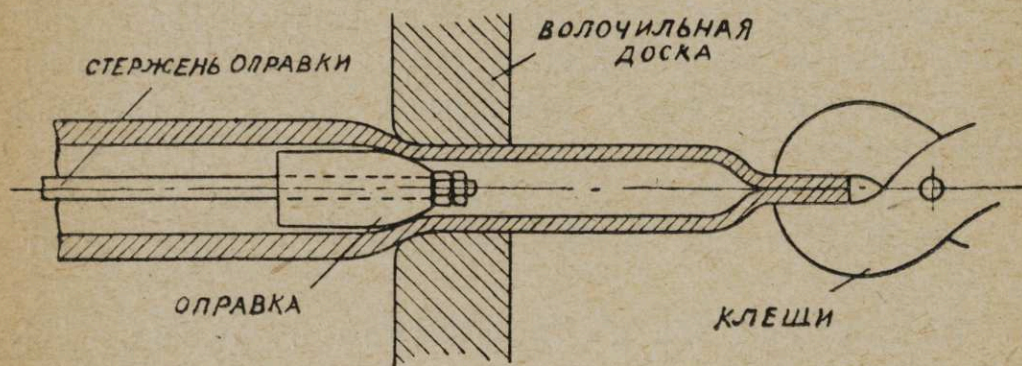
Если протяжка трубы производится на гидравлическом волочильном станке, то готовую трубу можно снимать с оправки следующим способом. Непосредственно вслед за проходом трубы через волочильное отверстие, оправку вместе с сидящей на ней трубой пропускают между двумя гладкими валками маленького прокатного стана. Эти валки можно устанавливать соответственно диаметру трубы. Во время прохода между валками труба несколько прижимается к оправке и при этом немного раздается в стороны, освобождая защемленную в ней оправку. После того, как труба выйдет из валков, на задний конец оправки, выступающий из трубы, надевают кольцо из двух половинок (между волочильной доской и валками) и при помощи пресса протаскивают оправку назад через волочильное отверстие. При этом торец трубы упирается в составное кольцо, надетое на оправку, и труба сходит с последней.

Волочение на неподвижной оправке.—Для окончательного волочения труб лучше применять второй из способов, указанных на стр. 317, т.-е. способ волочения на неподвижной оправке. В этом случае оправка, имеющая форму пробки длиною всего лишь в несколько дюймов, укрепляется при помощи винтовой резьбы и гаек на конце тонкого железного стержня. Перед проволакиванием трубу надевают на стержень оправки, который во время работы закреплен своим задним концом таким образом, что оправку можно легко перемещать в продольном направлении, регулируя таким образом ее положение относительно волочильной доски. Для этой цели стержень оправки снабжен на конце головкой.

Устройство для закрепления стержня состоит из винта большого диаметра. В том конце винта, который ближе к волочильной доске, профрезерован паз таврового сечения, узкая часть которого (т.-е. ножка *T*) обращена к волочильной доске. Таким образом, конец стержня оправки можно закре-

пить в винте, вставив имеющуюся на этом конце головку в более широкую часть таврового паза; при этом самый стержень выходит из винта через узкую часть этого же паза. Глубина последнего такова, что ось стержня оправки совпадает с осью винта.

Перед тем, как надевать трубу на стержень оправки, один конец ее сплющивают на прессе или под молотом, для того, чтобы обеспечить надежный захват трубы клещами



Фиг. 155. Волочение трубы на неподвижной оправке.

волочильного станка (см. фиг. 155). Вставив стержень с оправкой в трубу, сплюснутый конец последней заводят в волочильное кольцо. В начале протяжки вместе с трубой движется вперед также и стержень с оправкой, до тех пор, пока последняя не подойдет к волочильному отверстию; дальнейшему движению оправки препятствует упорка, закрепленная на ее стержне. Оправка имеет форму цилиндра, один конец которого закруглен (см. фиг. 155) или спущен на конус. Как ясно из сказанного, стержень оправки подвергается во время работы растягивающим усилиям.

Волочение на свободной оправке.—Этот способ применяется лишь для изготовления труб малых диаметров. Один конец оправки обточен на конус, так что, следуя движению трубы, она входит некоторою частью своей

длины в волоचильное отверстие и застревает в нем вследствие своей конусности. Форма оправки должна быть точнейшим образом сообразована с калибром волочильного кольца, для того, чтобы она не могла пройти сквозь него, но вместе с тем входила в это отверстие на расстояние, обеспечивающее давление на материал, необходимое для протяжки. Очевидно, однако, что это давление тем больше, чем меньше степень конусности (натяг) оправки. Следовательно, конусность оправки не должна быть ни чрезмерно большой, ни слишком малой. Надлежащая форма и размеры оправки могут быть установлены лишь путем проб.

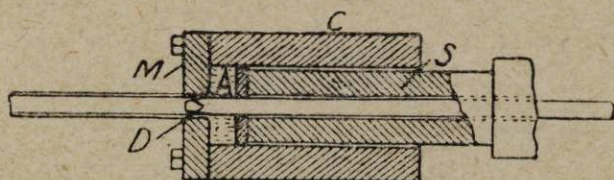
К волочению на свободной оправке приходится прибегать при изготовлении тонких труб, где способ волочения на неподвижной оправке неприменим.

Волочение без оправки.—Трубы мелких диаметров можно протягивать на значительно меньшие размеры без применения оправок. Этим способом пользуются в известных случаях для труб, предварительно протянутых на оправке. Эту предварительную протяжку следует вести так, чтобы в результате ее получилась труба с меньшей толщиной стенок, но большего диаметра по сравнению с желаемыми размерами готовой трубы. Если полученную таким образом трубу протянуть без оправки последовательно через ряд волочильных отверстий постепенно уменьшающихся диаметров, то диаметр ее будет при этом постепенно уменьшаться, а толщина стенок увеличиваться вследствие осаживания материала. Этим способом можно волочить также и трубы фасонного сечения—полукруглые, квадратные, прямоугольные, овальные и др. форм, а также трубы с продольными или спиральными желобками на поверхности. В последнем случае волочильный станок должен быть снабжен приспособлением для непрерывного вращения трубы во время волочения.

Трубы с узорами или орнаментами на наружной поверхности проволакиваются предварительно одним из описанных выше способов, а затем протягиваются или прокатываются между роликами, на поверхности которых выгравирован негатив требуемого узора. В этом случае боковые поверхности роликов образуют наружный контур трубы.

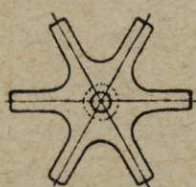
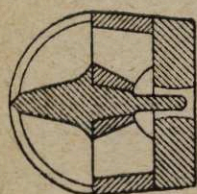
Прессование труб и прутковых материалов.

Из металлов и сплавов, обладающих в горячем состоянии достаточно высокой пластичностью, можно изготавливать трубы путем горячего прессования на гидравлических прессах.



Фиг. 156. Устройство рабочего цилиндра трубного пресса.

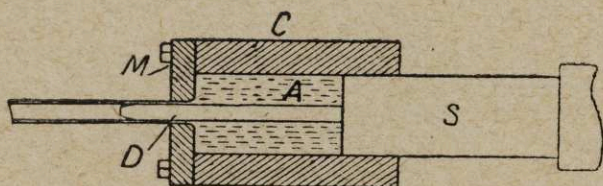
Фиг. 156 показывает устройство рабочего цилиндра такого пресса. Между литой заготовкой (плиткой) *A*, нагретой предварительно докрасна (это не обязательно, если металл



Фиг. 157. Оправка с перегородками.

достаточно пластичен и в холодном состоянии, как, напр., свинец), и поршнем *S* цилиндра *C* закладывают стальную плитку, диаметр которой точно соответствует внутреннему диаметру прессового цилиндра *C*. Это делается для того, чтобы обрабатываемый металл не приваривался к дну поршня. Наружная поверхность трубы формируется матрицей *M*. Для образования внутренней поверхности трубы служит оправка с перегородками по фиг. 157 или, лучше, оправка в виде

стержня. В качестве заготовки можно применять как полые, так и сплошные болванки или плитки. Выбирая соответствующим образом форму оправки, можно прессовать также и трубы с продольными внутренними ребрами. После окончания прессовки в цилиндре всегда остается некоторая часть заготовки, остывшая во время работы до такой температуры, при которой продавливание ее через матрицу для прессы данной мощности невозможно. При помощи поршня *S* этот остаток материала вместе с матрицей и стальной плиткой выжимают из цилиндра *C*. Само собою разумеется, что предварительно необходимо снять крышку цилиндра. Этот способ



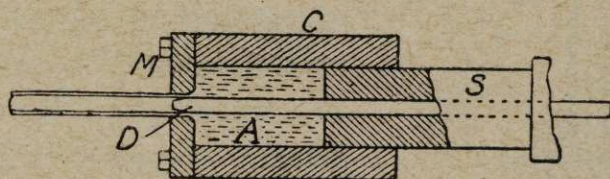
Фиг. 158. Устройство рабочего цилиндра прессы для изготовления свинцовых труб.

не позволяет изготавливать трубы произвольной длины, так как стальная плитка приваривается к продавливаемому металлу.

Медные, алюминиевые и цинковые трубы можно прессовать также и без предварительного нагрева заготовок, по способу Франка (Frank); для этого применяются прессы, развивающие давление от 250 до 1000 тонн.

Свинцовые трубы изготавливаются также посредством прессования в холодном или, лучше, горячем состоянии. Рабочий (прессовый) цилиндр гидравлических прессов для изготовления свинцовых труб в основном не отличается от цилиндра, описанного выше (см. фиг. 156), за исключением стальной плиты, которая при продавливании свинца не нужна. Обычно применяемые прессы для изготовления свинцовых труб работают совершенно так же, как гидравлический пресс, описанный выше; свинец продавливается поршнем через коль-

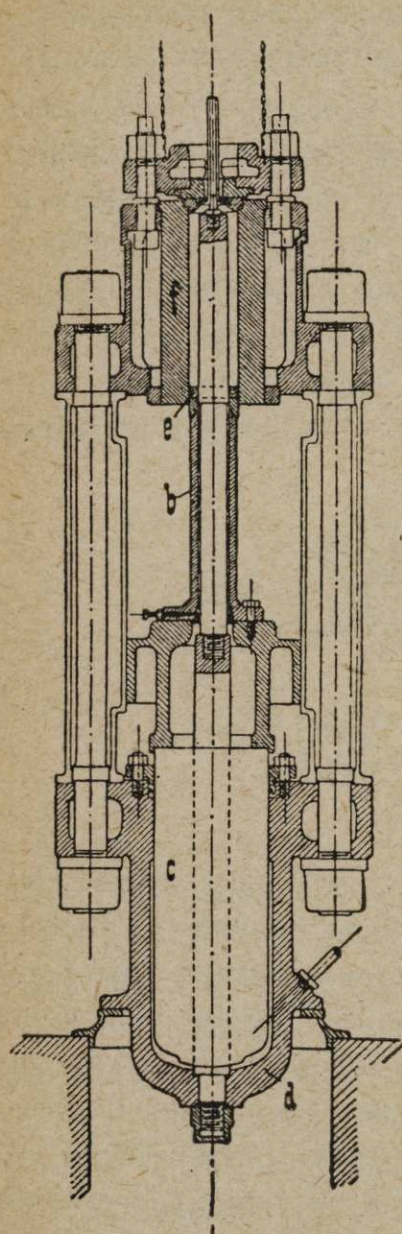
цевой промежуток, образуемый калиброванным отверстием матрицы, укрепленной в задней крышке (дне) цилиндра, и оправкой. Последняя может быть либо закреплена в поршне и двигаться вместе с ним, как одно целое (фиг. 158), либо оставаться неподвижной во время работы, как изображено на фиг. 159 (в этом случае в поршне должен быть просверлен сквозной канал), либо, наконец, иметь форму короткой пробки с ребрами (фиг. 157), которые упираются в матрицу или матричное кольцо. Очевидно, что при прессовании трубы с помощью оправки последнего типа, труба выходит из пресса разрезанной вдоль в тех местах, где свинец встречает ребра



Фиг. 159. Устройство рабочего цилиндра пресса для изготовления свинцовых труб.

оправки. Для того, чтобы «сварить» эти продольные швы, трубу достаточно пропустить через кольцо соответствующего внутреннего диаметра (ср. производство железных труб, сваренных в стык, стр. 256 и сл.). Это, однако, удастся лишь в том случае, если свинец еще достаточно горяч при выходе из пресса, и при условии, что стенки шва не загрязнены трением о ребра оправки. Впрочем, следует оговориться, что свинцовые трубы, изготовленные этим способом, иногда получаются не вполне доброкачественными. Рабочий конец подвижной оправки, имеющий форму прута круглого сечения, заострен или снабжен заплечиками различных диаметров, что дает возможность регулировать толщину стенок трубы путем соответствующей установки конца оправки относительно матричного кольца.

Устройство пресса для производства свинцовых труб по-



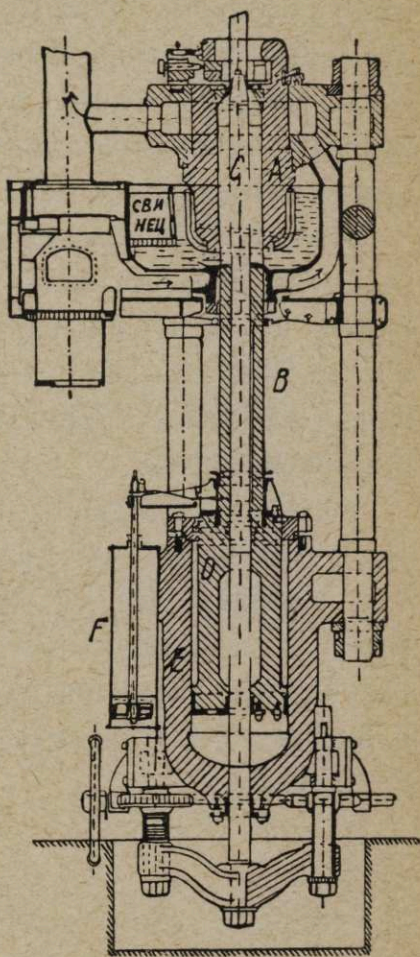
Фиг. 160. Пресс для изготовления свинцовых труб.

казано на фиг. 160. Короткая оправка укреплена в стержне при помощи резьбы, так что смена ее может быть произведена очень быстро. Стержень оправки проходит сквозь пустотелый прессовый поршень *b* и пустотелый же плунжер *c* гидравлического цилиндра *d*. Задний конец стержня оправки закреплен в дне гидравлического цилиндра при помощи заплечика—с одной стороны и глухой гайки—с другой. В рабочий цилиндр *f*, где помещается свинец, стержень оправки входит через отверстие шайбы *e*. Обратный ускоренный ход прессового поршня осуществляется при помощи второго гидравлического цилиндра. При изготовлении свинцовых труб внутренним диаметром 100—150 мм этот пресс может работать также и с длинной оправкой. Максимальное давление, развиваемое этим гидравлическим прессом, составляет 400 тонн, полезная емкость рабочего цилиндра—150 кг свинца.

На фиг. 161 изображен пресс Губера (Huber) для изготовления свинцовых труб в концах произвольной длины. Внутри рабочего цилиндра *A*, окруженного котлом для плавки свинца, находится оправка *C*, положение

которой можно регулировать при помощи червяка и червячного колеса. Стержень оправки *C* проходит сквозь пустотелый прессовый поршень *B*, гидравлический плунжер *D* и нижнюю крышку гидравлического цилиндра *E*. Рабочий цилиндр находится в постоянном сообщении с котлом и вследствие этого автоматически наполняется расплавленным свинцом, лишь только прессовый поршень *B* откроет входной канал цилиндра. Вспомогательный цилиндр *F* предназначен для отсасывания воды, которая может случайно попадать внутрь пустотелого плунжера *D*.

В другой конструкции трубного пресса резервуар для расплавленного свинца, одновременно являющийся рабочим цилиндром, помещен под поршнем. Последний во время работы остается неподвижным, тогда как резервуар для свинца движется, будучи прикреплен к штоку плунжера гидравлического цилиндра, установленного ниже уровня пола мастерской. Когда резервуар со свинцом находится в своем крайнем нижнем положении, нижний конец рабочего поршня отстоит от верхней кромки резервуара на 75—100 мм, так что цилиндр может заполняться расплавленным металлом. Поршень сделан пустотелым и устроен так, что в него можно вставлять сменные матрицы. Стержень оправки укреплен в нижней стенке рабочего цилиндра или резервуара. В том



Фиг. 161. Пресс Губера для изготовления свинцовых труб.

случае, когда внутренний диаметр трубы очень мал, для того, чтобы избежать длинных и тонких оправок, которые работали бы, очевидно, в очень невыгодных условиях, применяют ребристые оправки, укрепленные на самой матрице. Машины этого типа позволяют прессовать свинцовые трубы с чрезвычайно тонким внутренним каналом. Также и эти прессы применяются для изготовления труб, проволоки и прутковых материалов в концах произвольной длины.

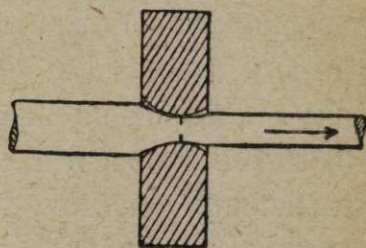
Прессование материалов в прутках производится таким же образом, как и прессование труб, с той лишь разницей, что в первом случае в оправке нет никакой надобности. Этим способом можно получать почти все встречающиеся профили, применяя матрицы с отверстиями соответствующей формы.

Оправки и матрицы должны быть точно выполнены, хорошо обработаны и отполированы самым тщательным образом. Матрицы для изготовления свинцовых труб малых размеров выполняются иногда из инструментальной стали и закаливаются: такие матрицы дают более гладкую поверхность и вместе с тем отличаются сравнительно большой долговечностью.

ВОЛОЧЕНИЕ ПРОВОЛОКИ
и
ПРУТКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Общие замечания о волочении.

Волочением (протяжкой) называется метод обработки, при котором материал или изделие протягивается—проволакивается—через отверстие (глазок, очко) волочильной доски, сделанной из материала более твердого, нежели протягиваемый, причем диаметр этого отверстия меньше поперечного сечения обрабатываемого материала; в результате этого, размеры или форма поперечного сечения проволакиваемого материала (или то и другое) изменяются в соответствии (во всяком случае—очень близком) с размерами и формой отверстия волочильной доски. В большинстве случаев волочение, как метод обработки, имеет целью уменьшение поперечного сечения материала при одновременной вытяжке его в длину. Следует заметить, что изменение формы поперечного сечения может и не сопровождаться сколько-нибудь заметным уменьшением площади сечения материала до протяжки и после нее. Процесс волочения поясняется фиг. 162.



Фиг. 162. Схема процесса волочения.

Основное различие между волочением и прокаткой, как методами обработки, заключается в следующем. При волочении частицы материала, расположенные на его наружной поверхности, как бы отрываются от глубже лежащих слоев

очком волочильной доски, иначе говоря, сдвиг частиц происходит здесь в прямо противоположном направлении с тем, которое имеет место при прокатке.

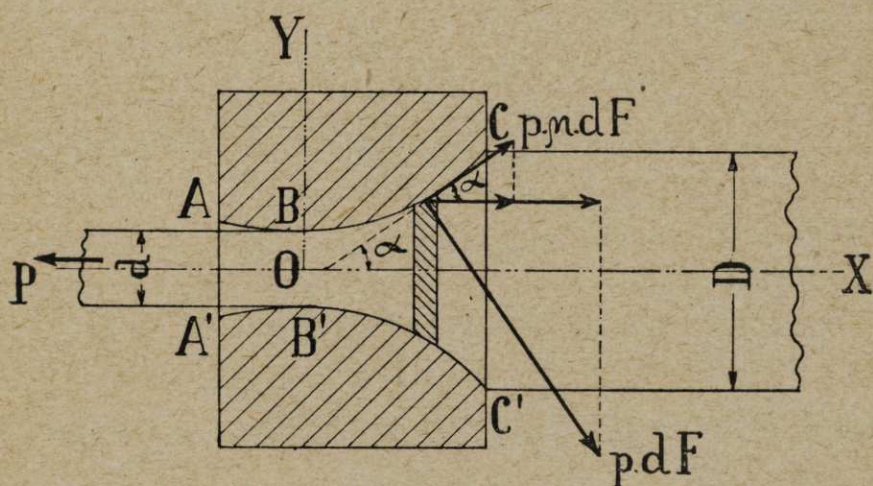
При помощи волочения изготавливают проволоку, трубы, тонкие полосовые (ленточные) материалы, валы и прутковые материалы различных профилей. Волочение труб было описано выше. Чаще всего волочение применяют для производства проволоки, и тонкие точно калиброванные сорта ее можно изготавливать экономично лишь этим единственным способом.

Если сечение материала должно быть сильно уменьшено путем волочения, то в продолжение обработки материал должен подвергаться отжигу несколько раз, так как после каждой протяжки он становится все тверже, и если бы его не отжигать, то после известного числа переходов дальнейшее волочение его стало бы невозможным. Во время отжига поверхность металла покрывается, как известно, окислами, которые необходимо удалять. Особенно опасна пленка окалина, остающейся после отжига на железе и стали и отличающейся большой твердостью. Ее необходимо счищать тщательнейшим образом, так как иначе она портит края отверстия волочильной доски, а также поверхность протягиваемого материала. Удаление окалины производится травлением металла в горячем или теплом растворе кислоты, где он остается в течение нескольких часов.

Сила, необходимая для волочения материала, зависит от целого ряда факторов—от рода материала, от размеров и формы сечения до проволакивания и после него, от формы и свойств волочильного отверстия и от рода применяемой смазки. Так, отверстие, профиль которого плавно уменьшается, оказывает протяжке сопротивление меньшее, нежели отверстие более резко изменяющегося профиля; точно так же сопротивление волочению тем меньше, чем лучше (при прочих равных условиях) отполированы стенки глазка.

Расход силы, необходимой для волочения проволоки, можно определить путем следующего рассуждения. Пусть диаметры проволоки (круглой) до и после глазка—соответственно D и d (см. фиг. 163). Профиль части глазка BC , производящей работу деформации сечения, очерчен по кривой, уравнение которой, отнесенное к системе прямоугольных координат XOY , имеет форму:

$$y = f(x)$$



Фиг. 163.

Удельное давление на поверхность металла со стороны стенок волочильного отверстия может считаться постоянным для всего контура глазка и направленным нормально к нему. Обозначая это давление через p , напряжение в растягиваемой части проволоки—через k , растягивающую силу—через P , коэффициент трения между металлом проволоки и материалом глазка—через μ , будем иметь очевидное равенство (см. фиг. 163):

$$P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot k = \int_{(B)}^{(C)} (p \cdot dF \cdot \sin \alpha + p \cdot \mu \cdot dF \cdot \cos \alpha)$$

где α —угол между касательной к кривой BC в соответствующей точке ее и осью OX , dF —площадь элементарного кольца, заштрихованного на чертеже. Подставляя сюда:

$$dF = \pi (y + y + dy) \cdot ds = 2\pi y \cdot ds$$

где ds —элементарная дуга кривой BC , получим:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \cdot k = p \cdot \int_{(B)}^{(C)} \cos \alpha \cdot (tg \alpha + \mu) \cdot 2\pi \cdot y \cdot ds$$

Подставляя далее:

$$tg \alpha = \frac{dy}{dx}$$

$$\cos \alpha = \frac{dx}{ds}$$

получим:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \cdot k = 2\pi \cdot p \int_{(B)}^{(C)} y \cdot (dy + \mu \cdot dx)$$

Если представить форму части BC контура глазка в виде

$$x = \varphi(y)$$

то, подставляя в последнее равенство значение dx из уравнения:

$$dx = \varphi'(y) \cdot dy$$

получим

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \cdot k = 2\pi p \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} [1 + \mu \cdot \varphi'(y)] \cdot y \cdot dy$$

Так, если поверхность рабочей части $BCB'C'$ глазка очерчена по конусу, т.-е.

$$y = \frac{d}{2} + x \cdot tg \alpha \quad (\alpha = const)$$

то:

$$x = \varphi(y) = \left(y - \frac{d}{2} \right) \cdot \cot \alpha$$

$$\varphi'(y) = \cot \alpha$$

и

$$P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot k = 2 \pi \cdot p \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} (1 + \mu \cdot \cot \alpha) \cdot y \cdot dy$$

или

$$P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot k = 2 \pi \cdot p (1 + \mu \cdot \cot \alpha) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}$$

Отсюда получаем два следствия.

Следствие 1.

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot k = \pi \cdot p \cdot (1 + \mu \cdot \cot \alpha) \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}$$

или

$$\frac{D}{d} = \sqrt{1 + \frac{k}{p (1 + \mu \cdot \cot \alpha)}}$$

Для того, чтобы проволока при волочении не вытягивалась и не рвалась, напряжение k не должно переходить предела упругости.

Для литого железа можно принять:

$$k = 20 \text{ кг/мм}^2$$

$$p = 40 \text{ кг/мм}^2$$

$$\mu = 0,1$$

$$\alpha = 15^\circ$$

При этом получается:

$$\frac{D}{d} = 1,16 \text{ и } \frac{d}{D} = 0,86$$

Опыт подтверждает, что безопасный линейный коэффициент уменьшения сечения $\left(\frac{d}{D}\right)$ составляет для литого железа 0,9—0,85 (см. стр. 343).

Следствие 2.

Сила P , необходимая для проволакивания проволоки с диаметра D на d , составляет при коническом волочильном отверстии:

$$P = 2\pi \cdot p \cdot (1 + \mu \cdot \cot \alpha) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}$$

или

$$P = p \cdot \cot \alpha (tg \alpha + \mu) \cdot \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$$

Эта формула весьма сходна с той, которую дал Гевеске (H. Geweske) для этого же случая волочения:

$$P = c \cdot (tg \alpha + \mu) \cdot (Q - q)$$

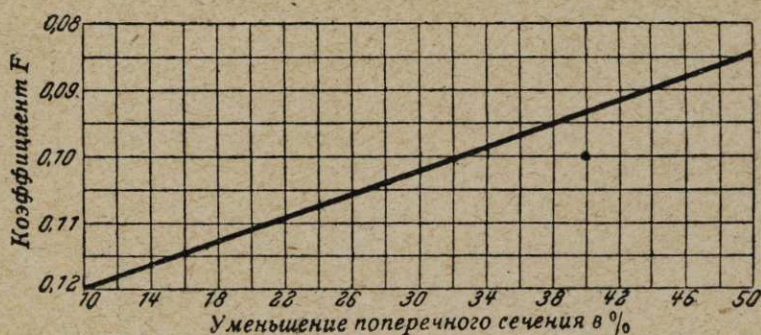
Здесь Q и q —поперечные сечения проволоки до и после волочения (т.-е. для круглой проволоки $Q = \frac{\pi D^2}{4}$ и $q = \frac{\pi d^2}{4}$), а c —коэффициент, зависящий от свойств протяиваемого металла, формы отверстия, скорости волочения и других факторов. Опыт, однако, показал, что коэффициент трения μ в этой формуле не является постоянным, и для практических целей она поэтому мало пригодна (см. также ниже, стр. 343).

Достаточную для практики точность дает формула:

$$N = 1500 \cdot K_z \cdot g \cdot F \cdot \log \frac{Q}{q}$$

где N —потребная мощность в л. с., K_z —временное сопротивление проволоки в кг/мм², g —теоретическая производительность волочильной установки в т/мин, Q и q —попе-

речные сечения проволоки до и после волочильного огверстия, а F — переменный коэффициент, значения которого даются диаграммой фиг. 164. Для новых установок при расчете мощности двигателя безопаснее брать ее равной $1,25 \cdot N$, где N определено по последней формуле.



Фиг. 164. Значения коэффициента F .

По данным Кармарша (Karmarsch) сопротивление различных металлов волочению выражается приблизительно следующим: относительными цифрами, если принять это сопротивление для твердо-тянутой стали равным 100 и считать, что условия, в которых происходит волочение, для всех металлов таблицы тождественны:

М а т е р и а л	Относительное сопротивление волочению
Твердо-тянутая сталь	100
Твердо-тянутое железо	88
Твердо-тянутая латунь	77
Отожженное золото 14-кар. (56°)	73
Отожженная сталь	65
Твердо-тянутая красная медь	58
Отожженное серебро 72°	58

М а т е р и а л	Относительное сопротивление волочению
Отожженное серебро 84°	54
Отожженная латунь	46
Отожженное железо	42
Отожженная платина	38
Отожженная красная медь	38
Отожженное чистое серебро	34
Цинк	34
Отожженное чистое золото	27
Олово	11
Свинец	4

На практике сопротивление волочению должно быть ограничено сообразно с значением сопротивления материала на разрыв. Если перейти эту границу, то материал не пройдет через волоочильное отверстие и разорвется. Таким образом, уменьшение сечения материала, возможное для каждого перехода, зависит в первую очередь от сопротивления на разрыв данного материала. Соразмеряя должным образом коэффициент уменьшения сечения в каждом отдельном случае, волочение в действительности и производят на холоду, прибегая к предварительному нагреву материала лишь в исключительных случаях (напр., при волочении труб).

Для того, чтобы получить в конечном результате обработки желаемые размеры сечения материала, волочение должно производиться путем ряда протяжек материала через все меньшие отверстия волоочильной доски.

Линейный коэффициент уменьшения сечения для круглого материала (т.-е. отношение диаметра ма-

териала после волочения к его же диаметру до волочения) составляет в среднем, по данным Ледебур (Ledebur):

для мягкого железа	0,90
для стали	0,95
для латуни и меди	0,925
для серебра	0,85

в предположении, что волочение производится без предварительного нагрева металла. По этим данным, если, напр., диаметр одного волочильного отверстия для мягкого железа равен 1 мм, то диаметр следующего глазка должен быть не менее 0,9 мм. Следует заметить, что линейный коэффициент уменьшения сечения не является величиною постоянной: значения его больше—для более толстых сортов материала и меньше—для более тонких сортов.

Скорость волочения для большей части металлов, обрабатываемых этим способом, составляет от 0,05 до 1,5 м/сек, в зависимости от толщины и твердости материала (см. Табл. на стр. 361). Твердые материалы допускают скорость волочения, очевидно, меньшую, нежели более мягкие. При прочих равных условиях скорость волочения тем меньше, чем толще материал, так как этой скоростью определяется количество металла, смещаемого в единицу времени. Понятно, что скорость волочения должна быть тем меньше, чем ниже сопротивление на разрыв материала.

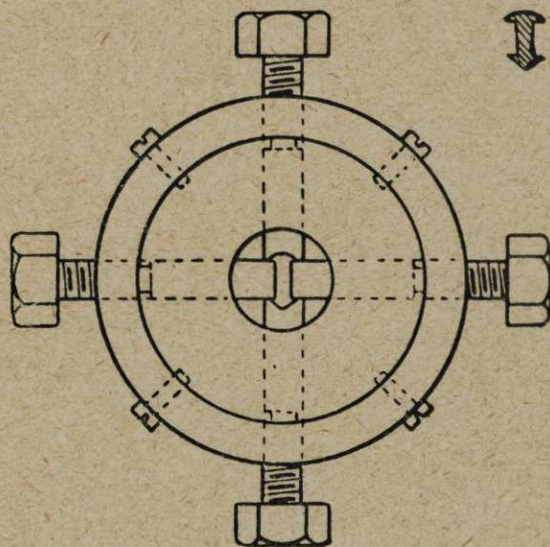
Как показывают приведенные выше цифры, допускаемая скорость волочения значительно меньше скорости при прокатке. Это объясняется двумя причинами: 1) при первом способе обработки трение больше, следовательно, и испытываемые материалом напряжения больше, нежели при прокатке; 2) при волочении материал испытывает, кроме того, напряжения от растяжения под действием силы, которою он протягивается через отверстие волочильной доски, тогда как при прокатке эта работа выполняется валками стана. Однако,

с другой стороны, посредством одной лишь прокатки нельзя получить продукт, калиброванный так же точно и с такою же чистою поверхностью, как путем волочения; это превосходство последнего способа обработки сказывается тем сильнее, чем тоньше продукт. Поэтому обычно комбинируют эти два способа обработки: посредством прокатки уменьшают сечение материала до размеров, близких к желаемым, и затем заканчивают фабрикат волочением.

Коэффициентом тягучести называют отношение сопротивления на разрыв материала к его твердости или, поскольку эту твердость можно считать пропорциональной сопротивлению металла волочению, отношение сопротивления на разрыв к сопротивлению волочению. В приводимой ниже таблице (по Кармаршу) собраны значения сопротивления на разрыв, сопротивления волочению и коэффициента тягучести для различных металлов.

М а т е р и а л	Сопротивле- ние волоче- нию <i>кг/мм²</i>	Сопротивле- ние на разрыв <i>кг/мм²</i>	Коэффи- циент тягучести
Железо отожженное	5,5	22,5	4,1
Сталь	8,5	34,5	4,1
Латунь отожженная	6	18	3,0
Золото 56° (14-каратное) . .	9,5	26,5	2,8
Железо тянутое	11,5	30	2,6
Латунь тянутая	10	25,5	2,5
Медь красная тянутая . . .	7,5	19	2,5
Сталь тянутая	13	31,5	2,4
Медь красная отожженная .	5	12	2,4
Серебро 72° отожженное . .	7,5	17,5	2,3
Платина отожженная	5	11,5	2,3
Золото чистое	3,5	7,5	2,1
Серебро чистое	4,5	9,5	2,1
Цинк	4,3	8,8	2,1
Свинец	0,56	1,0	1,8
Олово	1,5	1,8	1,2

Отверстие, сквозь которое материал должен пройти во время волочения, может быть устроено различным образом. Для круглой проволоки пользуются глазками, просверленными в обыкновенной волочильной доске (см. ниже). Для материалов некруглого сечения волочильное отверстие может быть образовано двумя или несколькими вставными плашками соответствующей формы, закрепленными в особой ко-

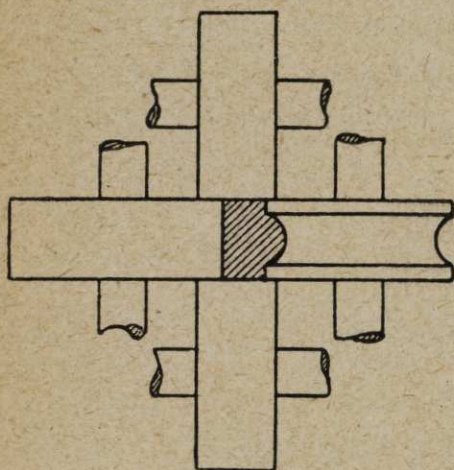


Фиг. 165. Волочильная доска с устанавливаемым глазком.

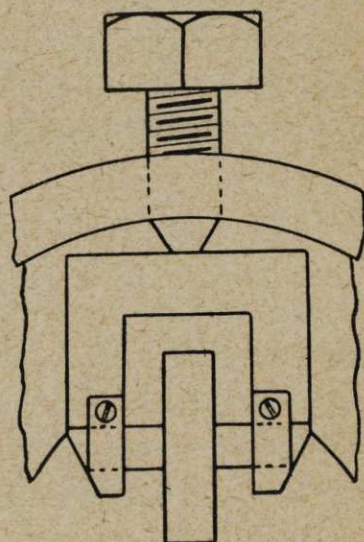
робке — клуппе, пример устройства которого представлен на фиг. 165. Справа сверху показано сечение материала, волоченного через подобный «составной» глазок.

Вполне естественно несколько видоизменить это устройство, снабжая плашки фасонными роликами соответствующей формы: при этом трение материала о стенки волочильного отверстия уменьшается. Этим пользуются во многих случаях при волочении более или менее толстых материалов некруглого профиля. Простое устройство волочильного отверстия, очертания которого образованы роликами, показано

на фиг. 166 и 167. Подшипники роликов можно переставлять при помощи винтов (фиг. 167). Этот способ регулировки глазка аналогичен изображенному на фиг. 165. Если на бо-



Фиг. 166. Воличильное отверстие, образованное роликами.



Фиг. 167. Деталь к фиг. 166.

ковой поверхности роликов вырезать тем или иным способом какой-либо узор, то после проволакивания материала через отверстие, образованное такими роликами, его поверхность получится орнаментированной.

Волочение проволоки.

Общие замечания.

Рабочие процессы проволочно-волоочильного дела до настоящего времени почти еще совершенно не стандардизованы. Каждый завод пользуется своими собственными методами волочения этого продукта, сохраняемыми часто в секрете. Поэтому подробное описание различных способов волочения проволоки должно было бы охватить большое число методов, ведущих к одной цели, не позволяя, однако, в то же время установить какую-либо схему, пригодную для всех возможных в практике случаев. Поэтому в дальнейшем приведено сжатое и достаточно общее описание способов волочения проволоки, и даны примеры методов, практических рецептов и пр., испытанных на деле. Этими данными можно пользоваться при волочении обычных сортов проволоки из разных металлов. Что касается более специальных случаев волочения проволоки, то они здесь рассматриваться не будут.

Волочение проволоки из красной меди, латуни, нейзильбера, алюминия и т. д. в принципе не отличается от обработки этим же способом железной и стальной проволоки. Дальнейшее описание относится к производству проволоки из литого железа сопротивлением на разрыв около 40 кг/мм^2 , если нет других указаний.

Железная и стальная проволока требуют по сравнению с другими материалами более тщательного отжига и травления, вследствие большой твердости этих металлов и силь-

ной склонности их к образованию окислов. С другой стороны, проволоку, напр., из красной меди тянут нередко на более тонкие размеры, чем железо или сталь, что влечет за собою известные изменения процесса обработки.

Железную и стальную проволоку для обычных целей доводят горячей прокаткой на проволочных станах до диам. 13—4,5 мм*). В качестве исходного материала для волочения железной проволоки очень распространена катанка диам. 4,9 мм. Рекомендуется применять для этой цели материал примерно следующего анализа: $C = 0,06 - 0,12\%$; $Mn = 0,35 - 0,50\%$; Si — следы. Содержание фосфора и серы должно быть возможно низким. Для производства стальной проволоки следует брать катанный материал не тоньше 5,5 мм, если это возможно. Проволоку тоньше 4,5 мм горячей прокаткой получить нельзя, если хотят получить хороший продукт, и поэтому тонкие сорта ее изготавливаются при помощи волочения. Квадратную проволоку тянут из прокатного материала квадратного же профиля 13×13 мм до $5,5 \times 5,5$ мм**). Проволока из более мягких металлов производится волочением материала, предварительно прокатанного обычно до диаметра 10 мм. В известных случаях способом волочения пользуются для изготовления проволоки диам. до 25 мм. Понятно, что исходным материалом в этих случаях должен быть прокатный материал более толстый, нежели требуемая проволока.

При волочении сравнительно толстых сортов проволоки ее протягивают через волочительную доску только один раз до наматывания в бунт. Напротив, более тонкие номера проволоки, особенно мягкой, проволочивают сразу через несколько глазков (так наз. непрерывное волочение).

*) По ОСТ 10—от 14,0 до 5,0 мм.

**) По ОСТ 10—от 10,0 до 6,0 мм.

Во время протяжки проволока наматывается в бунты диаметром 500—700 мм и весом от 40 до 65 кг. Для того, чтобы протянуть 1000 кг железной проволоки толще 4,5 мм, нужно от 1030 до 1040 кг катанки. Волочение проволоки толще 12 мм производится так же, как волочение прутковых материалов (см. ниже).

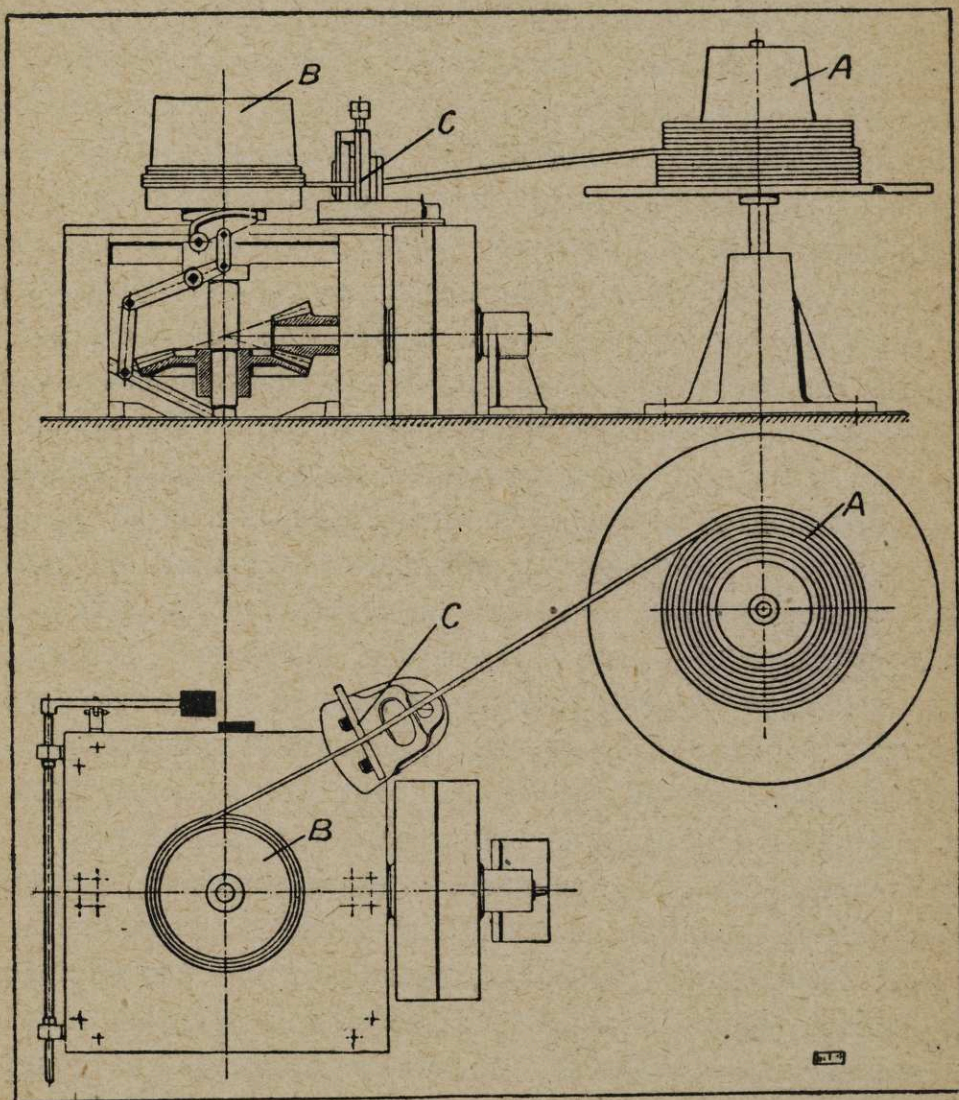
После второго волочения железной катанки сопротивлением на разрыв 40 кг/мм^2 последнее повышается до 70—80 кг/мм^2 . Последующие протяжки увеличивают сопротивление материала на разрыв медленно и не особенно значительно.

Волоочильные станки.

Машины для волочения проволоки имеют весьма разнообразную конструкцию. При всем том их можно подразделить на две основных группы: собственно волоочильные станки и волоочильные машины. Независимо от своей конструкции, всякая волоочильная машина имеет один или несколько вращающихся барабанов — так наз. блоков или барабанов, на которые проволока наматывается по мере того, как она протягивается через отверстия волоочильной доски. В зависимости от назначения различают волоочильные станки для толстой проволоки (для предварительного или грубого волочения) диам. до 3—2,5 мм, для средних номеров проволоки (для промежуточного или среднего волочения) диам. до 1,0 мм и для тонкой проволоки (для окончательного или тонкого волочения) диам. до 0,3 мм. Для изготовления еще более тонких номеров проволоки применяют чаще всего волоочильные машины, работающие по способу непрерывного волочения и дающие возможность тянуть железную проволоку диам. до 0,12 мм и бронзовую, медную и латунную проволоку — диам. до 0,05 мм.

Все волоочильные станки обычных типов по своему устройству сравнительно просты и несколько напоминают верстак, тогда как волоочильные машины отличаются большею сложностью конструкции и большим сходством с настоящими машинами.

Волоочильные станки для толстых сортов проволоки.—Станки для волочения толстых сортов проволоки строятся, как правило, с шестью или бдльшим числом



Фиг. 168. Станок немецкого типа для грубого волочения проволоки.

барабанов. Однако, для известных целей применяют также станки этого типа с меньшим количеством барабанов, напр., с одним. Такой одноблочный станок для грубого волочения изображен на фиг. 168.

Барабан *В*, расположенный на верхней доске станка, приводится во вращение посредством пары конических зубчатых колес от горизонтального вала, на котором сидят холостой и рабочий шкивы. Как показывает рисунок, приводный вал установлен на небольшой высоте над полом. Иногда станки этого типа бывают снабжены фрикционной муфтой, позволяющей замедлять скорость вращения барабана в начале волочения и даже останавливать его, в случае надобности, простым выключением фрикционного сцепления. Барабан имеет коническую форму. Благодаря этому, когда волочение окончено, бунт проволоки может быть снят с барабана без всякого труда. Перед тем, как завести проволоку в соответствующий глазок волочильной доски, конец проволоки заостряют («шпицование» проволоки). Пропущенный через глазок, этот конец проволоки захватывается клещами, прикрепленными к короткой цепи, которая в свою очередь прикреплена к окружности нижнего основания барабана. После этого пускают барабан на малой скорости. Как только сквозь глазок будет протянут кусок проволоки, достаточно длинный для закрепления его в зажимном приспособлении станка, барабан останавливают. Зажимное приспособление расположено внутри барабана, близ его верхней кромки, и состоит из двух губок—неподвижной и подвижной, которые можно сблизить при помощи винта, вращаемого рукояткой или маховичком.

По поверхности барабана, начиная от его нижней кромки до самого верха, идет винтовой желобок, в который ложится наматываемая проволока, причем намотка ее начинается снизу, несмотря на то, что конец проволоки зажат у верхнего края барабана. После того, как проволока зажата в барабане, машину снова пускают в ход, и волочение продолжается непрерывно до тех пор, пока барабан не будет заполнен проволокой. Протянутая сквозь глазок проволока навивается на барабан всегда начиная с его нижнего края и на одном

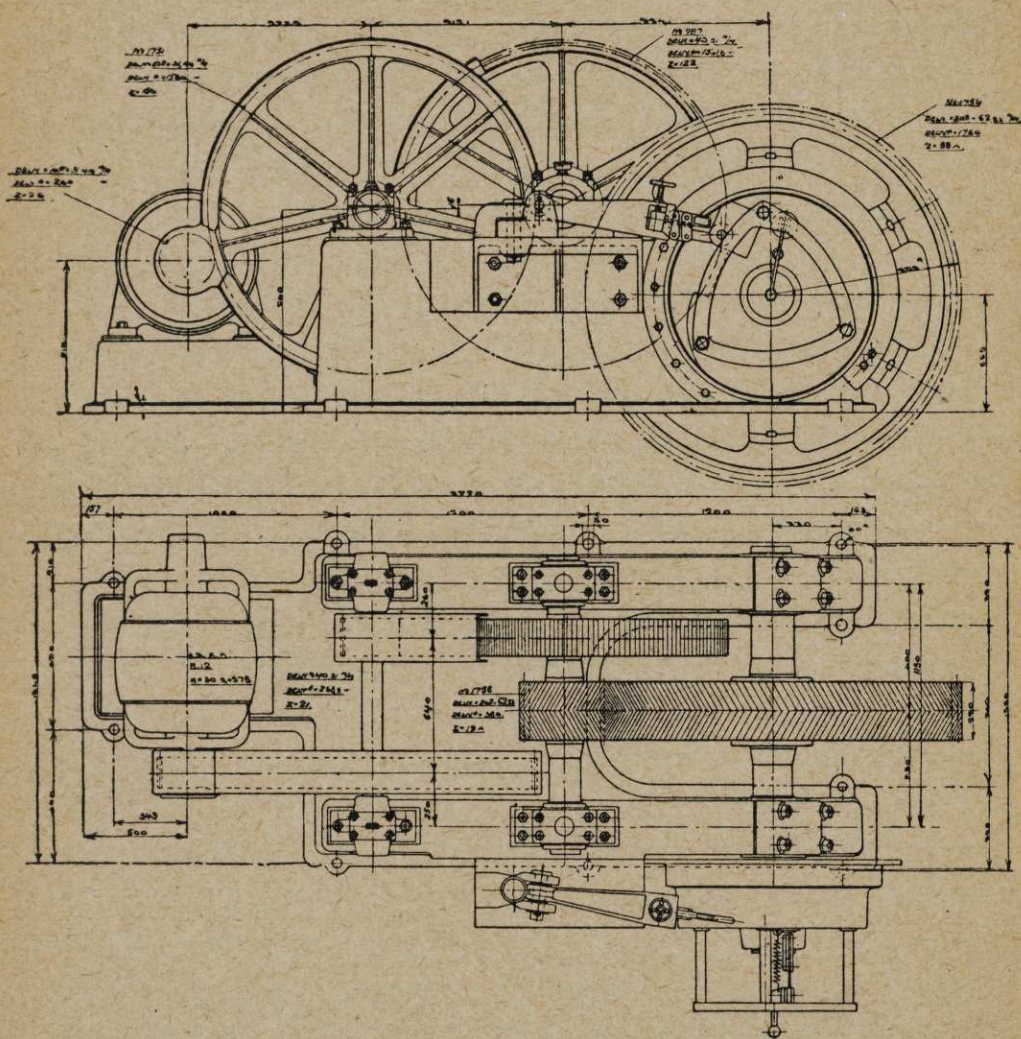
и том же месте, так как предыдущие витки последовательно сталкиваются вверх новыми витками проволоки. Возможность этого обусловлена конической формой барабана. Довольно часто последний снабжают сверх того особыми удлиняющими линейками, которые во время работы поднимаются вверх и дают виткам проволоки направление также и выше барабана. Для выключения барабана машина, изображенная на фиг. 168, снабжена ножным расцепляющим устройством, состоящим из педали, связанной системой рычагов с двумя кулаками. Чтобы остановить барабан, достаточно нажать педаль: при этом кулаки поднимают барабан кверху.

Державка волочильной доски *C* сделана в этом станке поворотной, благодаря чему волочильная доска устанавливается всегда соответственно направлению проволоки, как бы оно ни изменялось. Этим избегается неравномерный износ глазка. Не протянутая еще проволока намотана на холостую катушку *A*, нередко выточенную из дерева.

На фиг. 169 изображена очень мощная волочильная машина с вертикальным барабаном (горизонтальный шпиндель), предназначенная для протяжки проволоки от 25 мм и толще. Диаметр барабана—900 мм. Машина сконструирована для непосредственного привода от электромотора (30 л. с., 575 об/мин) через двойную зубчатую передачу.

На рисунке справа виден барабан, слева от него—державка волочильной доски. Эта державка шарнирно укреплена таким образом, что допускает поворот волочильной доски в любом направлении в пространстве. На главном валу заклинен поводковый шкив, с которым барабан может быть сцеплен посредством штифта, расположенного на наружной стороне его. Для того, чтобы запустить барабан, включают этот сцепляющий штифт так, чтобы он заскочил за один из двух кулаков, имеющих на поводковом шкиве; от соскакивания с этого кулака штифт удерживается давлением во время протяжки.

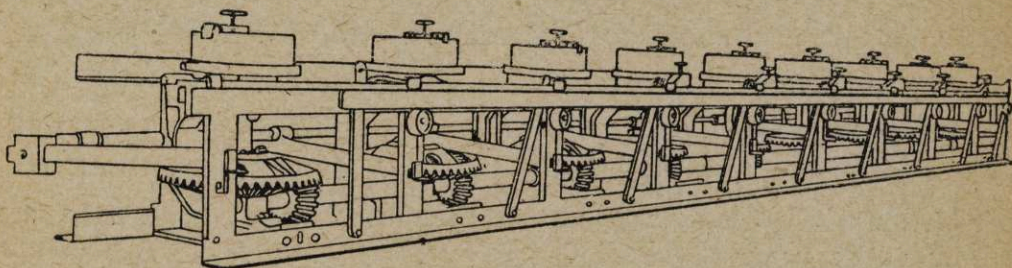
Когда волочение проволоки закончено и давление между кулаком и сцепляющим штифтом прекращается, штифт автоматически оттягивается назад спиральной пружиной,



Фиг. 169. Волоочильная машина с вертикальным барабаном
(зав. Arboga).

прикрепленной к рычагу, который служит для включения штифта, и барабан останавливается. В кулаках или приливах для сцепляющего штифта сделаны полукруглые выемки, соответствующие его диаметру.

Клещи для зажима проволоки при вращении барабана западают в углубление, имеющееся в его боковой поверхности. Форма этой поверхности такова, что в начале волочения проволока наматывается на барабан по окружности малого радиуса; благодаря этому в самом начале протяжка проволоки идет медленнее, и для пуска машины требуется меньшая мощность. Клещи подходят почти вплотную к волочильной доске, поэтому проволоку приходится заострять лишь на такой длине, чтобы конец ее прошел через глазок и вышел из него на длину, достаточную для захвата губками клещей.



Фиг. 170. Девятиблочный станок для грубого волочения проволоки, с общим тянущим приспособлением (зав. Arboga).

Обыкновенные волочильные станки с горизонтальными барабанами строятся с различным числом их, иногда до 24. Американские конструкции этих станков имеют обычно одно общее тянущее приспособление для всех барабанов. Это приспособление приводится от эксцентрика, расположенного на конце станка, и состоит из двойной линейки, опирающейся на ряд роликов и совершающей поступательно-возвратное движение вдоль передней стороны рамы станка (см. фиг. 170). Между обеими связанными между собою линейками находится ряд опорных роликов (по одному для каждого волочильного барабана), на которые опирается соответственное число штанг, шарнирно соединенных с нижней балкой рамы станка. К этим штангам при помощи коротких цепей прикреплены

клещи для первой протяжки проволоки; они могут быть введены в действие в любой момент, так как штанги все время качаются взад и вперед. Вместо описанного устройства иногда применяется непрерывно движущаяся цепь, с которой может быть сцеплена при помощи крюка короткая цепь с клещами.

Волоочильные станки для толстых сортов проволоки, не имеющие общего тянущего приспособления, снабжаются часто фрикционным сцеплением, позволяющим включать барабаны один за другим. В некоторых конструкциях встречаются, впрочем, и кулачные муфты (вместо фрикционных).

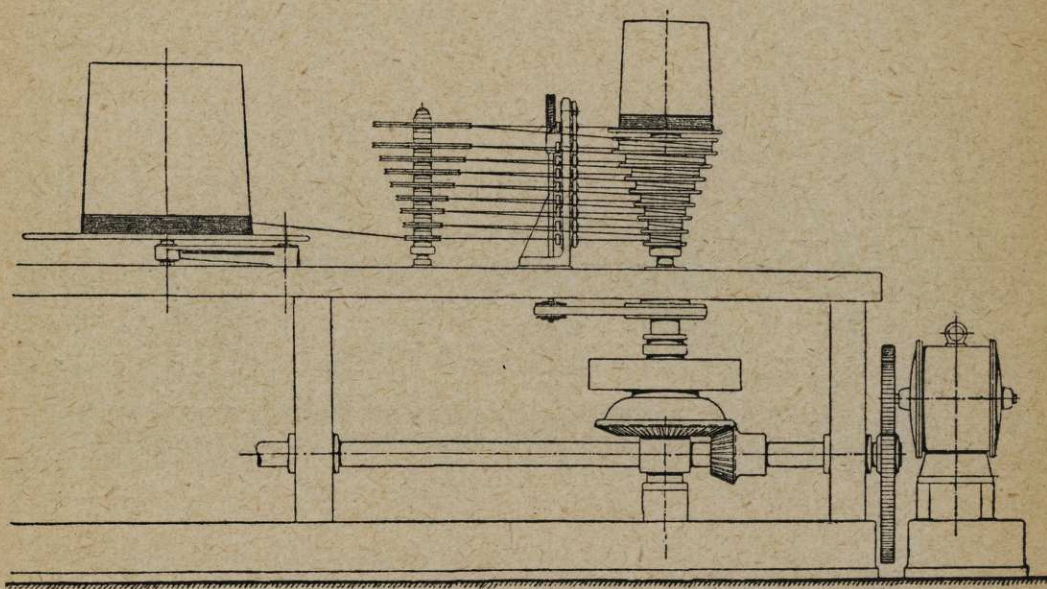
Волоочильные станки для средних номеров проволоки отличаются от станков для толстой проволоки лишь меньшей массивностью конструкции и меньшими диаметрами волоочильных барабанов. В большинстве случаев они не имеют фрикционных муфт и точно так же не нуждаются в специальных приспособлениях для первой протяжки проволоки через глазок.

Волоочильные станки для тонких номеров проволоки снабжаются еще меньшими барабанами и чаще всего строятся на деревянных станинах. Различают два типа этих станков—обыкновенные и непрерывные. Волоочильные станки последнего типа имеют простые барабаны, тогда как волоочильные машины для непрерывной протяжки снабжаются барабанами желобчатыми.

Обыкновенные волоочильные станки для тонких сортов проволоки по конструкции еще проще, нежели станки для средних номеров.

Ясное представление об устройстве непрерывных волоочильных машин дает фиг. 171. Проволока, первоначально намотанная на катушку, показанную на рисунке слева, поступает с нее через направляющий ролик в глазок волоочильной доски, а из него—на самую малую (нижнюю)

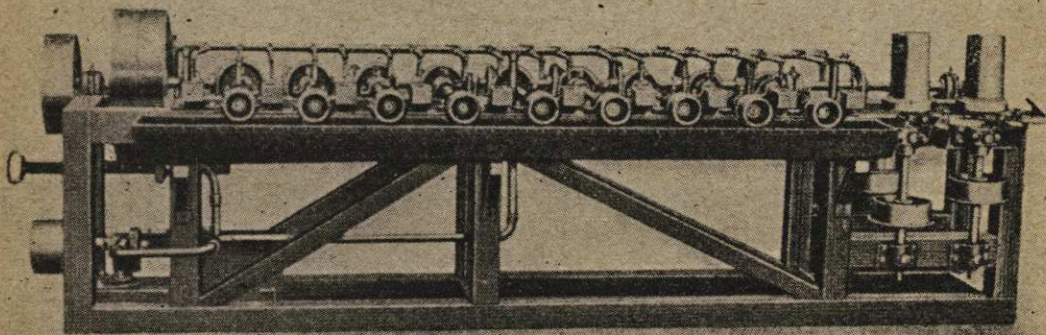
ступеньку волочильного барабана. Сделав вокруг нее несколько оборотов, проволока возвращается назад на следующий—несколько больший (второй снизу)—направляющий ролик, отсюда поступает в глазок другой волочильной доски, далее—на следующую (вторую снизу) ступеньку барабана, и т. д., до тех пор, пока не поступит на приемный барабан. Как показано на рисунке, ось барабана опирается на подвижной



Фиг. 171. Непрерывная волочильная машина с желобчатым блоком.

рычаг. Над конической зубчатой передачей расположена фрикционная муфта. Машина, изображенная на фиг. 171, имеет специальное устройство для поворота волочильных досок. Это необходимо для того, чтобы во время волочения на проволоке не получалось царапин. Число волочильных досок этой машины равно восьми. Диаметры отдельных ступенек волочильного барабана сообразованы со скоростями проволоки после последовательных протяжек: эти скорости, очевидно, должны возрастать по мере уменьшения толщины проволоки.

На фиг. 172 изображен непрерывный волочильный станок с простыми барабанами, расположенными один за другим (тип тандем). Также и в этой машине проволока обвивается вокруг каждого барабана несколько раз. Сила, с которой проволока протягивается через этот станок, должна распределяться на все барабаны, так как в противном случае разрыв проволоки был бы неизбежен. Каждый из барабанов вращается со скоростью большею, нежели предыдущий; при этом скорости каждого из них должны быть точно рассчитаны



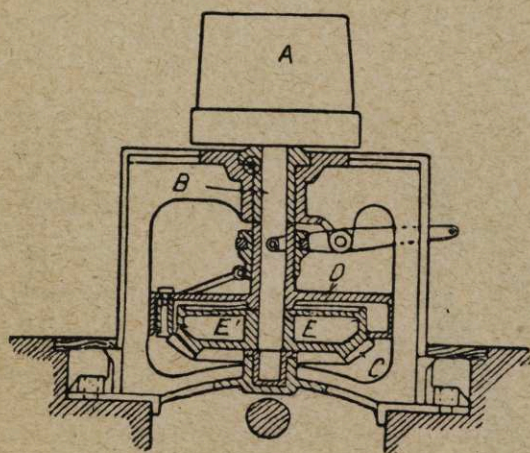
Фиг. 172. Непрерывный волочильный станок типа тандем (зав. Arboga).

в соответствии с постепенным уменьшением сечения при проволочивании. Машина, изображенная на фиг. 172, предназначена для одновременной протяжки двух проволок и снабжена устройством для мокрого волочения.

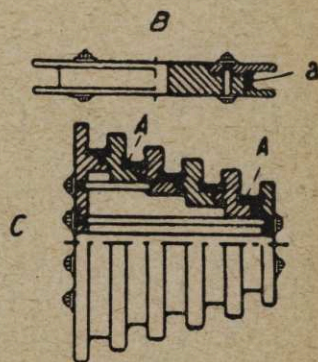
Непрерывные волочильные станки и машины применяются для изготовления проволоки диам. 1,5—1,25 мм и тоньше, и работают быстрее, чем простые волочильные станки.

Волочение тонких или хрупких сортов проволоки связано с тем затруднением, что проволока легко рвется, если напряжения при протяжке перейдут известный предел. Для того, чтобы устранить это затруднение, описанную выше фрикционную муфту пробовали делать регулирующейся соответ-

ственно различным нагрузкам. Регулировка муфты осуществляется прижиманием одной половины ее к другой с большей или меньшей силой, для чего в механизме ее имеются особые рычаги. Другое устройство для той же цели показано на фиг. 173. Коническая шестерня *C*, посаженная вхолостую на вращающемся валу *B*, в своей верхней части имеет форму тормазного диска *E*. Над ним расположена поводковая тарелка *D*, заклиненная шпонкой на валу *B*; в этой тарелке



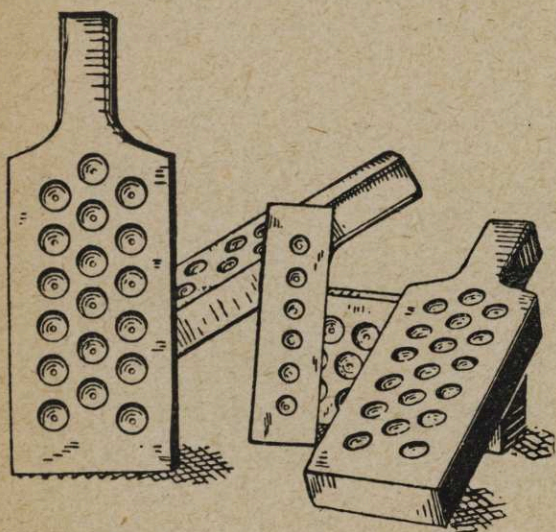
Фиг. 173. Фрикционное сцепление воло-
чительного барабана.



Фиг. 174. Ступенчатый
волочительный барабан с
пружинящими кольцами.

укреплен один конец тормазной ленты. Другой конец последней связан с натяжным приспособлением. При помощи рычага можно обхватить лентой тормазный диск с большей или меньшей силой. Буквой *A* обозначен барабан для намотки проволоки. Этот барабан делают иногда ступеньчатым, с пружинящими поверхностями. В этом случае на обод каждой ступени надето разрезанное в одном месте пружинящее кольцо *A* (фиг. 174), сжимающееся или разжимающееся соответственно увеличению или уменьшению силы, растягивающей проволоку.

В приводимой ниже таблице (см. стр. 361), заимствованной из Hütte Metallургического*), указана принятая в Германии классификация станков, а также диаметры барабанов, числа оборотов и пр. Следует, однако, заметить, что эта классификация не является общепринятой. Кроме того, числа оборотов, указанные в таблице для станков для толстой проволоки, следовало бы значительно уменьшить.



Фиг. 175. Волочильные доски.

Волочильные доски изготовляются из незакаленной стали или из чугуна отливкою в кокили (см. фиг. 175). Иногда их делают из железа, наваренного стальной пластинкой (так. наз. компаундированная или двухслойная сталь). В этом случае сработавшийся глазок можно исправить, сужая его уда-

рами молотка (в холодном состоянии) по краям и затем снова доводя его до требуемых размеров тем или иным способом. Для массового производства проволоки применяют волочильные доски из каленой стали. Понятно, что глазки таких досок служат более продолжительное время; однако, их приходится выправлять после нагрева доски. От тянульщика, работающего на таких досках, не требуется такой же высокой квалификации и опыта, как от рабочих на волочении проволоки через мягкие волочильные доски.

Доски из двухслойной стали (немецкие) требуют довольно частых поправок, тогда как английские волочильные доски

*) Русское издание 1927 г., стр. 870—871.

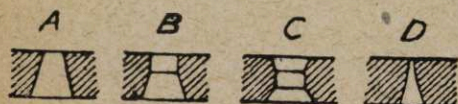
Классификация проволочно-волоочильных станков.

Номер проволочно-метровой секции по германскому миллиметру	Диаметр проволоки в мм	Диаметр барабана в мм	Число оборотов барабана в мин	Скорость волоочения в м/сек	Мощность, потребная для волочения в л. с.	Средн. раст. между волоч. дюсками в мм	Производительность в одну смену на одну доску в кг	Количество волоч. досок, обслуживаемых одним рабочим
<i>Станки для толстой проволоки</i>								
130—70	13,0 — 7,0	600	32	1,0	15—5	1,4	4000—3500	1
65—46	6,5 — 4,6	600	50	1,6	7—5	1,4	3800—3500	1
45—38	4,5 — 3,8	550	70	2,05	6—4	1,4	3500—3000	1
37—30	3,7 — 3,0	550	70	2,05	4—3	1,4	1400—1100	2
<i>Станки для средней проволоки</i>								
30—21	3,0 — 2,0	550	70	2,05	3—2,5	1,4	1100—750	2
20—16	2,0 — 1,6	550	70	2,05	2,5—1,5	1,4	720—400	2
<i>Станки для тонкой проволоки</i>								
18—10	1,8 — 1,0	350	70—75	1,30—1,40	1,0 — 0,5	0,7	360—70	2—5
18—8	1,8 — 0,8	300	75—80	1,20—1,25	1,25—0,3	0,6	280—30	2—6
10—8	1,0 — 0,8	250	80—85	1,05—1,10	0,4 — 0,3	0,6	65—30	8
<i>Станки для ворсильной проволоки</i>								
7—4	0,70—0,40	200	85	0,9	0,2	0,42	20—4	12
4—2	0,40—0,20	150	100—110	0,9—0,8	0,12	0,35	4—1	

из специальной стали работают значительно дольше. Особенно хорошо зарекомендовали себя доски из хромистой стали с содержанием 6—13% хрома и 1—2% никкеля при содержании углерода до 2%.

Для волочения очень тонких номеров проволоки иногда пользуются досками особой высокой твердости, глазки которых доводятся до точных размеров при помощи сверления. Глазки для очень тонкой медной проволоки просверливаются в алмазах (реже—рубинах), вставляемых в волочильную доску. Алмазы дают при волочении более точные результаты

и позволяют не прерывать работу так часто, как при применении металлических досок, так как продолжительность службы алмазных глазков значительно больше.



Фиг. 176 Различные формы волочильных отверстий.

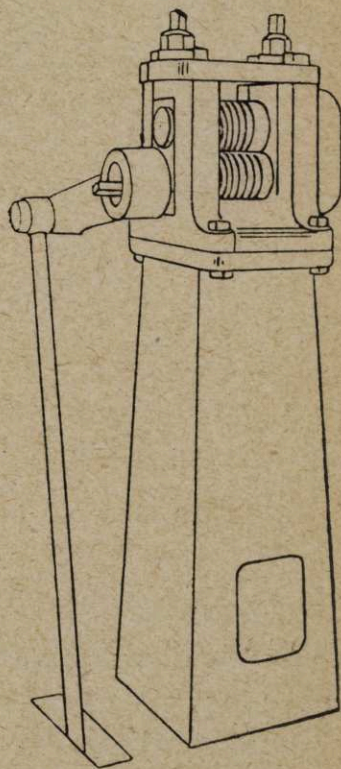
Обыкновенные волочильные доски, которые могут содержать до сотни отверстий, после износа подвергаются ремонту, состоящему в том, что все волочильные отверстия развертываются до величины, соответствующей ближайшему большему номеру проволоки. Таким образом, доска становится годной для дальнейшей работы.

Глазки волочильной доски должны иметь коническую форму для облегчения уменьшения поперечных размеров проволоки. Особое внимание следует обращать на то, чтобы профиль очка не заключал острых ребер или уступов, так как они портят поверхность проволоки. В остальном волочильные отверстия могут иметь самую разнообразную форму, которая зависит от коэффициента протяжки и рода протягиваемого материала. На фиг. 176 схематически показаны различные профили волочильных отверстий.

Шпицовальные машины для проволоки.

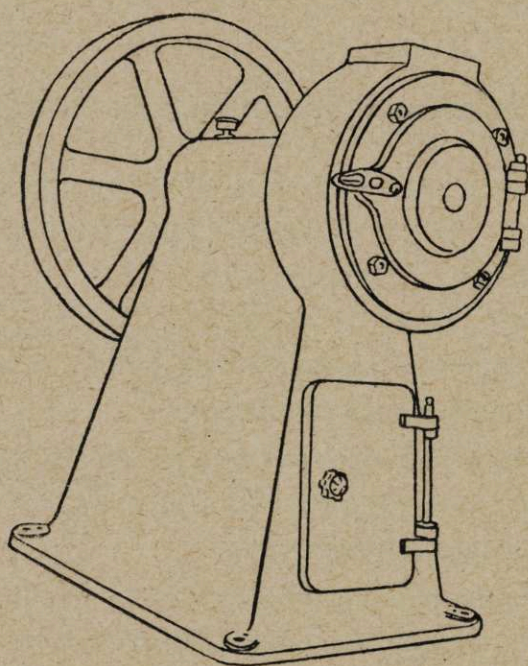
Для ш п и ц о в а н и я, т.-е. заострения концов проволоки, что необходимо для пропуска ее через определенный глазок волоочильной доски, применяются малые прокатные станки с движущимися взад и вперед валками, поверхность которых снабжена суживающимися ручьями различных размеров. Эти так наз. шпицовальные машины устанавливаются либо на самом волоочильном станке, либо рядом с ним. В первом случае они приводятся в движение от того же приводного устройства, что и самый волоочильный станок. Одной шпицовальной машины достаточно для обслуживания 3—5 барабанов. Такой прокатный станок, установленный, однако, на отдельной станине, изображен на фиг. 177.

Другой тип машины, предназначенной для той же цели, показан на фиг. 178. Эта машина, в передней круглой части которой заключен механизм, производящий заострение конца проволоки, работает посредством двух штампов (обжимок), движущихся навстречу друг другу. При вращении шкива машины эти



Фиг. 177. Прокатный станок для шпицования проволоки (зав. Argboga).

штампы сближаются, производят удар и таким образом заостряют конец проволоки, заведенной между ними. Штампы снабжены выемками, соответствующими желаемому заострению.



Фиг. 178. Вращающаяся шпигуальная машина с обжимкой
(зав. Argoga).

Механизм, при помощи которого производится удар, можно коротко описать следующим образом. Горизонтальный вал машины на переднем конце снабжен поперечной канавкой, в которую вставлены две ползушки или молотка так, что они могут скользить в ней. Впереди этих ползушек находятся штампы. Следовательно, при вращении вала машины вместе с ним вращаются как ползушки, так и штампы. Вал лежит в роликовом подшипнике с солидными роликами. Наружные концы ползушек, обращенные к роликовому подшипнику, закруглены соответственно его диаметру, а дальше (по длине) они имеют такую форму, что, проходя мимо двух роликов

(по одному с каждой стороны подшипника), они отжимаются ими к центру, сближая при этом штампы в притык. Пройдя мимо одной пары роликов, ползушки снова расходятся, частью—вследствие удара о конец проволоки, частью—под действием центробежной силы; при встрече со следующей парой роликов ползушки снова сближаются. Таким образом, в течение каждого оборота главного вала машины, штампы производят определенное число ударов, равное числу пар роликов подшипника. Шпицовальные машины этого типа, применяемые большею частью для заострения катанной проволоки диам. от 6 до 12 мм, работают очень быстро и употребляются также для обжимания концов труб перед протяжкой их (см. стр. 321—322).

Отжиг проволоки.

Железная и стальная проволока, выпущенная из прокатного стага, должна быть перед волочением отожжена. Эту операцию приходится повторять и во время самого волочения, прибегая к ней всякий раз, как твердость и хрупкость проволоки чрезмерно увеличатся в результате обработки.

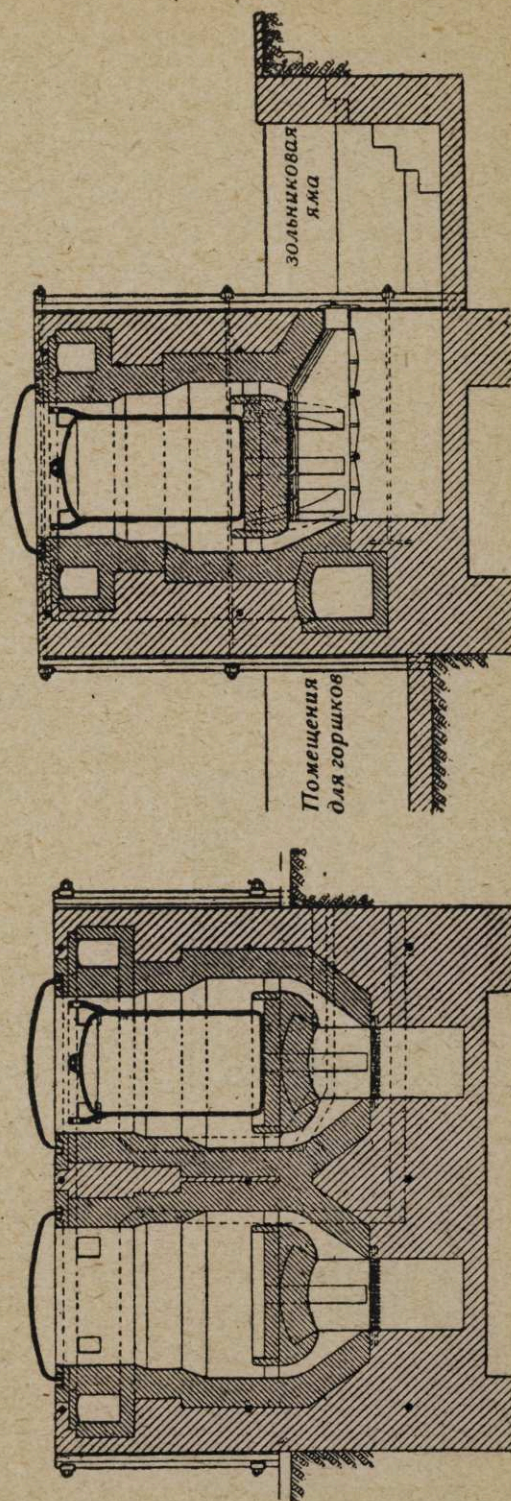
Во время отжига проволоку следует как можно надежнее предохранять от окисляющего действия воздуха, для того, чтобы получающийся при этом слой окалины не был слишком толстым. Поэтому отжиг производят в муфельных печах или специальных отжигательных горшках, в которые бунты проволоки набивают как можно туже. Горшки, отлитые из стали, чугуна или—реже—цельно-сваренные из листового железа и закрывающиеся простой или двойной крышкой, нагревают в пламенной печи, предварительно замазав стыки крышки с горшком смесью огнеупорной глины с золой. Для того, чтобы уменьшить образование окислов, в горшки можно класть известняк, который при нагреве выделяет углекислоту, или погружать бунты проволоки в воду, в которой разболтана глина. Несмотря на такие меры предосторожности, окисление все же происходит, и перед протяжкой проволоку необходимо счищать от окалины.

Отжиг проволоки из шведского железа производится при протяжке, напр., с 5 мм на 1 мм один раз, когда диаметр проволоки составляет 3 мм или 2,5 мм. При волочении с 5 мм на 0,30 мм проволоку необходимо отжигать 2 или

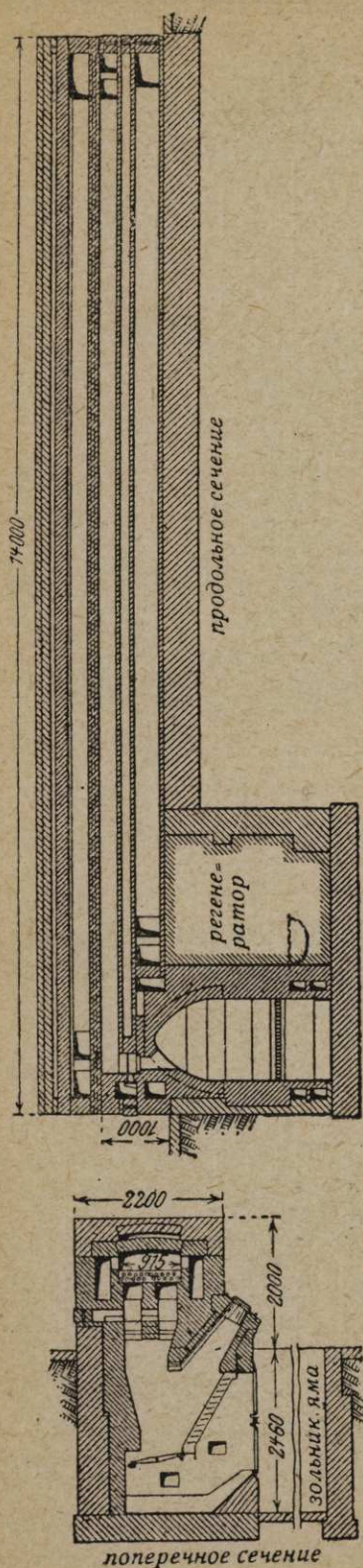
3 раза. Стальная проволока отжигается чаще, и число отжигов ее зависит от твердости материала и его качеств.

Иногда отжиг проволоки производят в горшках с двойными стенками (так наз. чистое прокаливание), плотно закрытых и замазанных самым тщательным образом. Для поглощения кислорода, который содержится в воздухе, проникающем внутрь сосуда, вместе с проволокой набивают в горшок чистый железный скрап.

Для отжига применяют, главным образом, печи следующих трех типов: 1° простые, отапливаемые углем и соединенные в батареи из 2—6 печей (см. фиг. 179), 2° обыкновенные печи, отапливаемые газом, и 3° непрерывные печи, отапливаемые углем (фигура 180).



фиг. 179. Двухкамерная печь для отжига проволоки.



Фиг. 180. Непрерывная отжигающая печь (на 20 проволок).

Простые печи расходуют больше топлива, но требуют меньше затрат на периодический ремонт. Вместе с тем, они позволяют легко регулировать температуру в соответствии с сортом и качеством отжигаемой проволоки. Эти печи строят в ряд, с расстоянием около 2 метров между соседними печами, и так, чтобы верх их приходился как раз на уровне пола мастерской. Они должны быть устроены с таким расчетом, чтобы отжигательные горшки были защищены от непосредственного действия пламени.

Непрерывные печи отличаются значительной длиной. В печах этого типа проволока проходит непрерывно через продольные каналы, защищенные от газообразных продуктов горения. Каждая печь имеет несколько топок (напр., четыре) с дверцами на продольной стороне. Продукты горения омывают продольные каналы печей с нижней стороны, затем поворачивают обратно, омывают их сверху и уходят в дымовую трубу.

Горшки для отжига проволоки (см. фиг. 179) имеют обычно следующие размеры: внутренний диаметр = 750—850 мм, высота = 1200—1500 мм. В таких горшках помещается в среднем от 1200 до 1500 кг железной проволоки. Горшки, литые из стали, выдерживают 300—400 отжигов, чугунные горшки—примерно вдвое меньше. После отжига горшки с проволокой ставят в особые охлаждающие колодцы и открывают их лишь после того, как проволока остынет.

Глубину охлаждающих колодцев принимают равной высоте горшков, ширина их = $2d + 250$ мм, где d —диаметр горшка. Длина колодцев равна среднему расстоянию между отжигательными печами, т.-е. 2 м.

Отжиг железной проволоки производится при температуре светло-красного каления (ок. 900°C). Продолжительность отжига—от 4 до 6 часов. Расход угля 12—15%, в батарейных печах—до 9% от веса отжигаемой проволоки.

Травление и промывка.

Для того, чтобы очистить поверхность проволоки от окалины, ее протравливают в горячей серной или холодной соляной кислоте. Для железной проволоки подходящая крепость травильной ванны получается, если разбавить в воде $2\frac{1}{3}$ — $2\frac{1}{2}\%$ (по весу) серной кислоты 60° Вё. Стальную проволоку следует травить в концентрированной или меньше разбавленной серной кислоте. Подходящий состав протравы для этой проволоки—1 ч. серной кислоты на 2 ч. воды.

Резервуар, в котором производится травление проволоки, устраивается обычно ниже уровня пола мастерской. Для защиты от действия кислот резервуар должен быть выложен внутри свинцом (листовым), покрытым для предохранения от механических повреждений досчатой обшивкой. Размеры травильных резервуаров зависят от диаметра проволочных бунтов. Обычные размеры их— $2 \times 1 \times 2,5$ метров (соотв. длина, ширина и глубина).

Бунты проволоки помещаются в корзины, сделанные обычно из дерева и вмещающие 1 — $1\frac{3}{4}$ тонны проволоки. Эти корзины погружаются в бассейн для травления при помощи катучей тележки с блоком. Травильная жидкость поддерживается нагретой до 50 — 60°C непосредственно введенным паром.

Железная катанка остается в травильной ванне $2\frac{1}{2}$ часа. Следует, впрочем, заметить, что продолжительность травления вообще весьма различна, зависит от многих условий и может составлять от 15 минут до нескольких часов. Израсходованная кислота, перед погружением следующей партии про-

волоки, возмещается приливанием свежей кислоты. Травильная ванна применяется до концентрации 26—30° Вё.

Для проволоки, волоченой после промывки в известковом растворе (см. ниже), если она должна быть затем омеднена, соляная кислота в качестве травильной жидкости оказалась более действительной, нежели серная, так как она скорее растворяет известку.

Расход серной кислоты составляет около 40 кг на 1000 кг катанной проволоки. Потеря в весе проволоки от травления составляет около $1\frac{1}{2}$ —2%.

Окалина, которая после травления все еще держится, хотя и слабо, на поверхности проволоки, сбивается с нее при помощи особого чистильного устройства, так наз. в а ш б а у м а, работающего примерно по тому же принципу, как хвостовой молот*). Это устройство состоит из доски длиною 3 до 3,5 м, опирающейся на расстоянии несколько большем 1 м от одного конца на цапфы, расположенные немного выше пола мастерской. Более короткая часть доски через известные промежутки времени отжимается вниз кулаками, укрепленными радиально на валу, который приводится во вращение от того или иного привода и расположен в направлении, перпендикулярном к оси доски. Более длинный конец последней поднимается при этом вверх и затем падает на расположенную под ним подкладку. Проволочное кольцо накладывают на два штыря, укрепленных вертикально на наружном конце доски. Таким образом, когда передний конец вашбаума поднимается и затем падает, ударяясь о подставку, то вместе с ним движется проволока, сильно встряхивается при этом, и окалина отскакивает с ее поверхности. Расход энергии на привод такого вашбаума составляет около $1\frac{1}{2}$ л. с. Вместо этого устройства пользуются также вращающимися барабанами, в которых проволока очищается от окалина при помощи гравия

*) См. Том V, стр. 98.

и воды. Этот способ очистки применяется лишь для тонких номеров проволоки и обладает тем недостатком, что кольца проволоки при этом легко спутываются.

С травлением проволоки связан ряд неудобств: вода и кислота действуют на помещение травильной, пары, выделяющиеся из ванны, вредно влияют на здоровье рабочих, а отработанная жидкость загрязняет окружающую завод местность. Поэтому нередко химическую очистку окалина заменяют механической. Для этого проволоку протаскивают между несколькими расположенными в ряд роликами. При этом проволока делает ряд резких перегибов, так что окалина отскакивает с нее. Однако, этот способ не дает совершенной очистки проволоки от окалины. Несмотря на это, им все же пользуются в некоторых случаях, так как он облегчает травление и сильно уменьшает расход кислоты. Были предложены также способы отжига проволоки в свинцовой или соляной ванне (растворе поваренной соли) и т. д. для предупреждения образования слоя окалины.

Протравленную проволоку промывают в воде и затем обычно нейтрализуют кислоту, остающуюся еще и после промывки на поверхности проволоки, известковым молоком или другой жидкостью, в состав которой почти всегда входит известь. Кроме нейтрализации кислоты, известь омыливает жиры, с помощью которых производится волочение, и этим облегчает дальнейшую протяжку проволоки. Если желательно очистить проволоку еще тщательнее, ее после промывки оставляют лежать на месте или в особом резервуаре до тех пор, пока она не покроется ржавчиной, и после этого протравливают ее еще раз. Для обычных целей достаточно, впрочем, одного травления.

Нейтрализация кислоты после травления производится разного рода смесями, которые составляются в различных мастерских различным образом. Составы, указанные в ниже-следующей таблице, представляют примеры их.

Смесь	Состав	Применение
<i>Известковые растворы.</i>		
Раствор № 1.	15 кг извести на 100 кг воды.	Для промывки твердой стальной проволоки, которая после оржавления должна подвергаться волочению и предназначена для изготовления стальных троссов и т. п. Эта смесь применяется также, как основная для приготовления более слабых и для этой цели разбавляется водою.
Раствор № 2.	7,5 кг извести на 100 кг воды.	Для промывки проволоки, которая должна протягиваться без отжига 4 или большее число раз.
Раствор № 3.	4,5 кг извести на 100 кг воды.	Для промывки проволоки, которая должна протягиваться без отжига 2 или 3 раза.
Раствор № 4.	3,5 кг извести на 100 кг воды.	Для промывки проволоки, которая должна протягиваться только один раз, или проволоки, которая после промывки в известковом молоке должна отжигаться (в последнем случае предохраняет проволоку от образования окислов).
Раствор № 5 (известковая вода).	0,8 кг извести на 100 кг воды.	Для промывки ленточного железа перед холодной прокаткой.
<i>Смеси с мукой</i>		
Смесь № 1.	Пшеничная мука и вода в объемном отношении 28 : 72 (т.-е. 28 литр. муки на 100 литр. готовой смеси). Смесь нагревают в течение 2 часов, все время перемешивая ее.	Основная смесь для приготовления смесей, указанных ниже.

С м е с ь	С о с т а в	П р и м е н е н и е
Смесь № 2.	6,5 весов. частей известкового молока № 1 на 100 частей смеси с мукой № 1	Для промывки проволоки с низким содержанием углерода перед омеднением ее.
<i>Растворы для омеднения.</i>		
Раствор № 1.	4,5% медного купороса, 0,9 — 1,2% серной кислоты, 94,3—94,6% воды.	Для омеднения.
Раствор № 2. (медно - оловянный раствор).	1,2 — 1,4 % медного купороса, ок. 0,3% гранулированного олова и 0,9 — 1,2% серной кислоты, остальное — вода (0/0% — по весу).	Для омеднения.

Как показывает таблица, смеси более «тяжелые», т.-е. содержащие больше извести, применяются для промывки проволоки, которую нужно протягивать несколько раз подряд, не подвергая ее отжигу между отдельными операциями. Смеси, содержащие муку, дающие всегда более чистую поверхность, нежели известковое молоко, показали свое преимущество перед последним особенно в тех случаях, когда проволока должна быть омеднена после промывки. Это объясняется отчасти тем, что в процессе волочения мука не пристает так сильно к поверхности проволоки, как известь, и поэтому легче удаляется при последующем травлении. При применении смесей с мукой проволоку можно протягивать без отжига не более трех раз подряд.

После промывки в одной из указанных смесей проволоку обычно сушат в печи при температуре от 70° до 100°C.

Время сушки может составлять от $\frac{1}{2}$ до 1 часа и больше, в зависимости от состава раствора. Цель сушки—окончательное удаление остатков кислоты после травления и вместе с тем—испарение поглощенного железом водорода, который сообщает проволоке хрупкость. Сушильные печи часто отапливаются отходящими газами отжигательных печей. Впрочем, сушка может производиться также естественным путем, без помощи печей.

Оржавливанием проволоки пользуются для того, чтобы иметь возможность протягивать ее несколько раз подряд, без отжига после каждой операции. Оржавевшую проволоку промывают в слабом известковом молоке. При этом ржавчина остается под слоем молока. Этот способ приводит к тому, что отверстия волочильных досок меньше изнашиваются, следовательно, уменьшаются и колебания в диаметре проволоки, протянутой сквозь эти отверстия. Если проволоку с низким содержанием углерода требуется протягивать 6—7 раз подряд без промежуточного отжига, то применяют особенно густую нейтрализующую смесь.

Работа на волочильных станках.

Различают два способа волочения, а именно—сухое или смазочное волочение и мокрое волочение или волочение с полировкой.

Смазкой при сухом волочении служит какой-либо жир, как пальмовое масло, репное масло или сало (напр., говяжье), каждое отдельно или в смеси, с добавкой гашеной извести или без нее. Чаще всего для этой цели применяют так наз. мыльный порошок, который составляется из сала, каустической соды, извести и талька.

При волочении с мокрой полировкой железную проволоку покрывают перед протяжкой тонким слоем меди. Мокрое волочение применяется лишь для дальнейшей обработки проволоки, предварительно протянутой в смазке до подходящего размера. Для того, чтобы освободить поверхность проволоки от приставшего жира и получить чистую металлическую поверхность, проволоку погружают прежде всего в раствор серной кислоты (70 литров воды, 15 кг серной кислоты и 1 кг медного купороса).

После этого, для предварительного омеднения проволоки к ванне прибавляют еще медного купороса. Окончательное омеднение проволоки производится путем погружения ее в раствор медного купороса, подкисленный серной кислотой, в который для облегчения последующей протяжки прибавляют растворимого в воде жира (70 литров воды, 1 кг серной кислоты, 1 кг медного купороса и 2 кг растворимого

в воде жира). Перед каждым волочением омеднение повторяют, применяя все более и более слабые ванны.

Вместо подкисленного серной кислотой раствора медного купороса при волочении пользуются также мыльными растворами, позволяющими сильнее уменьшать поперечное сечение проволоки на каждом переходе.

Проволоку тонких номеров, которая должна омедниваться лишь в слабой степени, не погружают в ванну, а тянут через соответствующий раствор во время самого волочения. Так как при волочении самых тонких сортов проволоки необходимо стремиться к получению особенно чистой поверхности ее, то после травления проволоку кипятят в воде. Тонкие номера стальной проволоки с высоким содержанием углерода, напр., предназначенную для изготовления швейных иглол, необходимо перед окончательным волочением подвергать особо тщательной обработке, которая состоит в следующем: проволоку дважды протравливают и проколачивают (напр., на вашбауме), кладут на некоторое время в кипящую воду, травят третий раз, снова проколачивают, промывают в воде и, наконец, погружают в слабое известковое молоко.

Проволока, тянутая из смазки, отличается большой мягкостью. При сухом волочении главок волочильной доски срабатывается довольно быстро, так что к концу волочения диаметр проволоки получается несколько большим, нежели в начале его. Проволока выходит из глазка покрытой слоем пыли и жира, что придает ей довольно неприглядный вид.

Мокро-волоченая проволока отличается плотностью, поверхность ее тверда, гладка и блестяща, однако, она ржавеет легче, чем тянутая из смазки. При одинаковой толщине проволоку, тянутую с мокрой полировкой, можно проволочить без отжига дальше, нежели проволоку, тянутую из смазки. Поэтому для волочения тонких номеров более пригодна проволока, изготовленная с мокрой полировкой.

Смазочное волочение приблизительно до 3 мм обходится дешевле, чем волочение с мокрой полировкой; поэтому более толстые сорта проволоки тянут всухую. Более тонкие номера тянут обычно до 3 мм — в смазке, а дальше — мокрым способом. В зависимости от назначения проволоки, до диам. 1,8 или 1,6 мм применяют волочение как из смазки, так и с полировкой, более тонкие номера тянут почти исключительно с мокрой полировкой. В виде исключения, изредка применяют сухое волочение до диам. в 1 мм.

Как ясно из сказанного, волочение проволоки в смазке производится только на волочильных станках для толстой проволоки; на станках для средней проволоки можно производить волочение как из смазки, так и с мокрой полировкой.

В нижеследующей таблице дан ряд рецептов для сухого и мокрого волочения, применяемых в практике проволочно-волочильного производства.

Смесь	С о с т а в	П р и м е ч а н и е
Для смазоч- ного во- лочения.	90 ч. сала, 1,3 ч. извести и 11 ч. талька смешать и расплавить, после чего прибавить раствор 18 ч. едкого натра (каустической соды) в воде. Настрогав, осторожно высушить и растолочь в порошок. 1 ч. желтого тавота и 1 ч. говяжьего сала.	Для волочения до конца (в несколько переходов) проволоки, промытой в известковом молоке, и для проволоки, от которой не требуется особенно чистая поверхность. Для проволоки с низким содержанием углерода, которая после оржавливания и промывки в известковом молоке должна проволакиваться 3—4 раза подряд без отжига. Для получения более чистой поверхности, особенно — при чистовом волочении катанки в один переход. Применяется большей частью для проволоки диам. более 3,5 мм.

Смесь.	С о с т а в	П р и м е ч а н и е
Для волоче- ния с мокрой поли- ровкой.	16 ч. говяжьего сала и 6,8 ч. талька. Для проволоки толще 11 мм пропорция талька в смеси увеличивается до сравнения с количеством сала.	Для проволоки, которая должна иметь особенно чистую поверхность.
	70 литров воды, 4 кг медного купороса и 2 кг серной кислоты.	Для волочения средних номеров омедненной проволоки.
	70 литров воды, 0,25 литра серной кислоты, 40 литров дрожжей и 1 кг растворимого в воде жира, с добавлением муки или отрубей. Раствор для каждой следующей протяжки все более ослабляется.	Для волочения тонких номеров омедненной проволоки.
	18 весов. частей ржаной муки смешивают с 95 ч. теплой (не кипящей) воды и, хорошо перемешав, добавляют столько же частей холодной воды. До употребления смесь должна стоять один—два дня.	Смешивается с мыльной водой.
	60 литров воды и 12 литров мыла.	Для волочения с мокрой полировкой проволоки с низким содержанием углерода.

Приводимая ниже таблица представляет схему волочения 5-мм-овой катанной проволоки на 0,2 мм. Эта таблица, заимствованная из Справочной книги для металлургов «Hütte»*), должна рассматриваться лишь, как схема, и пригодна не для всяких условий производства. В частности, указываемое в ней изменение поперечного сечения проволоки представляется чересчур большим на первых переходах и слишком малым—на последних. В остальном эта таблица может быть полезной.

*) Русское изд. 1927 г., стр. 872.

Операция	№ проволо- ки по мм калибру	Попереч. сечение про- волоки в мм. мм	Уменьшение сечения в %/о	Вес 1000 м проволоки в кг	Приблиз. длина 1 кг проволоки	Волоочильный станок
Катанка	50	19,6350	40	153,000	6,5	
1 волочение	38,5	11,6416	30	90,480	11	Для толстой проволоки
2 „	32	8,0442	30	62,712	16	Для толстой проволоки
3 „	27	5,7255	30	44,460	22,5	Для средней проволоки
4 „	22,5	3,9760	20	30,966	32,5	Для средней проволоки
5 „	20	3,1415	20	24,470	41	Для средней проволоки
6 „	18	2,5446	20	19,820	50,5	Для средней проволоки
7 „	16	2,0106	20	15,660	64	Для средней проволоки
8 „	14,5	1,6513	20	12,860	77,5	Для средней проволоки
9 „	13	1,3273	20	10,340	97	Для средней проволоки
10 „	11,5	1,0386	20	8,091	123	Для средней проволоки
11 „	10,4	0,8494	20	6,622	152	Для тонкой проволоки
12 „	9,3	0,6792	20	5,296	189	Для тонкой проволоки
13 „	8,3	0,5410	20	4,219	238	Для тонкой проволоки
14 „	7,4	0,4300	20	3,350	294	Для тонкой проволоки
15 „	6,6	0,3421	20	2,665	370	Для тонкой проволоки
16 „	5,9	0,2733	20	2,129	476	Для тонкой проволоки

Операция	№ проволо- ки по мм калибру	Попереч. сечение про- волоки в мм. мм	Уменьшение сечения в 0/0	Вес 1000 м проволоки в кг	Приблиз. длина 1 кг проволоки	Волоочильный станок
17 волочение	5,3	0,2206	20	1,716	588	Для тонкой проволоки
18 "	4,8	0,1809	20	1,410	714	Для тонкой проволоки
19 "	4,3	0,1452	20	1,131	909	Для тонкой проволоки
20 "	3,8	0,1134	20	0,882	1136	Для тонкой проволоки
21 "	3,4	0,0907	20	0,707	1408	Волоочильная машина для кар- дочного волочения
22 "	3,05	0,0730	20	0,569	1757	
23 "	2,73	0,0585	20	0,456	2174	
24 "	2,52	0,0498	15	0,389	2564	
25 "	2,33	0,0426	15	0,332	3030	
26 "	2,15	0,0363	15	0,283	3571	
27 "	2,00	0,0314	15	0,244	4167	

Следующий пример, взятый из практики, дает представление об уменьшении сечения стальной проволоки при последовательных протяжках. В приводимой ниже таблице указаны переходы при волочении стальной проволоки диаметром соотв. 2,5 мм, 2 мм, 1,5 мм и 1 мм.

Проволока диам. 2,5 мм	Проволока диам. 2 мм	Проволока диам. 1,5 мм	Проволока диам. 1 мм
Катанка: 6 мм	5,5 мм	5,5 мм	4,8 мм
5 мм при 475°	4,9 мм при 475°	4,8 мм при 475°	4,2 мм
4,4 мм отжиг	4,4 мм, отжиг	4,2 мм, отжиг	3,6 мм
		3,7 мм	2,7 мм
После отжига	4,4 мм	3,7 мм	2,7 мм
	3,9 мм	3,2 мм	2,3 мм
	3,4 мм	2,7 мм	1,9 мм
	2,9 мм	2,25 мм	1,55 мм
	2,5 мм	1,85 мм	1,25 мм
	2,0 мм	1,70 мм	1,00 мм

Изготовление патентированной проволоки.

Предназначенная для изготовления троссов стальная проволока с содержанием углерода 0,40% и выше перед протравкой и волочением патентуется. Эта операция заключается в том, что проволоку нагревают до 1000°C и непосредственно вслед за этим охлаждают до температуры около 500°C. Нагрев проволоки производится путем непрерывного протаскивания ее через длинную печь со сводом из пустотелого кирпича (см. выше) или через муфеля, где она постепенно нагревается до желаемой температуры. Непосредственно по выходе из печи проволока, защищенная от доступа воздуха, протаскивается через свинцовую ванну, температура которой составляет ок. 500°C. После этого проволоку наматывают на катушки, на которых она остается до полного остывания. Описанная термическая обработка сообщает проволоке повышенную вязкость.

После нескольких последовательных волочений проволока должна быть снова подвергнута такой же термической обработке, затем ее протягивают до желаемого диаметра.

Патентирование применяется при волочении также пружинной проволоки.

Волочение проволоки из цветных металлов.

При волочении медной, латунной, нейзильберовой и алюминиевой проволоки исходным материалом служит либо литая и затем прокатанная заготовка, либо листовой металл, нарезанный в виде полос.

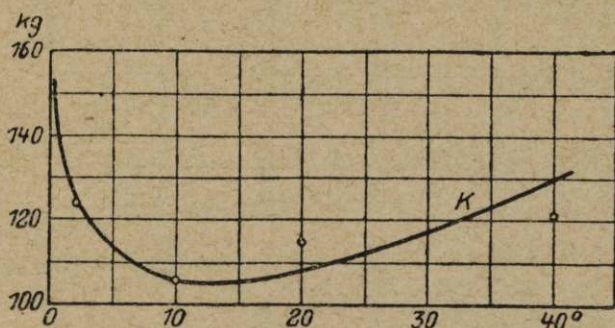
Особенно важное значение имеет волочение медной проволоки, которая идет на изготовление электрических проводов и кабелей. Также и здесь исходным материалом служит литая болванка, напр., квадратного сечения 100×100 мм и длиной ок. 1 метра. Такую болванку прежде всего обдирают на строгальном станке, снимая с нее пористую литейную корку; при этом удаляются обычно также все шлаковые включения и пузыристые части, лежащие непосредственно под коркой. Затем заготовку нагревают до температуры красного каления и прокатывают до диаметра в 7—10 мм. Волочение тонких сортов медной проволоки производится на непрерывных волочильных станках или волочильных машинах.

В качестве ориентировочных цифр для уменьшения сечения медной проволоки при волочении ее можно рекомендовать следующие значения:

Диам. проволоки	Уменьшение диам. на каждом переходе
7—5 мм	1 мм
5—2 мм	0,5 мм
2—1,5 мм	0,2 мм
1—0,5 мм	ок. 0,1 мм

Понятно, что для более тонких номеров проволоки уменьшение диаметра должно быть взято еще меньшим; в зависимости от качеств материала величину его приходится часто менять. Для проволоки диам. 0,08 мм дают уменьшение диаметра в 0,02—0,03 мм.

Возможное уменьшение сечения при протяжке зависит, кроме того, в высокой степени от величины угла, образуе-

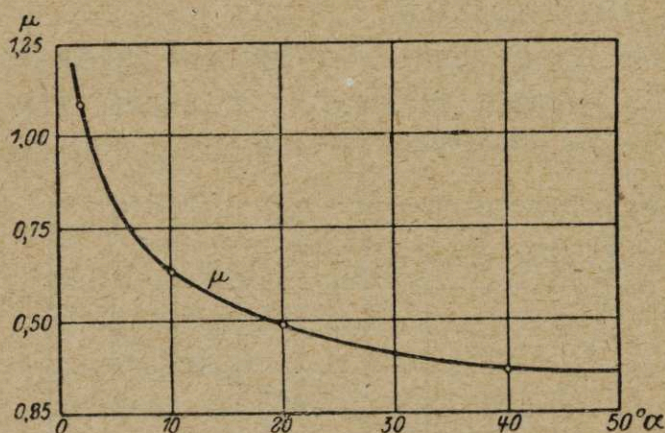


Фиг. 181. Влияние угла профиля волоочильного отверстия на величину потребной для протяжки силы (K).

мого стенками глазка волоочильной доски. Опыты, произведенные над волочением медной проволоки *), для выяснения зависимости между величиною потребной силы протяжки (K) и углом профиля волоочильного отверстия (при уменьшении сечения на 32,3%), привели к результатам, изображенным в форме диаграммы на фиг. 181. Из этой диаграммы были вычислены значения коэффициента трения (μ) в зависимости от угла (α). Кривая, характеризующая зависимость между этими величинами, изображена на фиг. 182. Эта диаграмма показывает, что с увеличением угла α коэффициент трения μ уменьшается, так что дать какую-либо формулу для практического вычисления силы, необходимой для волочения, едва ли представляется возможным.

*) Gewecke. Versuche über Drahtziehen.

Бронзовую и латунную проволоку изготавливают из литых пластин толщиной около 30 мм, прокатываемых до толщины 6—7 мм. Заготовка отливается овальной и при



Фиг. 182. Зависимость между углом (α) профиля волоочильного отверстия и коэффициентом трения (μ).

прокатке, которая производится в поперечном направлении, принимает форму, весьма близкую к круглой. После этого полученную круглую пластину разрезают при помощи дисковых ножниц так, что она превращается в спиральную ленту (от периферии к центру) квадратного сечения. Эту ленту прокатывают с квадрата на круг, затем тянут.

Большие затруднения представляет волочение нихрома (сплав, содержащий 60% никкеля, 12% хрома, 3% марганца и 25% железа), получившего в последнее время широкое применение в качестве сопротивлений в электрических нагревательных приборах и т. д. В приводимой ниже табличке указаны применяемые на практике переходы при волочении нихромовой проволоки. Эти данные, которые следует рассматривать лишь, как ориентировочные, полезно сравнить с приведенными выше цифрами для проволоки красной меди.

Волочение через стальные доски.

Диам. прово-
локи

6	—	5,5	—	5,1		мм, отжиг
5,1	—	4,8	—	4,2	—	3,8 — 3,5 . . мм, отжиг
3,5	—	2,9	—	2,5	—	2,3 мм, отжиг
2,3	—	1,9	—	1,6		мм, отжиг
1,6	—	1,4	—	1,3	—	1,2 — 1,1 — 1,0 мм, отжиг

Волочение через алмазы.

Диам. прово-
локиУменьш. диаметра
на каждом пере-
ходе

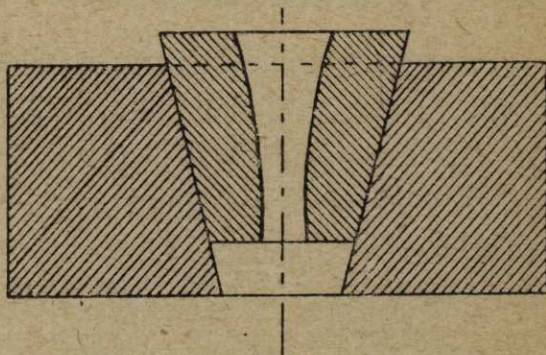
1,0	—	0,75 мм	0,05 мм
0,75	—	0,50 мм, отжиг	0,03 мм
0,50	—	0,20 мм	0,02 мм
0,20	—	0,08 мм	0,02 мм

При волочении нихромовой проволоки через стальные волочильные доски были применены в качестве смазки только смеси с мукой и сало (говяжье). При волочении через алмазы хорошей смазкой оказалась смесь воды с очень мелко истолченным графитом.

Скорости волочения вариировали в пределах от 22 — 23 м/мин для проволоки диам. от 8 до 3 мм и до 33 м/мин для проволоки диам. от 0,65 до 0,08 мм.



Фиг. 183. Пример закрепления алмаза в волочильной доске.



Фиг. 184. Волочильная доска с свободно вставленным стальным глазком.

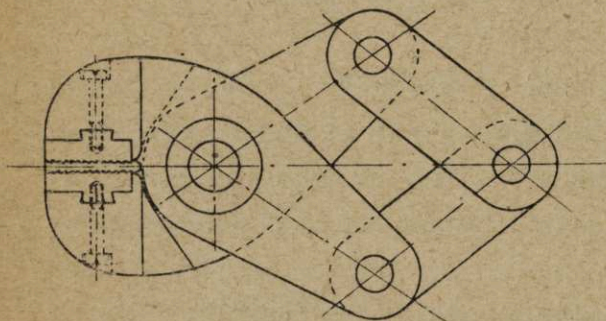
На фиг. 183 показан способ закрепления алмаза в волоочильной доске, который был применен при этих опытах. Волочение через стальные доски производилось при помощи вставных стальных глазков, для того, чтобы после износа отверстия не нужно было выбрасывать всю доску. Устройство и установка вставного глазка показаны на фиг. 184. Как показывает этот эскиз, глазок при такой конструкции имеет хорошее «направление» в волоочильной доске.

Волочение прутковых материалов.

Волочение материалов в форме прутков имеет целью частью—придание поверхности материала блестящего вида, частью—изготовление таких профилей, прокатка которых затруднительна, частью же—придание поперечному сечению прут-

ка более точных размеров (калибровка при помощи волочения).

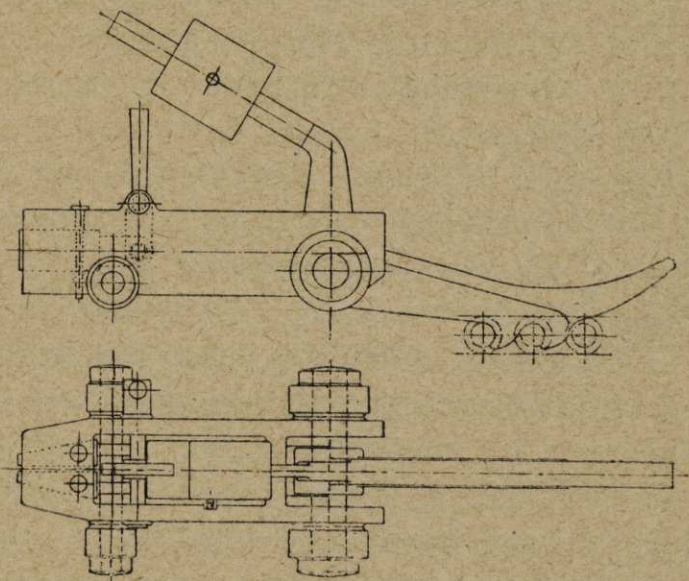
Для волочения прутковых материалов применяются станки примерно тех же типов, как и для волочения (протяжки) труб, т.-е. с цепными колесами



Фиг. 185. Шарнирные клещи (Лягушка).

и галлевской цепью, к верхней части которой прикрепляются клещи, осуществляющие протяжку материала через соответствующее волоочильное отверстие (см. стр. 319). Шкив станка должен быть снабжен фрикционным сцеплением, допускающим плавный, без толчков, пуск машины. Протяжной станок, изображенный на стр. 319, имеет двойной зубчатый перебор для двух рабочих скоростей. Вся станина сделана несколько наклонной для облегчения возврата в исходное положение тележки с клещами, когда волочение окончено.

Тележки станков для большой производительности снабжаются обычно шарнирными клещами (фиг. 185), для малой производительности — фрикционным захватом по фиг. 186. Тележка движется по рельсам, проложенным по верху станины. Когда тележка подходит к концу своего пути, крюк, скрепляющий ее с цепью, поднимается кверху поперечным валиком, расположенным близ заднего конца рельс, причем



Фиг. 186. Волоочильная тележка с фрикционным захватом.

тележка расцепляется. Во время обратного хода тележки особый противовес удерживает крюк поднятым кверху; в должный момент, опуская крюк вниз, зацепляют его за звено непрерывно движущейся цепи Галля.

Шарнирные клещи захватывают материал в начале волочения автоматически, благодаря тому, что сила сопротивления протяжке раздвигает шарнирный четырехугольник в горизонтальном направлении, сближая при этом губки клещей. Напротив, тележки с фрикционным захватом работают не автоматически. Они удерживают протягиваемый материал при помощи кулаков, направляемых при своем движении так, что зажимные плоскости их постоянно остаются

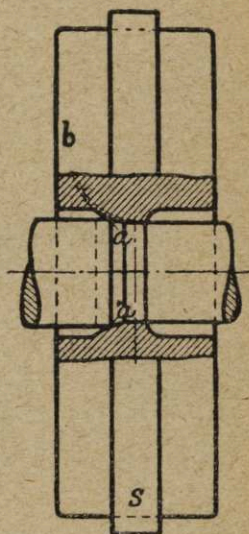
параллельными одна другой. Для зажима прута достаточно сблизить эти кулаки поворотом рукоятки. Волоочильные клещи этого типа применяются при силе тяги не свыше 10 тонн.

Станки для волочения прутковых материалов строятся для силы тяги от 3 до 30 тонн при скорости волочения от 3 до 14 *м/мин.* Длина этих машин составляет от 5 до 8 метров. Максимальная длина волочения пруткового материала на этих станках обычно не превышает 10 метров. Для волочения прутковых материалов пользуются также гидравлическими протяжными станками тех же типов, как и для протяжки труб.

Волоочильные доски, применяемые для протяжки прутковых материалов, либо одинаковы по устройству с теми, которые служат для волочения проволоки, либо имеют совершенно специальную конструкцию. Для прутков сечением от 20 до 2,5 *мм* можно пользоваться чугунными досками, закаленными отливкою в изложницу. Волоочильное отверстие отличается коническим с уширением к той стороне, куда заводится проволочиваемый материал. Однако, глазок отливается не сквозным: в конце более узкой стороны его при отливке оставляют донышко в виде тонкого слоя металла, который затем выбивают, после чего выходное отверстие глазка отделяют разверткой. Обычно эта операция производится при помощи четырехгранной машинной развертки, работающей на тихом ходу; в результате обработки, в конце глазка получается цилиндрическая часть длиной от 1,5 до 5 *мм*, в зависимости от диаметра отверстия. Толщина волоочильных досок составляет от 25 до 40 *мм*. Изготовление таких чугунных досок обходится дешевле, и изношенные волоочильные отверстия можно развертывать до ближайшего большего размера. Продолжительность службы их примерно в 10 раз больше срока службы волоочильных досок из инструментальной стали, но для успешного изготовления их необходим большой опыт. По имеющимся данным, через такую волоочильную доску

можно протянуть в среднем 1200 метров пруткового материала диам. 32 мм, прежде, чем понадобится развертывать очко.

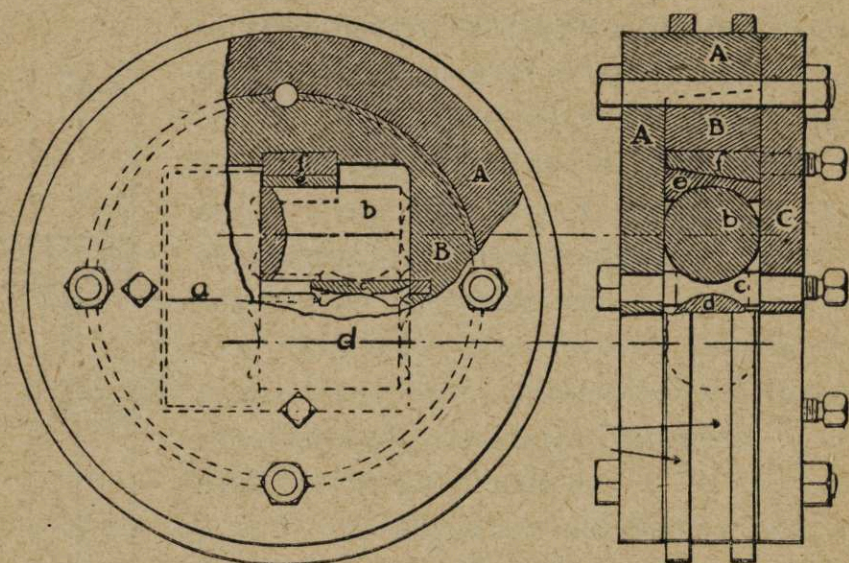
Для волочения валов нередко применяют в качестве волочильной доски колесо железнодорожного вагона с закаленной (отливкой в изложницу) втулкой. Такая «волочильная доска» с глазком диам. 76 мм изображена на фиг. 187. К стороне входа волочильное отверстие уширяется; профиль его к этой стороне очерчен по окружности радиуса около 50 мм, а далее переходит в цилиндрическую часть длиной ок. 20 мм. Когда закругление уступа у *a* станет чрезмерно большим (вследствие срабатывания), закругление *b*, очерченное по указанному радиусу, сошлифовывают или обрабатывают разверткой так, чтобы снова получить прежний профиль рабочей части глазка. Когда длина цилиндрической части отверстия уменьшится примерно до 3 мм, его расширяют до ближайшего большего диаметра вала. Для укрепления колеса его стягивают железным кольцом *S*, насаживаемым в горячем виде.



Фиг. 187. Волочильная доска, сделанная из вагонного колеса.

На стр. 345—346 (фиг. 165—167) уже было показано несколько простейших способов устройства регулирующих волочильных отверстий. На фиг. 188 изображен универсальный инструмент для протяжки полосовых или прямоугольных профилей. Державкою собственно волочильного инструмента является коробка *A*, в которую вставлено коническое снаружи кольцо *B*, удерживаемое на месте посредством крышки *C*, скрепленной с коробкой *A* четырьмя болтами. В задней стенке коробки *A* и в крышке *C* сделаны отверстия для пропуска материала. Волочильное отверстие образуется четырьмя цилиндрами *a*, *b*, *c* и *d* диаметром

97 мм. Цилиндры *b* и *d* снабжены по торцам двумя идущими накрест канавками, форма которых отвечает боковой поверхности цилиндра *a*. Цилиндр *c*, расположенный между *b* и *d*, очень короток; длиной его определяется толщина протягиваемого материала. Торцы цилиндра *c* соответствуют форме



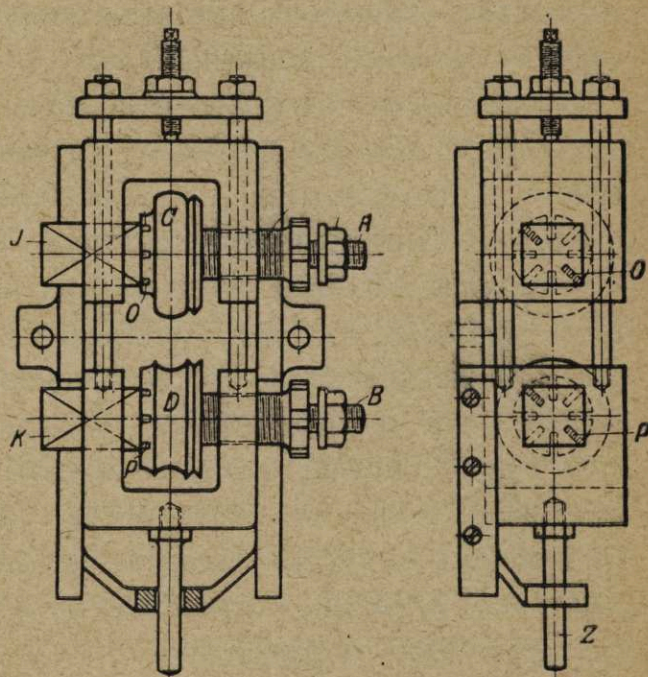
Фиг. 188. Регулирующая волочильная доска.

боковой поверхности цилиндров *b* и *d*. Цилиндр *a* расположен со стороны торцов *b* и *d* и имеет единственным назначением направлять оба эти цилиндра так, чтобы они не могли поворачиваться во время протяжки. Точно так же не может вращаться и цилиндр *c*, фасонные торцы которого прилегают к боковым поверхностям цилиндров *b* и *d*. Таким образом, волочильное отверстие ограничено слева цилиндром *a*, справа—цилиндром *c*, сверху и снизу— цилиндрами *b* и *d*. Все эти цилиндры можно подтягивать и в известных пределах переставлять при помощи двойных клиньев с винтами (*e* и *f*), благодаря чему размеры волочильного отверстия можно сохранять неизменными, несмотря на неизбежный износ цилиндров. Кроме того, продолжительность срока службы такого составного глазка увеличивается еще и тем, что, по мере

срабатывания определенной части поверхности цилиндров, их можно поворачивать на $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{2}$ оборота или перевертывать на 180° , обменивая местами торцы. Протачивая канавки соответствующей формы на боковых поверхностях цилиндров, можно получать волочильные отверстия 6-ти и 8-мигранные, овальные и т. д.

Величину и профиль волочильного отверстия, образуемого описанным инструментом, можно, следовательно, изменять лишь путем смены цилиндров, перестановка же последних дает возможность регулировать только износ. Действительно регулирующееся волочильное отверстие изображено на фиг. 189.

Обе детали *C* и *D*, образующие очко, также и здесь имеют



Фиг. 189. Регулирующаяся волочильная доска (по патенту Браун, Бовери и К°).

форму тел вращения, однако, во время волочения сами они не вращаются. Каждый из этих роликов свободно сидит на своем валике, один конец которого имеет форму четырехгранника (соотв.—*I* и *K*), а другой—нарезан (соотв. *A* и *B*). Квадраты *I* и *K* снабжены зубцами (кулаками) *O* и *P*, которые входят в соответствующие выемки на торцах роликов *C* и *D* и неподвижно закрепляются в них при помощи резьбы на шпинделях. Числа зубцов и выемок определяют число различных возможных рабочих положений роликов

С и *Д*. Ось каждого из этих роликов лежит в подшипниках салазок (отдельных для каждого ролика), относительное положение которых можно изменять посредством четырех установочных винтов, упорных контр-винтов и направляющего центра *З*. Само собою разумеется, что точно таким же образом можно применять и несколько фасонных роликов, образуя при помощи их совершенно замкнутый профиль. Описанное устройство, охраненное патентом, применяется для волочения прутков фасонных профилей.

Волочение круглого и квадратного железа.— В качестве материала в этих случаях применяется литое железо с содержанием углерода обычно в пределах от 0,1 до 0,25 %. Прежде всего прутки отравливаются и промываются; при этом вся грязь должна быть удалена с поверхности. Круглый материал протягивается через очко, диаметр которого меньше диаметра прутка приблизительно на 1,5 мм. Также и для других сечений размеры волочильного отверстия берутся пропорционально меньшими размеров сечения материала. После протяжки прутки выпрямляют, сначала— на правильном станке или машине, затем—ручным способом, разрезают на концы определенной длины и смазывают для предохранения от ржавчины.

Волочение валов. — Диаметр волочильного отверстия для протяжки валов делают на 0,02 до 0,03 мм меньше диаметра готового вала. Во время волочения отверстие немного раздается, причем диаметр его увеличивается как раз настолько, что вал, пропущенный через это отверстие, получает в точности надлежащие размеры. Следует, впрочем, заметить, что сколько-нибудь заметного увеличения наружных размеров глазка заметить при этом не удастся. Понятно, что в то время, когда происходит волочение, измерять волочильное отверстие нельзя. Уменьшение диаметра при волочении составляет обычно 1,5 мм для всех диаметров между 20 и 125 мм, но нередко берется и больше. При обработке

материала диаметром меньше 20 мм одновременно тянут четыре прута сквозь такое же число отверстий волочильной доски. Для такого тонкого материала уменьшение диаметра составляет около 0,8 мм. При диаметрах между 20 мм и 48 мм тянут по два прута сразу. Во время волочения валы в большей или меньшей степени изгибаются во всевозможных направлениях, несмотря на то, что сила тяги действует на них только в продольном направлении. При волочении нескольких валов одновременно наблюдается также и другое своеобразное явление: замечается, что одни валы уходят вперед, другие—отстают, хотя захваты и не допускают больших отклонений в этом отношении.

Скорость волочения валов составляет около 5 м/мин. В качестве примера, показывающего, какие сравнительно большие силы требуются для волочения, можно привести следующие цифры: для протяжки прута диам. 27 мм через отверстие диам. 25,4 мм требуется сила около 6800 кг, а для протяжки прута из такого же материала диам. 52,4 мм через отверстие диам. 50,8 мм требуется сила тяги около 13600 кг.

Волочение увеличивает прочность и твердость валов, но весьма значительно уменьшает тягучесть материала. Иногда во время прохода через волочильное отверстие прут ломается; в этих случаях поверхность излома напоминает по виду крепкий чугун. Такие поломки во время волочения могут иметь место и тогда, если материал покажет до того относительное удлинение в 25% еще до наступления разрыва бруска.

Волочение тонких прутков более или менее сложного фасонного профиля производится следующим образом. Прежде всего прутки или проволоку протягивают сквозь составной глазок, образованный несколькими резцами соответствующей формы. При этом сечение материала принимает форму, более или менее близкую к требуемому профилю. После этого прутки протягивают обычным порядком через волочильное отверстие.

ЛИТЕРАТУРА.

- Г. Альтпетер. Волочение железной и стальной проволоки ('28).
- И. А. Афанасьев. Курс заводских машин (Литограф., 1888).
- Л. А. Бишлягер. Прокатка труб по способу Маннесманна (1891).
- В. Белов. Исторический очерк Уральских горных заводов (1896).
- Н. С. Верещагин. Курс заводских машин (Литограф., '08).
- Н. С. Верещагин. Введение в изучение прокатных станов и определение работы, необходимой для продольной прокатки ('08).
- Н. С. Верещагин. Выбор двигателей при прокатных станах в зависимости от их эксплуатации ('10).
- Н. С. Верещагин. Универсальные прокатные станы ('10).
- Н. С. Верещагин. Альбом детальных чертежей прокатных станов, вспомогательных устройств при них и общих расположений прокатных мастерских (88 табл.).
- И. Бернацкий. Приспособления для уборки горячего железа от прокатных станов ('11).
- А. Виноградов. Основы калибровки прокатных валков ('25).
- И. Воскресенский. Производство стальных труб без шва ('22).
- А. П. Герман. Машины для горячей обработки металлов.
- В. Е. Грум-Гржимайло. Металлургия стали. Часть II. Теория прокатки и калибровки прокатных валков ('10).
- В. Е. Грум-Гржимайло. Пламенные печи ('25).
- А. П. Гавриленко. Механическая технология металлов. Часть III ('25), стр. 65 — 264.
- Леон Жез. Ковка и прокатка. Часть II. Прокатка ('28).
- Г. Леобнер. О маннесманновском способе прокатки труб (1898).
- В. Липин. Заметки о некоторых металлургических производствах С.-А. С. Штатов.
- Л. Б. Левенсон. Проект реверсивного обжимного стана ('14).
- В. В. Парийский. Прокатка железа и стали ('27).
- А. Ф. Родзевич-Белевич. Детали прокатных устройств ('12).
- А. Ф. Родзевич-Белевич. Успехи прокатного дела (Ежегодное издание с '08 по '15 г.).
- Н. Н. Саввин. Курс механической технологии металлов. Часть I ('12), стр. 1 — 32 и 150 — 191.
- П. В. Сахаров. Исследование вопроса об отжиге котельного железа после прокатки ('27).
- А. И. Сидоров. Трубы и их соединения.
- П. Сюев. Валы листокатальные и калиброванные (1898).

- И. А. Тиме. Справочная книга для горных инженеров и техников (1898).
Р. Тонков. Прокатка и калибровка ('01).
„Орга-Справочник“. ('26), Том II, стр. 293 — 397.
„Hütte“. Справочная книга для металлургов ('27), стр. 632 — 875.
Общесоюзные Стандарты (ОСТ), 8 — 31.
H. Altpeter. Beiträge zur Kenntnis des Einflusses des Drahtziehens auf die Eigenschaften der Flusseisendrähte, speziell auf deren Festigkeit und Biegsamkeit ('14).
Th. Beckert. Leitfaden der Eisenhüttenkunde. III. Metallurgische Technologie (1900).
A. Bousse. Die Fabrikation von Nahtröhre ('08).
A. Brovot. Das Kalibrieren der Walzen.
Dehez. Walzenkalibrierungen.
Dürre. Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten.
O. Döhner. Geschichte der Eisendrahtindustrie ('25).
N. Gärtner. Ueber Weissblechfabrikation (1888).
H. Gewecke. Ueber die Einwirkung von Strukturveränderungen auf die physikalischen, insbesondere elektrischen Eigenschaften von Kupferdrähten und über die Struktur des Kupfers in seinen verschiedenen Behandlungsstadien ('09).
H. Hanemann. Einführung in die Metallographie und Wärmebehandlung ('15).
I. Hauer. Die Hüttenwesenmaschinen (1876). Supplement (1887).
J. E. Hermann und P. van Audel. Selbstkostenberechnung in Walzwerken und Hütten ('26).
A. Holverschaid. Walzwerke ('23). Есть русский перевод '25 г.
E. Kirchberg. Grundzüge der Walzenkalibrierung ('02).
J. Kollmann. Ueber die Festigkeit des erhitzten Eisens.
Fr. Kick. Vorlesungen über mechanische Technologie. ('08).
Fr. Kick. Das Gesetz der proportionalen Widerstände (1885).
A. Lautz. Einwirkung der Temperatur auf die Biegefähigkeit von Flusseisen- und Kupferdrähten ('14).
A. Nadai. Der bildsame Zustand der Werkstoffe.
I. Puppe. Versuche zur Ermittlung des Kraftbedarfs an Walzwerken ('09).
Есть русский перевод '10 г.
I. Puppe. Weitere Versuche zur Ermittlung des Kraftbedarfs an Walzwerken ('10).
A. Rejtö. Die innere Reibung der festen Körper (1897).
F. Peter. Die Kupplungen der Walzwerke.
R. Seyrisch. Ueber die Einwirkung des Ziehprozesses auf die wichtigsten technischen Eigenschaften des Stahles ('11).
Tafel. Walzen und Walzenkalibrierung.
M. Georgeot. Fabrication du fer blanc ('07).
L. Geuze. Traité théorique et pratique du laminage du fer et de l'acier (1900).
S. Jordan. Album du cours de métallurgie.
F. Neveu et L. Henry. Traité pratique du laminage de fer (1881).

- E. Choteau. Laminage du fer et de l'acier.*
A. T. Adam. Wire-Drawing and the Cold Working of Steel ('25).
Bradley and Stoughton. The Metallurgy of Iron and Steel ('25).
F. W. Dencer. Detailing and Fabricating Structural Steel ('24).
H. Dunnell. British Wire-Drawing and Wire-Working Machinery ('25).
D. Kirkaldy. Experiments on Iron and Steel.
W. H. Sellew. Steel Rails, Their History, Properties, Strength and Manufacture.
P. Goerens. On the Influence of Cold Working and Annealing on the Properties of Iron and Steel.

Периодические издания.

- Журнал Русского Металлургического Общества.*
Горный Журнал.
Записки Екатеринославского Отделения Русского Технического Общества.
Бюллетени Политехнического общества.
Вестник Инженеров.
Техника и Производство.
Уголь и Железо.
Вестник Металлопромышленности.
Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.
Stahl und Eisen.
Glückauf.
Dinglers polytechn. Journal.
Kohle und Erz.
Zentralblatt der Hütten und Walzwerke.
Anzeiger für die Drahtindustrie.
Mitteilungen des Kgl. Materialprüfungsamtes.
Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleiss.
Monatshefte für den Kaltwalzer.
Draht-Welt (Halle).
Berg- und Hüttemannisches Jahrbuch.
Revue de Métallurgie.
The Iron Age.
The Blast Furnace and Steel Plant (Pittsburgh).
Engineering.
Journal of the Iron and Steel Institute.
The Iron and Steel Magazine.
Mechanical Engineering.
Transactions of the American Society of Mechanical Engineers.
Journal of the Institute of Metals.
Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers.
Jernkontorets Annaler.

ОГЛАВЛЕНИЕ IV ТОМА.

Введение.

	Стр.
Обработка, основанная на перемещении частиц материала . . .	7
Явления внутри тела, сопровождающие процесс формоизменения . . .	11
Влияние скорости деформаций на эффект работы	24
Влияние различных факторов на ковкость металлов	29

Прокатка.

Принцип работы прокатных станов и основы их конструкции . . .	45
Классификация прокатных станов	62

Детали прокатных станов.

Фундаменты	69
Прокатные валки и их калибровка	71
Прочие детали прокатных станов	94
Устройства для установки и настройки валков	102
Проводки	111
Универсальные и непрерывные прокатные станы	115
Работа прокатки	120
Двигатели для прокатных станов	127
Транспортные устройства прокатных мастерских	142
Вспомогательные машины прокатных мастерских	165
Печи и томильные колодцы	187

Прокатные сорта железа и стали и производство их горячей прокаткой.

Классификация прокатного железа и стали	198
Общие замечания о работе у прокатного стана	201
Прокатка листовых материалов	203
Прокатка сортового и фасонного железа	211
Прокатка проволоки	219

Специальные прокатные станы.

	Стр.
Универсальные прокатные станы для балок Грея	224
Станы для прокатки бандажей, дисковых колес и колесных центров	229
Прокатные станы с эксцентрическими или неполными ручьями	234
Прокатка цветных металлов и сплавов	236
Холодная прокатка	239

Производство труб.

Введение.

Классификация труб	251
Железные трубы	254
Сварные трубы	255
Бесшовные трубы	275
Печи	313

Трубы из цветных металлов.

Паянные трубы	314
Бесшовные трубы	314
Холодное волочение труб	317
Прессование труб и прутковых материалов	327

Волочение проволоки и прутковых материалов.

Общие замечания о волочении	335
---------------------------------------	-----

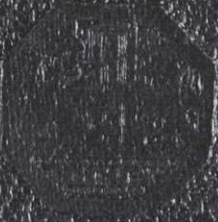
Волочение проволоки.

Общие замечания	347
Волочильные станки	350
Шпицовальные машины для проволоки	363
Отжиг проволоки	366
Травление и промывка	370
Работа на волочильных станках	376
Изготовление патентированной проволоки	383
Волочение проволоки из цветных металлов	384
Волочение прутковых материалов	388
Литература	396



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY