

P1.1964³

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

ОСКАР БЕРГМАН

ГОРЯЧАЯ
ОБРАБОТКА
МЕТАЛЛОВ

КНИГА

P.1.1964

ОСКАР БЕРГМАН

ГОРЯЧАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Том III

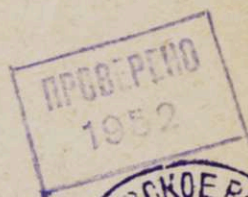
ЛИТЕЙНОЕ ДЕЛО

Часть II

Перевод с последнего шведского издания инж. С. А. и Э. М. Яцовских с доп. инж. Б. А. Юнгмейстера под редакцией и с дополнениями профессора А. Н. ЕГОРНОВА

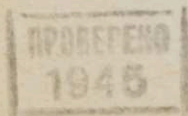
102 черт. и рис. в тексте

✓
11964
Дрозд, 1935



„КНИГА“

ЛЕНИНГРАД — 1929 — МОСКВА



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

Ленинградский Областлит № 22.509.

Тираж 4200—16 $\frac{1}{4}$ л.

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

ПРОИЗВОДСТВО
ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

Материалы для чугунных отливок.

Хорошая отливка должна удовлетворять всем требованиям, которые могут быть предъявлены к ней в отношении механических свойств, формы и внешнего вида изделия. Важнейшим условием получения хорошей отливки является правильный выбор чугуна, состав и свойства которого вполне соответствовали бы назначению отливки. При производстве литья необходимо принимать во внимание некоторые свойства чугуна не только при формовке изделия, но также и при плавке чугуна и его отливке. Наиболее важными являются следующие свойства чугуна:

1. При застывании расплавленной массы чугуна выделяющиеся кристаллы имеют иной состав, нежели основная масса маточного раствора. Это явление может вызвать так называемую сегрегацию или ликвацию примесей.

2. Способность давать неравномерную структуру при за-твердевании.

3. Способность чугуна поглощать газы.

4. Свойство чугуна сжиматься при переходе из жидкого состояния в твердое, т.-е. давать так называемую усадку.

Сегрегация, т.-е. свойство сплавов выделять при за-стывании кристаллы других составов, нежели основная масса сплава, уже описывалась вкратце в первом томе настоящего издания.

Разница удельных весов компонентов сплава также может вызывать сегрегацию, так как более тяжелые частицы стремятся опуститься вниз, а более легкие — подняться

и занять место первых. Образование в чугуна графита также может рассматриваться как своего рода сегрегация, которая, как и всякая другая сегрегация, может уменьшаться или увеличиваться, в зависимости от температуры и скорости охлаждения сплава. Поэтому при медленном остывании крупных отливок из чугуна внутренняя часть изделия получается более богатую графитом, нежели поверхностные ее части.

В чугуна часто выделяются кристаллы, представляющие собою сплавы железа различного состава в виде небольших включений, величиной от хлебного зерна до грецкого ореха. Эти включения могут быть либо плотно вкраплены в основную массу металла, либо располагаться в пустотах, которые образуются вследствие растворения в чугуна газов. Если при механической обработке в отливке обнаруживаются подобные пороки, то такое изделие бракуется. Эти включения очень тверды и легко портят, «съедают» обрабатывающий инструмент. При механической обработке ликвация легко обнаруживается, так как режущий инструмент, дойдя до того места отливки, в котором имеются включения, начинает брать более короткую, тонкую стружку.

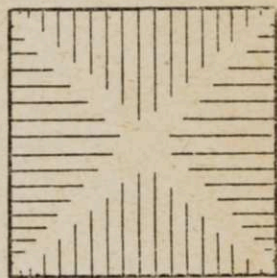
Иногда ликвационные пороки встречаются на поверхности изделия. Это может быть объяснено тем, что более легкоплавкие сплавы компонентов чугуна остаются еще в жидком состоянии, тогда как основная масса металла уже затвердевает и создает при своей усадке давление, которое и выдавливает получившееся таким образом ликвационное включение к поверхности отливки.

В изделиях, отливаемых в открытую песочную форму, подобная ликвация встречается в виде небольших комочков на наружной поверхности отливки. При отливке в закрытую форму включения сплющиваются и принимают кольцеобразную форму. Эти включения иногда бывают настолько малы, что составляют доли миллиметра. Когда такие сегре-

гационные включения бывают большого размера и в значительном количестве, они придают изделию грубый вид.

Включение, богатое фосфором, содержит углерод и кремний в меньшем количестве, нежели остальная масса металла, поэтому такие включения более легкоплавки и жидкоподвижны. Встречаются ликвационные зоны, которые содержат главным образом железо и марганец. Эти зоны более тугоплавки, нежели основная масса металла.

Кристаллизация чугуна при остывании. Различные части литого изделия, в зависимости от своей формы, обладают в большей или в меньшей степени неодинаковой прочностью, вследствие влияния так называемой «поперечно-зональной столбчатой кристаллизации». Для пояснения представим себе только что отлитый куб. Кристаллизация при охлаждении начинается от граней в виде шести пирамидок, вершины которых обращены к центру куба. Диагонали (фиг. 1) представляют собой линии стыков, растущих при охлаждении кристаллов и являются местами слабости, которые уменьшают общую прочность отливки. Помимо

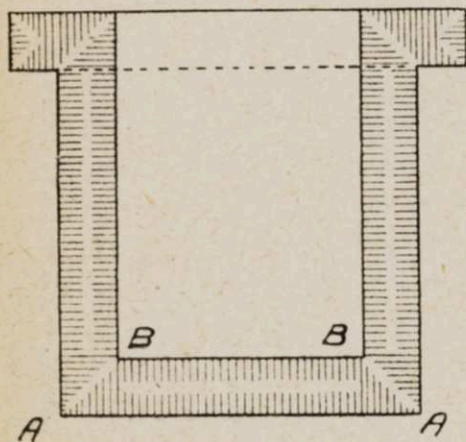


Фиг. 1.

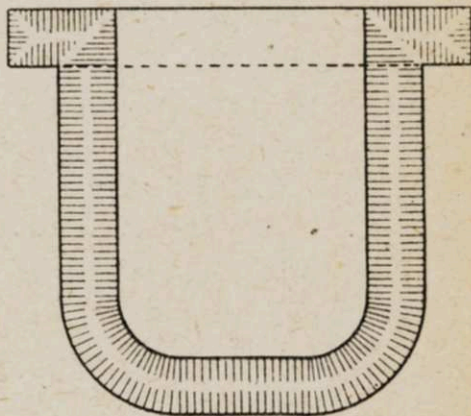
чисто механического ослабления отливки вследствие неравномерной структуры, полости между кристаллами, стыковые плоскости, схематически изображенные в виде диагоналей, застывают последними, вследствие чего они особенно сильно загрязнены, поражены сегрегацией и заключают в себе газовые пузыри и усадочные пустоты. При выборе формы отливки необходимо всегда учитывать характер кристаллизации при охлаждении изделия. Например, гидравлический цилиндр, отлитый так, как изображено на фиг. 2, будет ломаться по линиям $A-B$, несмотря на то, что поперечное сечение в данном месте больше, нежели в остальной части

изделия. При форме изделия, показанной на фиг. 3, т.-е. с закругленными краями, отливка получается более прочной.

Газы в чугунах. В расплавленном виде сплав железа и углерода (чугун, сталь или мягкое железо) всегда содержит в большем или меньшем количестве газы. Газы могут либо поглощаться из атмосферы, либо образовываться в самом



Фиг. 2.



Фиг. 3.

металле в результате химических реакций. Содержание газов в металле зависит прежде всего от химического состава самого металла. Чем меньше содержание примесей, тем сильнее происходит газообразование. Таким образом, в мягком железе и стали газы образуются легче, нежели в чугунах. Углерод и кремний противодействуют образованию газов в чугунах. Содержание марганца свыше 1% ведет к значительному выделению газов в жидком чугунах. В сортах чугуна, богатых марганцем, но содержащих мало углерода и кремния, выделение газов происходит настолько энергично, что капли металла выбрасываются из ковша в виде целого дождя искр. Газовые пузыри, т.-е. пустоты в металле, образуются в результате присутствия газов и вызываются следующими причинами:

1. Газы, поглощаемые металлом извне, частью выделяются при отливке, а частью остаются в чугуне и ведут к образованию пузырей. Если жидкий металл подвергнуть сильному давлению, то можно в той или иной мере удалить газы из металла. Для получения плотных отливок устраиваются большие вертикальные литники, в которых жидкий металл создает значительное давление.

2. При отливке воздух увлекается струей жидкого металла. Когда чугун отливается в форму, в которой газы имеют выход только через толщу расплавленного металла, жидкий чугун поглощает и удерживает в себе захваченный воздух, который при этом естественно сильно нагревается и увеличивается в объеме в 4 — 5 раз. Таким образом, даже небольшое количество поглощенного воздуха занимает в расплавленном металле значительный объем.

3. Газы могут образовываться в металле и вследствие химических реакций, происходящих в жидком металле. В жидком металле всегда растворено некоторое количество закиси железа, которая дает с углеродом чугуна окись углерода. Жеребейки или холодильники, покрытые ржавчиной, производят такое же действие. При отливке тонкой и длинной или разбрызгивающейся струей металл легко покрывается пленкой окислов, которые, реагируя с углеродом, также ведут к образованию окиси углерода.

4. К образованию пузырей ведет и влага, попадающая тем или иным путем в металл, напр., вследствие «кипения» недостаточно просушенной шишки, так как водяной пар занимает объем, значительно превосходящий объем жидкой воды.

5. Введение в расплавленный чугун холодного металлического предмета, например, при перемешивании, также способствует газообразованию, так как в мельчайших порах заключается воздух и другие газы, которые, попадая в расплавленный металл, нагреваются и, расширяясь,

увеличиваются в объеме. Кроме того, перемешивание ванны нарушает установившееся химическое равновесие и является толчком, который заставляет продолжаться приостановившиеся реакции.

Усадка. Усадкой, как уже ранее указывалось, называется уменьшение объема металла при переходе его из жидкого состояния в твердое. Усадка обычно бывает в большей или меньшей степени неравномерной. Серый чугун в момент затвердевания несколько расширяется и только затем снова продолжает сжиматься. Можно различать два вида усадки: усадка в жидком и усадка в твердом состоянии. Усадка в жидком состоянии, помимо уменьшения объема отливки, ведет к образованию пустот, так наз. *усадочных раковин*, с которыми, как уже упоминалось выше, борются при помощи прибылей и больших литников. Влияние различных элементов чугуна на усадку отмечалось на стр. 54 Тома I настоящего издания. Даже у одного и того же металла усадка может быть различной, несмотря на совершенно одинаковый состав. На величину усадки влияют следующие факторы:

1. Перегрев металла перед отливкой. Чем горячее металл, тем больше его усадка.

2. Скорость охлаждения. Напр., чугун с большим содержанием графита сжимается меньше, нежели чугун, в котором углерод находится большей частью в связанном состоянии, так как большая или меньшая скорость охлаждения ведет соответственно к большему или меньшему выделению графита.

3. Толщина изделия. Отливка, имеющая большую массу, медленно охлаждается и, следовательно, дает меньшую усадку, нежели более тонкое изделие.

4. На величину усадки влияет также характер формовки. Изделие, отлитое в сырую форму или в кокилли, остывает быстрее, нежели изделие, отлитое в сухую форму, что и вызывает соответственно большую усадку.

Литейная техника, таким образом, имеет возможность уменьшать усадку, изменяя условия формовки, отливки и состав металла, равно как и регулируя скорость охлаждения всей отливки или ее отдельных частей.

Застывание отливки начинается от поверхности, прилегающей к стенкам формы и идет внутрь к основной массе металла. У поверхности отливки образуется твердая корка металла, которая, сжимаясь при своей усадке, выдавливает оставшийся еще жидким металл. Затвердевание переходит, таким образом, к середине изделия и продолжается до тех пор, пока в жидком состоянии останется только небольшое количество металла, которое при своем затвердевании и усадке образует полость пустоты большего или меньшего размера. Эти пустоты могут залегать довольно глубоко в массе отливки, либо выходить к самой поверхности, отделяясь от наружного воздуха только тонкой стенкой, либо совсем обнажаться. Подобные усадочные раковины часто приводят отливки в негодность. Мерами борьбы с усадочными раковинами является возможное уменьшение усадки, а главным образом установка «прибылей». Прибылью называется придаток, устанавливаемый на тех частях отливки, в которых можно ожидать появления усадочной раковины. Усадочная раковина образуется обычно в тех частях отливки, которые застывают последними, поэтому прибыль должна быть достаточно массивной, чтобы сохранять в себе жидкий металл после того, как вся отливка затвердеет. В целях лучшего поддержания прибылей в расплавленном состоянии, прибыля тем или иным способом утепляются. Помимо своего прямого назначения сосредоточивать усадочную раковину, прибыля собирают в себе также загрязнения, примеси и газы в чугунах.

Охлаждение литого предмета происходит обычно с различной скоростью, большей или меньшей, вследствие чего разные части отливки имеют неодинаковую усадку. Такая

неравномерная усадка создает при охлаждении литого изделия внутренние натяжения, которые могут вызвать трещины и даже разрушение изделия. Так, например, обод махового колеса имеет массу, во много раз превосходящую массу спицы; поэтому, когда спицы затвердевают, обод может находиться еще в жидком состоянии. Когда, наконец, обод также затвердевает, то при своей усадке он сжимается и производит иногда такое сильное давление на спицы, что они могут сломаться. Кроме того, при неудачном расположении изделия при отливке, установке и размерах литников и прибылей, обод может служить прибылью для остальных частей, и, следовательно, включить в себя значительную усадочную раковину. Другим примером искривления литого изделия при охлаждении может служить отливка длинной плиты в открытую песочную форму. При охлаждении концы плиты загibaются кверху, так как они первыми затвердевают и сжимаются при своей усадке.

Для устранения или уменьшения натяжений, которые возникают при отливке и коробят изделие, служат следующие меры:

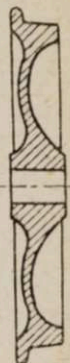
1. Изделие, по возможности, должно иметь одинаковую, или более или менее равномерную толщину.

2. Скорость охлаждения необходимо так регулировать, чтобы остывание происходило возможно равномернее. Для этой цели после отливки форму раскрывают, заставляя крупные части отливки охлаждаться более быстро, в то время как небольшие части изделия, охлаждающиеся сами по себе быстрее, покрывают нетеплопроводным материалом — асбестом, песком и т. д.

3. Изделию придают форму, благоприятствующую равномерному охлаждению.

4. Для избежания коробления при отливке, модели для формовки некоторых деталей устраиваются иногда заведомо неправильной формы, которая не вполне соответствует форме

изделия. Модель конструируется с таким расчетом, чтобы после коробления отливки изделие приняло требуемую форму. Например, модель прямой плиты делается изогнутой для того, чтобы компенсировать искривление при охлаждении изделия. Этот же способ нередко применяется при отливках длинных станин и оснований машин. В некоторых случаях рассчитать возможное искривление при охлаждении бывает очень затруднительно, даже при большом опыте. Так, например, иногда шкивы устраиваются с изогнутыми спицами. Спицы должны иметь кривизну, направленную выпуклостью в сторону, противоположную той, при которой получается искривление от усадки. В этом случае изгибающее действие усадки будет до некоторой степени ослаблено. Для той же цели маховые колеса часто делаются составными из 2-х частей, с разъемом по ободу и ступице. Вагонные железнодорожные колеса иногда устраиваются без спиц в виде сплошного диска, который имеет изогнутую форму (фиг. 4).



Фиг. 4.

Составление шихты.

В зависимости от назначения и конструкции отливок изменяется и состав чугуна. Чугун, полученный непосредственно из доменной печи, обычно не удовлетворяет тем требованиям, которые предъявляются к чугуну при производстве отливок. Для получения требуемого состава отливки чугун, расплавляемый в вагранке или пламенной печи, смешивается из нескольких сортов, подобранных таким образом, чтобы при расплавлении получился металл надлежащего состава.

Смешение чугуна (или так называемая шихтовка) раньше производилось на основании данных практики и личного опыта мастера. В прежнее время шихта часто составлялась вообще случайно из тех материалов, которые оказывались

в данный момент «под рукой». Отливки из такого чугуна не всегда были удовлетворительными, так как состав их часто не соответствовал рабочему назначению изделия. Иногда одна и та же шихта употреблялась для различных целей. Теперь к чугунным изделиям предъявляются более высокие требования в отношении плотности отливок, допусков в размерах, прочности, твердости, внешнего вида отливки и т. п. Кроме того, современная техника требует чугунные изделия более сложной формы, большего веса и т. д. Все эти обстоятельства заставляют относиться к подбору шихтовых материалов с сугубой тщательностью, напр., как правило, составляя шихту на основании химического анализа, так как часто чугуны одной и той же марки имеют неодинаковый состав.

При правильной шихтовке улучшается качество отливок и повышается рентабельность производства, так как рациональная шихтовка часто дает возможность заменять дорогие сорта чугуна более дешевыми.

Для простого чугунного литья свежий доменный чугун может заменяться в той или иной пропорции чугунным скрапом. Чугун, не переплавленный в вагранке, более богат кремнием, так как при переплавке в вагранке некоторая часть этого элемента всегда угорает. Чем богаче кремнием свежий чугун, тем большее количество лома может быть введено в шихту.

Чугунный скрап можно было бы подразделить на три сорта:

1. Скрап паровых цилиндров, деталей станков для механической обработки и др. ответственных машинных изделий, изготавливаемых из материала высоких качеств.

2. Наиболее употребительный для плавки в вагранках скрап колонн, печей и др. изделий, от материала которых не требуется особенно высокого качества.

3. Этот сорт скрапа состоит из горелого чугуна, напр., бывших в работе колосников, очагов, чугунных котлов и т. п.

Первый сорт скрапа применяется для ответственных деталей машин, подвергающихся механической обработке,

второй—для обычных чугунных отливок, и последний—для неотчетственных изделий, напр., для контр-грузов и т. п.

Свойства чугуна, как материала для отливок, зависят, главным образом, от количества и вида графита, что находится в зависимости как от температуры перегрева чугуна, так и от содержания кремния в чугуне; поэтому при составлении шихты приходится прежде всего принимать во внимание содержание кремния. Для того, чтобы твердость чугуна при прочих равных условиях была одинаковой, содержание кремния в тонких отливках должно быть выше, нежели в более толстых. По Wüst'у содержание кремния в мягких машинных отливках, легко поддающихся обработке, колеблется следующим образом:

Толщина изделия в мм	10	20	30	40	свыше 40.
Содержание кремния в %	2,3	2,1	1,9	1,7.	1,5.

Угар кремния в вагранке зависит от содержания марганца в чугуне. Кремний угорает тем меньше, чем больше марганца содержит чугун. В чугуне с 1,5—2,5% кремния и 1—1,5% марганца в среднем можно считать угар кремния 8%—10%.

Содержание углерода имеет меньшее значение при составлении шихты, т. к. оно в большой степени зависит от содержания в чугуне других элементов (См. т. I, стр. 49—52) и от плавильного аппарата. Содержание углерода в чугуне может быть уменьшено введением в шихту малоуглеродистого чугуна, стали или железа.

Угар марганца при переплавке зависит от содержания марганца в чугуне. В нижеследующей таблице приводятся данные об угаре марганца:

Содержание Mn в чугуне	Угар
0,2—0,5%	50%
0,5—1,0%	100%
1,0—1,5%	150%
1,5—2,0%	250%
свыше 2,0%	может дойти до 500%

Содержание фосфора также несколько уменьшается при переплавке, в то время, как количество серы возрастает благодаря тому, что при переплавке в вагранке чугун тесно соприкасается с коксом, обычно содержащим серу *), которая и переходит в некотором количестве в чугун. Увеличение содержания серы в чугуне, переплавляемом в вагранке, обычно бывает не менее 0,02%, достигая в большинстве случаев возрастания не менее, чем на 40% от первоначального содержания.

Скрап употребляется в кусках меньшего размера, нежели чушковый доменный чугун. Такой скрап способствует более быстрому расплавлению шихты и нагреву металла. При правильном распределении скрапа в вагранке можно свободно вводить до 60% лома для обычных отливок. Однако, это не относится к литейному скрапу. Скрап, получаемый при отливках, литейный скрап в виде литников, прибылей и пр., должен употребляться с большой осторожностью, т. к., благодаря многократной переплавке в вагранке, этот скрап обогащается серой и становится более бедным кремнием. Работа на обратном скрапе, без введения достаточного количества свежего чугуна, делает металл более твердым и хрупким, а также склонным давать большую усадку.

В целях уменьшения содержания углерода в тех случаях, когда это является необходимым, в шихту, помимо чугуна, добавляется сталь или железо в виде концов или скрапа. Количество железа или стали колеблется в зависимости от того, какое содержание углерода требуется получить в отливке. Однако, количество малоуглеродной части шихты в виде железа или стали не должно превышать 30% от веса всей шихты.

*) Кокс содержит 1—2% серы, в зависимости от качества каменного угля. Особенно страдают в этом отношении русские коксы, в то время как американские, английские и отчасти германские—содержат серы значительно менее (до 1%). *Прим. Ред.*

Сталь дает лучшие результаты, нежели мягкое железо, так как температура плавления стали более близка к температуре плавления чугуна. При введении в шихту мягкого железа легко может случиться, что чугун из нескольких колош расплавится и скопится в горне прежде, чем начнет плавиться железный скрап. Особенно хорошие результаты получаются при условии введения стального скрапа в кусках приблизительно в два раза меньших чушкового чугуна. При таком методе работы сталь начинает плавиться почти в одно время с чугуном. Слишком мелкие куски скрапа непригодны для плавки в вагранке, так как при этом получается более окисленный металл.

При составлении шихты полезно руководствоваться следующими указаниями:

1. Содержание углерода в чугуне свыше 3% вызывает сильное кипение на поверхности жидкого металла.
2. Содержание кремния более 3,5% и марганца более 1% делает изделие твердым.
3. Содержание фосфора более 1% придает чугуну большую жидкоподвижность, но делает отливку более твердой и хрупкой.
4. Сера в количестве большем 0,1% способствует пузыристости отливки и повышает ее твердость.

Шихты для важнейших изделий.

При составлении шихты можно руководствоваться составом чугуна на основании чисто практических данных. Иногда такие данные являются единственным способом определения надлежащего состава чугуна для того или иного изделия.

Приводимые ниже примеры шихтовок взяты из «Руководства по литейному делу» С. Geiger'a.

О. Берсман, Том III.



Отливки для деталей машин.

Машинные отливки должны обладать большой плотностью, прочностью, легко поддаваться обработке и, по возможности, не иметь внутренних натяжений. От некоторых отливок для деталей машин требуется особенно большая прочность и сопротивляемость трению.

Мягкий чугуны для тонкостенных изделий или для литья сложной формы, напр., для шкивов ременной передачи, деталей швейных, ткацких, земледельческих и др. подобных машин должен содержать:

Кремния	2,25 — 3,00%
Марганца	0,80 — 1,25%
Фосфора	0,50 — 1,00%
Серы	не более 0,07%
Общ. содержание углерода	более 3,60%
Графита	> 3,25%

Для ответственных изделий необходимо придерживаться низшего предела по фосфору, а для менее ответственных деталей фосфор допустим в большем количестве.

Для того, чтобы изделие получилось достаточно мягким, необходимо иметь общее количество углерода не меньше 3,60% и при этом не менее 90% углерода выделенным в виде графита. Содержание марганца должно быть не менее 0,8%, так как в противном случае Mn не сможет предохранить кремний от выгорания. С другой стороны, содержание Mn выше 1,25% затрудняет образование графита.

Чугуны средней твердости для более крупных отливок, напр., для зубчатых колес, средних и крупных размеров паровой и водяной арматуры, небольших цилиндров двигателей внутреннего сгорания и т. п.:

Кремния	1,5 — 2,25%	Серы	не более 0,08%
Марганца	0,30 — 0,80%	Общ. содерж. углер.	3,00 — 4,00%
Фосфора	0,50 — 0,80%	Графита	2,25 — 3,25%

Содержание графита должно быть 80—90% от общего количества углерода. В отливках, в которых легко возникают внутренние натяжения вследствие усадки, необходимо допускать меньшее содержание Mn. Высший предел содержания фосфора применяется для тонкостенных изделий, т. к. фосфор способствует лучшему заполнению формы чугуном. Приведенный чугун не отличается особой жидкоподвижностью.

Твердый чугун для гидравлических цилиндров и поршней, клапанов высокого давления, зубчатых колес; зубцы которых выфрезовываются из сплошного литого обода, компрессоров и изделий с очень толстыми стенками:

Кремния	1,10	— 1,60%
Марганца	0,30	— 0,60%
Фосфора	0,30	— 0,70%
Серы	не более	0,09%
Общ. содерж. углерода	„	3,80%
Графита	„	2,25%

Меньшее содержание кремния допустимо только для отливок с очень толстыми стенками, а также для предметов с небольшой поверхностью. Содержание марганца свыше 0,60% увеличивает усадку. Содержание серы допустимо до 0,09% при достаточном количестве марганца. Большее содержание серы делает чугун пузыристым и хрупким. Графит, в зависимости от толщины изделия, должен составлять 50 — 75% общего количества углерода.

Тонкостенные изделия должны иметь более высокое общее содержание углерода, нежели толстостенные, потому что, охлаждаясь быстрее, они выделяют меньше графита.

Чугун для небольших деталей, испытывающих трение—тормазные колодки и др.:

Кремния	2,00	— 2,50%
Марганца	не более	0,70%
Фосфора	„	0,70%
Серы	„	0,15% *)

*) Согласно W. J. Keep, Stahl und Eisen, 1908.

Высокое содержание серы противодействует влиянию большого количества кремния на образование графита и дает довольно прочный чугун, хорошо сопротивляющийся трению. Этот чугун имеет большую усадку и пригоден поэтому только для изделий небольших, в которых усадка более равномерна.

Чугун для цилиндров больших паровых машин и двигателей внутреннего сгорания:

Кремния	1,00 — 1,60‰
Марганца	0,75 — 1,00‰
Фосфора	0,20 — 0,50‰
Серы	не более 0,075‰

Обычно для этой цели применяется чугун с высоким содержанием углерода при небольшом количестве остальных элементов сплава. Высокое содержание углерода увеличивает прочность чугуна, которая имеет здесь особенно большое значение. Содержание кремния должно быть небольшим, что дает возможность иметь незначительное количество графита, достаточное лишь для того, чтобы чугун мог легко обрабатываться. Высокое содержание кремния допустимо только для тонкостенных цилиндров. Выделение графита необходимо регулировать в каждом отдельном случае таким образом, чтобы его получалось лишь необходимое количество. Довольно высокое содержание марганца необходимо для противодействия влиянию серы. До 1‰ марганец не оказывает дурного влияния на прочность чугуна.

Фосфор в количестве 0,2 — 0,5‰ способствует лучшему заполнению формы. Кроме того, фосфор задерживает слишком быстрое охлаждение тонких частей изделия, предотвращая таким образом появление внутренних натяжений.

Рыночное литье.

Для производства рыночного литья необходимо иметь дешевую шихту. К таким отливкам обычно не предъявляется никаких особых требований в отношении прочности, плот-

ности и т. п. Они почти совсем не подвергаются механической обработке. Для рыночного литья может быть предложен следующий состав чугуна:

Кремния	1,50 — 2,50%	Фосфора	0,50 — 1,50%
Марганца	0,50 — 1,50%	Серы	не более 0,10%

Составляя шихту для подобного литья, необходимо следить лишь за тем, чтобы в чугуне было достаточное количество кремния, во избежание хрупкости и внутренних напряжений. Изделия, на которые особенно неблагоприятно влияет большая и неравномерная усадка, напр., большие рамы и пр., должны иметь марганца около 0,75% и серы не более 0,07%. Содержание фосфора должно быть высокое для большей жидкоподвижности металла.

Для труб высокого давления содержание марганца необходимо уменьшать до 0,50 — 0,75%. Содержание кремния, определяется в зависимости от толщины стенок изделия напр., согласно таблице на стр. 15.

Для кухонной посуды и т. п. предпочитается содержание фосфора на высшем пределе, для лучшего заполнения чугуном формы. Кремния берется также высший предел, в то время как марганец уменьшают до 0,50%. Чугун должен быть, по возможности, свободным от серы. Отливки для строительных целей, рыночное литье и трубы допускают большие колебания в составе чугуна. Это обстоятельство позволяет вводить в шихту для этих отливок значительное количество лома и скрапа, удешевляя тем самым производство, по сравнению с работой на свежем доменном чугуне.

Строительные отливки, подвергающиеся большим усилиям, как, напр., колонны, балки и т. п., содержат:

Кремния	1,0 — 3,00%
Марганца	0,5 — 1,00%
Фосфора	не более 0,50%
Серы	„ 0,09%
Общ. содерж. углерода	3,60 — 2,25%

В отливках этого рода необходимо правильно сочетать содержание углерода и кремния. Кремний способствует образованию графита, а высокое содержание графита уменьшает прочность чугуна, поэтому содержание кремния должно быть наибольшим при самом низком содержании углерода и наоборот.

Общее количество углерода может быть определено по данному содержанию кремния по следующей эмпирической формуле:

$$\text{Общее количество углерода} = 4,2 - \frac{\text{сод. кремния}}{1,5}.$$

Если, напр., содержание кремния 1,5, то содержание углерода будет таким образом $4,2 - 1 = 3,2$. Если содержание кремния 3,0%, то содержание углерода $4,2 - 2 = 2,2\%$. Содержание кремния может быть определено по табл. Wüst'a (стр. 15).

Изложницы для стали.

Эти отливки являются наиболее чувствительными в отношении химического состава. Даже очень небольшие колебания в содержании хотя бы одного из элементов чугуна оказывают влияние на стойкость изложниц. По Reusch'у изложницы из древесноугольного чугуна состава: графита 3,29%, связанного углерода 0,58%, кремния 1,27%, марганца 1,29%, фосфора 0,15 и серы 0,061 выдерживают до 300 плавов.

Нижеследующая таблица содержит анализ древесноугольного чугуна, из которого были сделаны очень прочные изложницы.

Углерод %	Кремний %	Марганец %	Фосфор %	Сера %
4,0 — 4,4	0,91 — 1,3	1,0 — 1,2	0,09 — 0,18	0,05
3,9 — 4,5	0,9 — 2,5	1,0 — 1,5	0,14 — 0,17	0,03 — 0,05

Изложницы из этого чугуна выдерживали до 225 плавов. Большая стойкость изложниц объясняется высоким содержанием углерода, который, несмотря на небольшое содержание кремния, дает достаточно выделенного графита. Часть связанного углерода остается и придает изделию большую прочность.

Стливка из отбеленного чугуна.

Если разрезать чугунную отливку, отлитую в кокиль, то можно заметить три зоны: белую, половинчатую и серую. Состав чугуна должен быть подобран таким образом, чтобы после затвердевания отливка получалась белой или серой, в зависимости от того, в какой степени требуется отбеливание. Быстрое охлаждение наружной зоны препятствует образованию графита, увеличивая общее содержание углерода в этой зоне за счет серы, как видно из нижеследующей таблицы:

Проба		Общ. сод. углеро- да % %	Гра- фит % %	Крем- ний % %	Мар- ганец % %	Фос- фор % %	Сера % %	Медь % %
№ 1	{ белая зона . .	2,87	0,14	1,46	1,39	0,68	0,03	—
	{ серая зона . .	2,37	2,27	1,50	1,08	—	0,03	следы
№ 2	{ белая зона . .	3,26	0,08	0,91	1,53	0,52	0,08	—
	{ серая зона . .	3,05	1,86	1,09	1,16	0,56	0,08	—
№ 3	{ белая зона . .	3,07	0,03	0,25	1,05	0,62	0,03	—
	{ серая зона . .	2,42	1,52	0,70	1,01	0,59	0,03	—

Пробы отливались в форму, дном которой служила литая железная плита, а стенки были устроены из песка. Глубина закалки (отбеливания) была следующая:

№ 1	Глубина закалки	15—20 мм
№ 2	„ „	32—48 „
№ 3	„ „	55—75 „

Из таблицы видно, что твердые и мягкие зоны имеют различное содержание кремния и марганца.

Наилучшие результаты отбеливания чугуна получаются при 2—3% марганца и 1,5% кремния, но усадка у такого чугуна настолько велика, что в металле легко возникают трещины в результате внутренних натяжений.

Особенно удобен для отбеливания чугун бедный марганцем и содержащий кремний в количестве, достаточном только для того, чтобы углерод при медленном охлаждении и затвердевании выделялся в виде графита, а при быстром охлаждении оставался связанным. Хотя это и является общепризнанным, однако, мнения в отношении наилучшего состава чугуна для отбеливания разделяются. Ledebur предъявляет следующие требования к составу готового изделия:

Общее содержание углерода . . .	3,5—3,8%
Кремния . . .	0,5—0,8%
Марганца . . .	0,1—0,4%
Фосфора . . .	не более 0,45%

Для крупных изделий содержание марганца допускается до 1% (или немного выше) в тех случаях, когда не возникает опасений в отношении внутренних напряжений в главной части отливки. Simmersbach рекомендует следующий состав:

Общее содерж. углерода . . .	не более 3,60%
Кремния	0,5—1,00%
Марганца	0,5—1,25%
Фосфора	0,15—0,25%
Серы	не более 0,1%

Содержание кремния может быть тем меньше, чем выше содержание углерода. Так как углерод более повышает прочность, нежели кремний, то следует отдавать предпочтение чугуну с высоким содержанием углерода; напр., чугун с 0,5% кремния может содержать до 3,6% углерода.

В валках, отлитых в кокилли, содержание углерода колеблется от 2,4 до 3,2%. Низший предел относится к изделиям, от которых требуется особенно большая вязкость. Для уменьшения содержания углерода в шихту вводится до 30% стали или железа. Серы должно быть не более 0,1%, так как в противном случае изделие получает большую усадку и легко дает трещины. Фосфор можно часто без ущерба доводить до 0,6%.

Получить в изделии высокую твердость значительно труднее, нежели глубокую закалку. Состав чугуна для таких изделий в отношении марганца приближается к самому высокому пределу (1,25%) и должен иметь лишь незначительное количество кремния (0,5%) при наиболее высоком возможном содержании углерода. Наилучшие результаты получаются при шихтах из одного древесноугольного чугуна или при добавках последнего в шихту. Вообще, для этого рода отливок пригодна шихта из белого чугуна, бедного марганцем и фосфором и по возможности богатого углеродом, и серого чугуна, в количестве, необходимом для получения требуемого количества кремния.

Валы каландров и др. бумажные машины, валки для перемота твердых материалов изготавливаются из особенно твердых чугунов. Для мельничных валков содержание марганца должно быть не более 1%. В валках для прокатки железа содержание марганца допускается около 0,5%.

Огнестойкие отливки.

Отливки, которые должны быть огнестойкими и в то же время обладать большой механической прочностью, изготавливаются из чугуна того же состава, что и изложницы для стали. Для огнестойкого литья, напр., колосников и пр., лучше всего подходит чугун с высоким общим содержанием углерода и с небольшим количеством графита. Белый чугун

легче противостоят температурным воздействиям, нежели серый. Низкое содержание марганца и серы также способствует огнестойкости чугуна. Содержание фосфора должно быть небольшим во избежание хрупкости.

Рекомендуется следующий состав:

Кремния	1,0—2,00%
Марганца	не более 0,50%
Фосфора	„ 0,30%
Серы	„ 0,070%
Общ. содерж. углерода . . .	не менее 3,50%

Кислотоупорные отливки.

Кислотоупорный чугун должен быть прежде всего свободным от серы. Содержание фосфора рекомендуется небольшое. Содержание кремния должно быть низкое, так как кремний, делая чугун грубозернистым и пористым, способствует тем самым разьедаемости изделия кислотами. В тонкостенных изделиях кремния допускается не более 1,50%. Содержание марганца допускается среднее, в отливках же, подвергающихся действиям азотной кислоты, оно должно быть возможно низким.

Simmersbach рекомендует следующий состав:

Кремния	1,20—1,400%
Марганца	0,40—0,600%
Фосфора	0,40—0,600%
Серы	не более 0,050%
Общ. содерж. углерода . . .	3,00—3,500%

Смешение чугуна после расплавления.

В последнее время для получения желательного состава отливки практикуется введение того или иного элемента в виде ферро-сплава в ковш с расплавленным чугуном. В 1903 г. Wüst начал постоянно добавлять, таким образом, кремний, в виде высокопроцентного ферро-силиция. Этот способ получил широкое распространение после того, как удалось полу-

чить в электрической печи 90-процентный ферро-силиций. В настоящее время при помощи ферро-силиция, ферро-марганца, ферро-фосфора и др. можно регулировать в известных пределах количество важнейших элементов чугуна, выпущенного из вагранки в ковш. Такой метод работы особенно пригоден в том случае, когда требуется получить небольшое количество чугуна другого состава, нежели металл, выпущенный из вагранки.

Другой метод работы, при котором из вагранки выпускают некоторое количество чугуна, а оставшийся доводят в вагранке при помощи тех или иных добавок до требуемого состава, крайне затруднителен и не всегда дает уверенность в том, что из вагранки будет выпущен чугун надлежащего состава.

Первый же способ работы значительно удобнее. Напр., если шихта рассчитана на чугун с содержанием кремния 1,4%, то для того, чтобы получить в этой плавке некоторое количество чугуна с содержанием кремния не менее 2%, необходимо ввести в ковш на 100 кг чугуна основной плавки 1200 гр 50-процентного ферро-силиция; для получения 2,5% Si в ковш вводится 2200 гр 50-процентного ферро-силиция (соответствующее 1,1 кг кремния, т.-е. 1,1% на 100 кг чугуна, что составит с 1,4% кремния в чугуне из вагранки 2,5% Si).

Таким же образом можно изменять содержание фосфора и марганца в чугуне при помощи ферро-фосфора и ферро-марганца. Эти ферро-сплавы содержат соответственно 25% P и 80% Mn.

Расчет шихты.

При расчете шихты для простых отливок обычно принимается во внимание лишь содержание кремния и иногда фосфора. Углерод и марганец рассчитываются только в особых случаях. Для пояснения здесь приводятся два примера расчета шихт.

Шихта, состоящая из 50% чугуна с 2,5% Si, 30% с 2,10% Si и 20% с 1,80% Si дает содержание кремния

$$x = \frac{50 \times 2,5 + 30 \times 2,10 + 20 \times 1,80}{100} = 2,24\% \text{ Si.}$$

При плавке в вагранке 10% Si выгорает, поэтому отливка содержит 2,02% Si.

Когда имеются три сорта чугуна и требуется рассчитать, сколько каждый из них внесет того или иного элемента, напр.,—кремния, то задаются количеством одного из сортов чугуна и определяют остальные. Обычно часть исходного чугуна состоит из некоторого количества оборотного скрапа, литников и пр.

Для того, чтобы получить в готовой отливке 2,10% кремния, необходимо, чтобы шихта, принимая во внимание угар кремния, содержала его на 10% более, т.-е.

$$\frac{2,10}{0,9} = 2,33\%.$$

При трех сортах чугуна расчет ведется следующим образом:

Задаваясь 30% чугуном с 2,6% Si, при содержании кремния в двух остальных сортах чугуна соответственно 1,60% в одном и 3,1% Si в другом, прежде всего определяют, какое количество кремния должно быть введено этими чугунами, т.-е.

$$\frac{30 \cdot 2,6 + 70 \times y}{100} = 2,33; \quad y = 2,21.$$

Таким образом, два сорта чугуна, составляющие 70% шихты, должны внести 2,21% Si. Обозначив через x количество чугуна, содержащее 1,6% Si, и $70 - x$ — количество чугуна, содержащее 3,1% Si, имеем

$$1,6 \times x + 3,1(70 - x) = 70 \times 2,21,$$

откуда

$$x = 40\%, \quad 70 - x = 30\%.$$

Проверка:

$$\begin{array}{r} 0,30 \times 2,6 = 0,78\% \text{ Si} \\ 0,40 \times 1,6 = 0,64\% \text{ »} \\ 0,30 \times 3,1 = 0,93\% \text{ »} \\ \hline 2,35\% \end{array}$$

Полученное в результате проверки некоторое незначительное несоответствие является результатом округления чисел.

При расчете шихты необходимо принимать во внимание увеличение содержания серы в металле, вследствие влияния кокса.

Вагранки.

Конструкция вагранок.

Плавка чугуна для отливок почти исключительно производится в вагранках. Применяются иногда и пламенные печи, обычно в тех случаях, когда в шихту идет очень неудобный скрап, непригодный для загрузки в вагранку. Пламенные печи применяются также для специальных целей, напр., для отливок из малоуглеродистого чугуна. Однако, широкого применения для фасонного литья пламенные печи не имеют. В некоторых случаях употребляются тигли, в целях предохранения расплавляемых материалов от действия горючего и пламени. Плавки в тиглях будут описаны ниже.

В последнее время, в особенности по окончании империалистической войны, получила распространение плавка чугуна в электрических печах. Электропечь обладает многими преимуществами по сравнению с другими печами. Минимальный угар шихты и добавок, полное руководство процессом, возможность регулирования температуры металла в широких пределах, удобство и простота в обращении— все это делает электроплавку вполне сравнимой с тигельным процессом. Однако, электропечь, имея почти все качества тигельной плавки, выгодно отличается от последней целым

рядом преимуществ. При тигельной плавке, напр., шихта должна быть, как правило, исключительной чистоты, а загружаемые материалы строго габаритными. Для электропечи особая чистота шихты не требуется, так как имеется возможность рафинировки металла, удаления вредных примесей и введения тех или иных добавок. В печи с успехом плавится как компактная шихта, так и стружка, различный скрап и прибыля.

При производстве фасонного литья в электропечи можно расплавлять обычный чугуны для отливок, рафинировать чугуны в той или иной степени, выплавлять синтетический чугун, ковкий чугун и т. п.

Помимо указанных преимуществ, электропечь при наличии дешевой электроэнергии оказывается более выгодной, нежели другие печи, потребляющие большое количество топлива и зависящие от его качеств.

Вагранка представляет собой шахтную печь, открытую сверху и покоящуюся на четырех колоннах. Корпус вагранки состоит из клепанного железного кожуха, футерованного изнутри огнеупорным кирпичем. Шихта подается в вагранку через особое загрузочное отверстие с дверцей, находящейся на расстоянии 5 метров от пола и выше. В нижней части вагранки, у лещади, устроена особая дверца для очистки горна от кокса, шлака и пр. после плавки. Немного выше лещади устроены фурмы для подачи дутья в вагранку. Воздух подводится трубопроводом к особому ящику, расположенному вокруг кожуха вагранки. В этот ящик вставлены фурмы. Фурмы снабжены «глазками» для наблюдения за ходом плавки. На одной высоте с лещадью устроено отверстие с желобом для выпуска металла, а немного выше—другое отверстие для выпуска шлака. Дно вагранки, во избежание соприкосновения с чугуном и возможности проедания пода и прорыва металла, футеруется песком.

Перед вагранкой часто устраивается особое вместилище, называемое передним горном или скопом, в котором

собирается жидкий чугун, расплавляемый в вагранке. Передний горн дает возможность скапливать большое количество чугуна. В вагранках с передним горном шлаковое и выпускное отверстие с желобом устраиваются в переднем горне. Для очистки переднего горна и ремонта кладки в нем имеется особая дверца. Во время плавки выпускное отверстие закрыто глиняной пробкой. При выпуске плавки отверстие «разделяют» при помощи лома или шомпола.

Перед завалкой вагранка разогревается дровами и наполняется коксом немного выше фурм (так назыв. «холостая колоша»). Затем вагранка загружается перемежающимися слоями чугуна, кокса и флюсов, после чего подается дутье. По мере расплавления чугуна и выгорания кокса, загружаются новые отдельные порции «колоши», чугуна и кокса. Расплавление таким образом идет непрерывно. Чугун же выпускается время от времени, по мере накопления его в горне или скопе.

Современные вагранки работают довольно экономично. Нормальный расход горючего при плавке чугуна выражается в 8—10% от веса чугуна плюс тот кокс, который идет для холостой колоши. Такие результаты, однако, были получены не сразу. Существовали вагранки различных, часто совершенно неправильных, конструкций.

Старейшие вагранки (в начале 1800 г.) требовали по современным воззрениям почти непостижимого количества топлива, доходившего до 76% от веса чугуна. До 1860 г. расход топлива в 30% считался нормальным. Расход топлива еще в 1830 г. достигал 45—50% и только в некоторых вагранках, имевших приспособления для подогрева дутья, расход топлива снижался на половину. Для уменьшения расхода топлива были попытки улучшить работу вагранки и усовершенствовать конструкции фурм. Однако, почти не удавалось добиться даже того, чтобы фурмы не пропускали воздуха и не сгорали слишком быстро. Современем

расход топлива стал уменьшаться, благодаря правильному пропорционированию количества дутья и его давления, в зависимости от конструкции вагранки, качества шихты и сорта выплаваемого чугуна. При этом удовлетворительные результаты получались и без подогрева дутья. Позднейшие исследования показали, что подогрев дутья только уменьшает термическую мощность вагранки, поэтому в настоящее время приспособления для подогрева дутья не применяются.

Вначале вагранки устраивались по образцу доменных печей и даже давление воздуха нередко применялось такое же, как и в доменных печах. Позднее давление воздуха в вагранке было понижено до 2000 мм водяного столба. Таким образом, давление было еще очень высоким, в то время как количество воздуха было небольшое. Высота вагранки обычно не превышала 2—2,5 метра, а число фурм, притом очень небольшого размера, было не более двух.

Причина неудовлетворительной работы таких вагранок заключалась прежде всего в том, что благодаря высокому давлению дутья и малому количеству воздуха, горючее почти исключительно сгорало в окись углерода. В современной вагранке углерод сгорает преимущественно в углекислоту, что достигается работой при более низком давлении дутья и большим количеством воздуха.

В некоторых вагранках *) для сжигания окиси углерода в углекислоту применялась подача дутья через особые фурмы, расположенные в верхней части вагранки. Такое приспособление предназначалось для более полного использования топлива, так как, благодаря горению окиси углерода в верхних горизонтах печи, загруженная шихта лучше прогревалась. Кроме того, наличие большого количества окиси углерода в верхних горизонтах являлось одним из недостатков старых вагранок еще и потому, что, воспла-

*) Greiner u. Erpf. 1885.

меняясь, окись углерода представляла собою опасность и затрудняла загрузку шихты. Благодаря указанному приспособлению, окись углерода сгорала в самой печи и пламя уменьшалось. Однако, экономии топлива при этом не получалось, так как горение происходило выше зоны плавления, и, хотя при этом чугун получался несколько более нагретым, процесс горения в плавильной зоне становился неблагоприятным. Современные вагранки устроены таким образом, что при правильном ведении печи никакого пламени в верхних горизонтах не возникает и поэтому в настоящее время подобные устройства для сжигания окиси углерода не делаются.

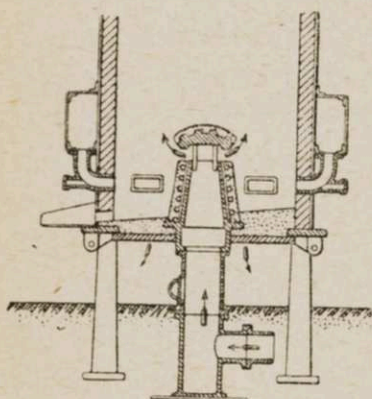
Во многих печах для той же цели устраивалось два ряда фурм, расположенных один над другим. Благодаря такому приспособлению, часть образующейся в вагранке окиси углерода сгорала, но уменьшения расхода топлива в этом случае также не достигалось, так как в печи возникала другая восстановительная зона. Дополнительный ряд фурм способствовал также тому, что зона горения и зона плавления раздвигались одна от другой, т.-е. зона плавления подымалась и при том же расходе топлива температура в печи понижалась. Для получения одной и той же температуры требовалось больше топлива, угар увеличивался, так как плавильная зона поднималась, и капли чугуна должны были проходить более длинный путь при высокой температуре под окисляющим действием дутья.

Лучшие результаты получаются от введения воздуха в количестве, достаточном для того, чтобы после сгорания топлива оставалось еще некоторое количество свободного кислорода, во избежание образования окиси углерода.

Профиль шахты также претерпел большие изменения. Сначала вагранка имела форму двух усеченных конусов, поставленных один на другой меньшим основанием. Вокруг небольшой узкой цилиндрической части располагались фурмы. Выгодность такого профиля заключается в том, что в шах-

тах с большим диаметром воздух легче продвигается к центру печи, но, с другой стороны, сужение шахты у фурм ведет к «зависанию» и «уханью» колош, чем нарушается ход печи. Во избежание «зависаний», а также для лучшего распределения воздуха, были попытки устраивать шахты суживающимися кверху, шахты эллиптического и прямоугольного сечения. Однако, все эти конструкции вагранок никакого улучшения не давали.

Из применявшихся ранее вагранок встречаются иногда вагранки с расширенной цилиндрической частью, распаром.

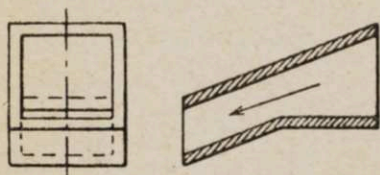


Фиг. 5. Подовая фурма
«Веста».

В настоящее время уже общеизвестно, что наиболее рациональным является профиль строго цилиндрической формы, которая, помимо правильного распределения шахты, при одной и той же площади имеет наименьший периметр по сравнению с другими формами и поэтому наименьшую потерю от лучеиспускания. Такую шахту легче строить и ремонтировать, и для устройства ее требуется меньшее количество кирпича и железа.

В современных вагранках, после того как научились выбирать и регулировать надлежащее количество дутья и давление, уширения шахты обычно не делают, за исключением вагранок с диаметром шахты свыше 1500 мм. Однако, такие вагранки встречаются очень редко и нормальным диаметром шахты являются 1100—1200 мм. Поэтому сконструированная в 1895 г. подовая фурма West'a (см. фиг. 5) редко применяется, несмотря на то, что это приспособление дало вполне удовлетворительные результаты. Такая подовая или средняя фурма работает одновременно с обычными фурмами,

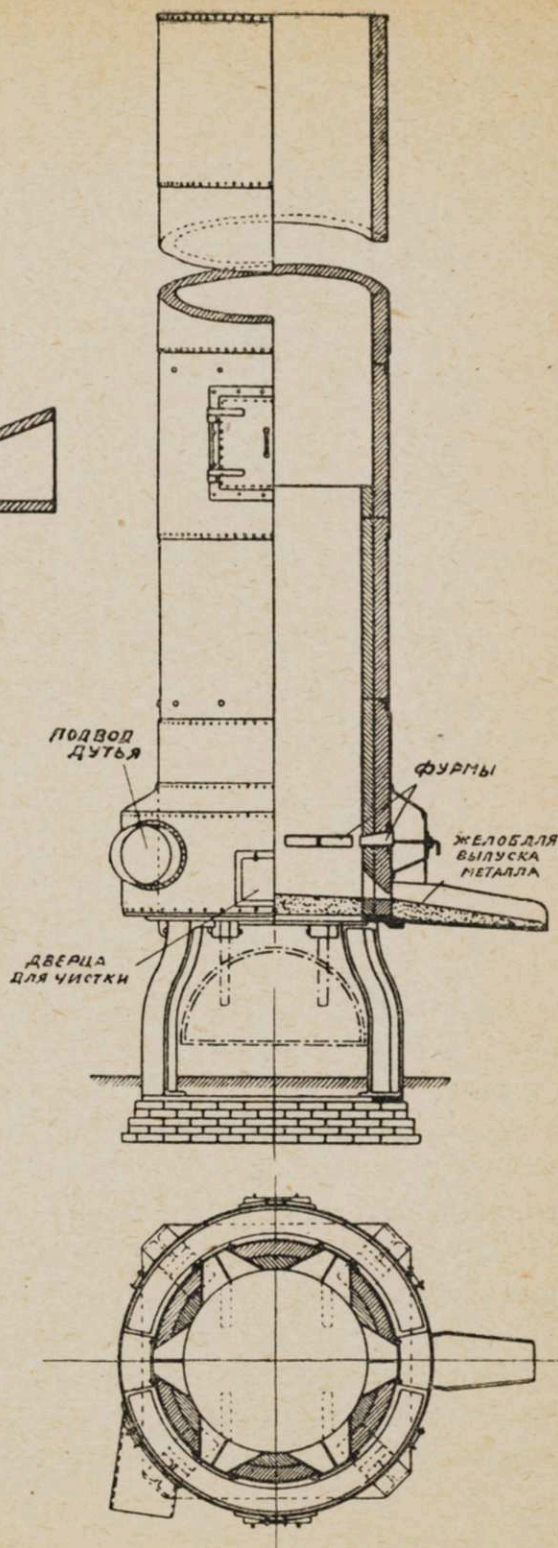
расположенными по периметру вагранки. От разгара West'овская фурма предохраняется обмуровкой из огнеупорной



Фиг. 6. Фурма.

глины и песка. Однако, фурма West'a пригодна только в вагранках с диаметром шахты не менее 1500 мм, так как в более узких печах эта фурма, занимая много места, сильно уменьшает объем горна.

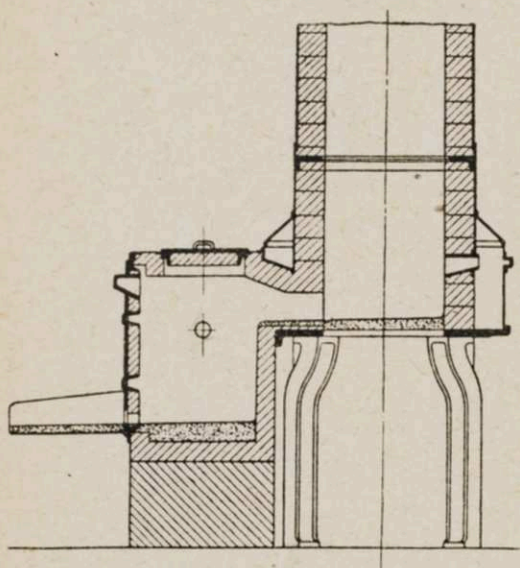
В настоящее время фурмы всегда располагаются по всему периметру вагранки, чем достигается наиболее равномерная подача воздуха. В старых печах на это обстоятельство не обраща-



Фиг. 7. Вагранка современной конструкции.

лось достаточного внимания и число фурм было не более двух. В обычных современных вагранках устраиваются четыре фурмы, а в больших печах—шесть.

Расположение фурм и их конструкция вполне естественно должны оказывать известное влияние на работу



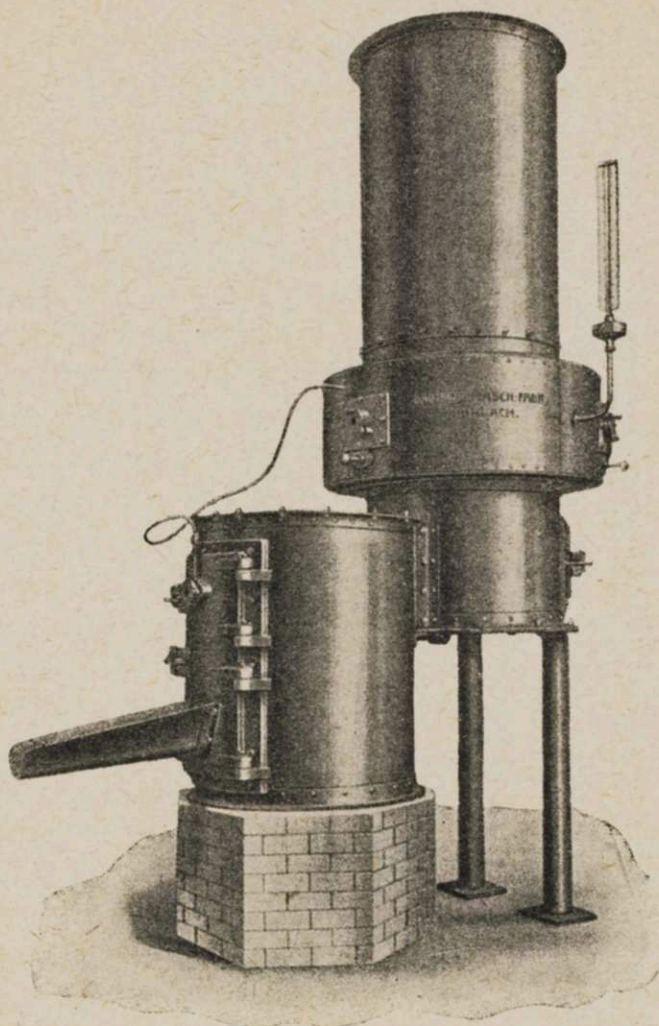
Фиг. 8. Вагранка с передним горном.

печи, но не такое значительное, как это принято считать. Для улучшения циркуляции воздуха в вагранке делались попытки располагать фурмы под углом вверх и вниз и по касательной. Однако, значительного улучшения работы вагранки при этом не получалось. Расположение фурм не имеет большого значения еще потому, что струя воздуха, попадая в печь, наталкивается

на куски шихты, разбивается и проходит через промежутки между шихтой. Наименьшее сопротивление воздух встречает около стенок печи, поэтому, чтобы направить струю воздуха к центру, дутье должно обладать достаточным давлением. Фурмы должны быть низкими и широкими, для того, чтобы зона плавления была как можно уже. Если сделать фурмы слишком широкими, то они будут заливаться шлаком. Конструкция фурм, показанная на фиг. 6, препятствует попаданию шлака, благодаря сделанному уклону к внутренней части вагранки

На фиг. 7 изображена наиболее употребительная в Швеции конструкция вагранки «Whiting». В ней имеется только один ряд фурм. Шахта имеет цилиндрическую форму. Фурмы

заканчиваются расширяющимися в горизонтальной плоскости и приплюснутыми по высоте соплами *).



Фиг. 9. Внешний вид вагранки с передним горном.

В последнее время делались попытки отапливать вагранки газом или нефтью, а также пылевидным топливом, но широко

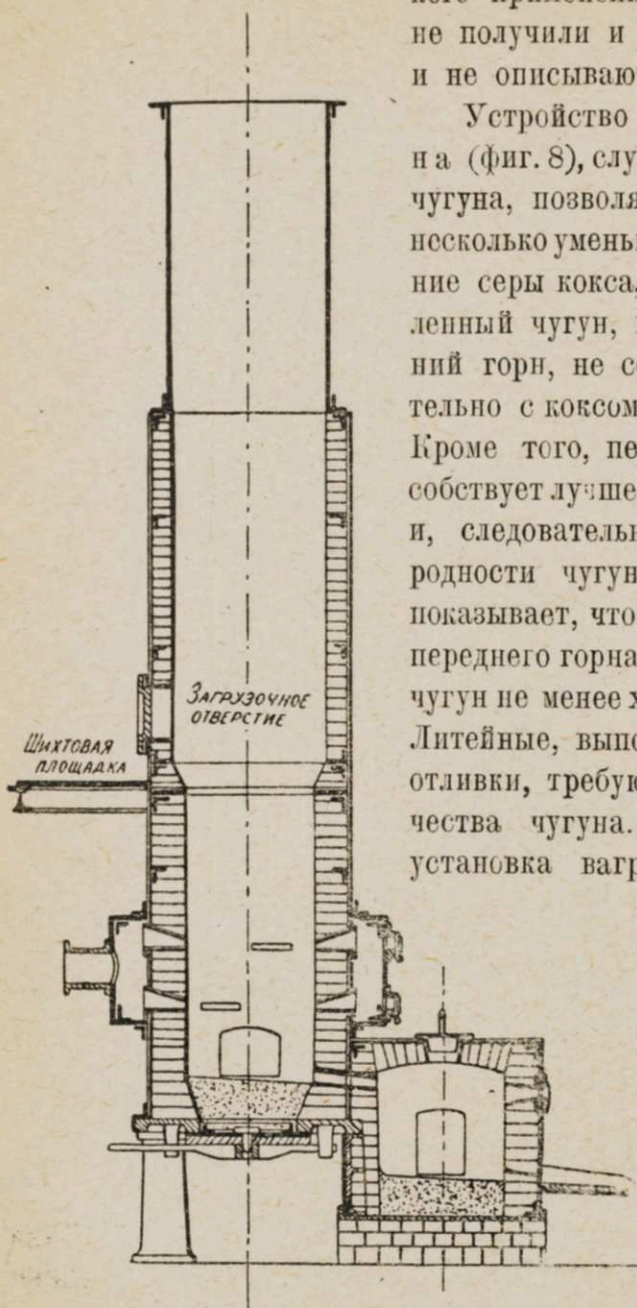
*) Часто употребляемая конструкция фурм, предложенная Badische Maschinenfabrik,

кого применения такие вагранки не получили и поэтому они здесь и не описываются.

Устройство переднего горна (фиг. 8), служащего для скопа чугуна, позволяет в то же время несколько уменьшить вредное влияние серы кокса, так как расплавленный чугун, переходя в передний горн, не соприкасается длительно с коксом холостой колоши. Кроме того, передний горн способствует лучшему перемешиванию и, следовательно, большей однородности чугуна. Однако, опыт показывает, что печи, не имеющие переднего горна, дают часто также чугун не менее хорошего качества. Литейные, выполняющие большие отливки, требуют большого количества чугуна. В этом случае установка вагранки с передним

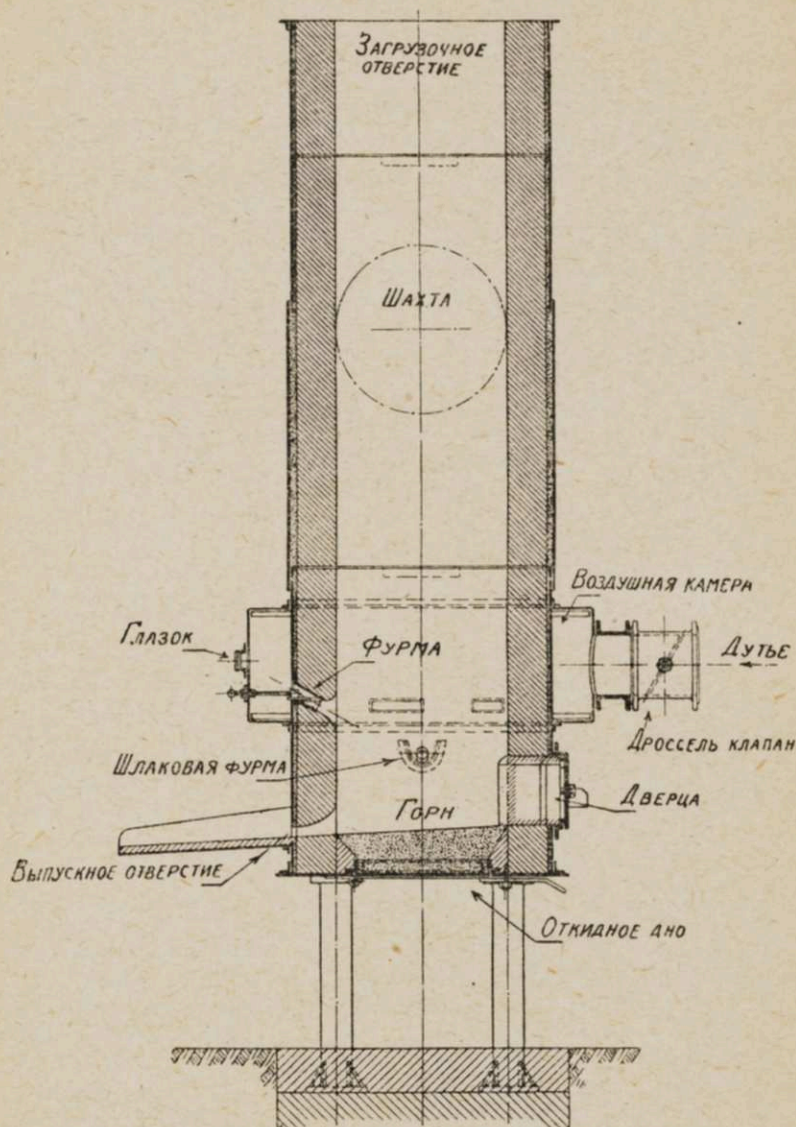
горном особенно целесообразна. На фиг. 9 изображен внешний вид вагранки с передним горном.

В последнее время стали конструировать наклон-



Фиг. 10. Вагранка с двумя рядами фурм и передним горном.

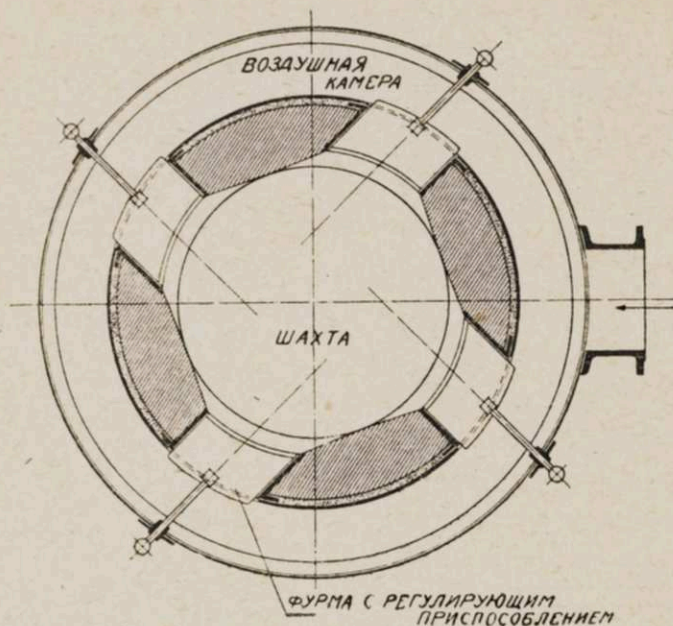
няющиеся передние горны, но пока большого распространения они не получили.



Фиг. 11 Новейшая вагранка с одним рядом фурм (продольный разрез).

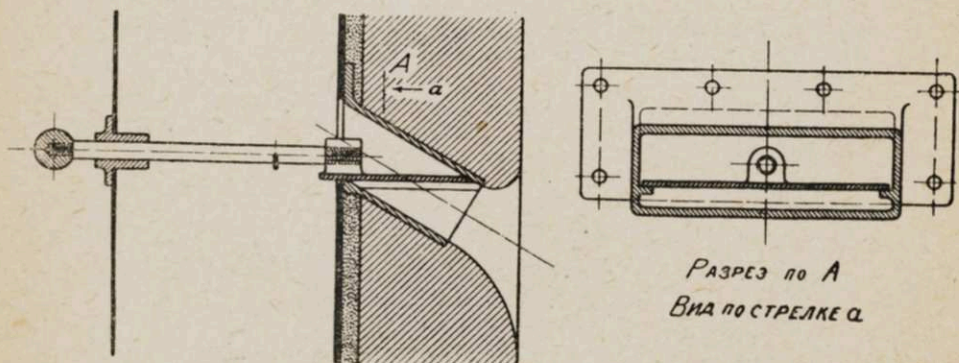
На фиг. 10 изображена вагранка первоначального типа фирмы Badische Maschinenfabrik Durlach с двумя рядами

фурм и передним горном. Конструкция фурм подобна приведенным на фиг. 7. Новейшая конструкция вагранки фирмы



Фиг. 12. Разрез по воздушному кольцу.

Badische Maschinenfabrik представлена на фиг. 11. Вагранка имеет только один ряд фурм, расположенных тангенциально



Фиг. 13. Фурма с шибером.

(фиг. 12). Фурмы снабжены шиберами (фиг. 13), позволяющими регулировать количество дутья.

Когда фурма зашлакуется, необходимо прикрыть шиббер и прекратить доступ воздуха в пораженную фурму. Не встречая струи воздуха в закрытой фурме, пламя оставшихся фурм расплавляет шлак в закрытой фурме и очищает таким образом вышедшую из строя фурму *).

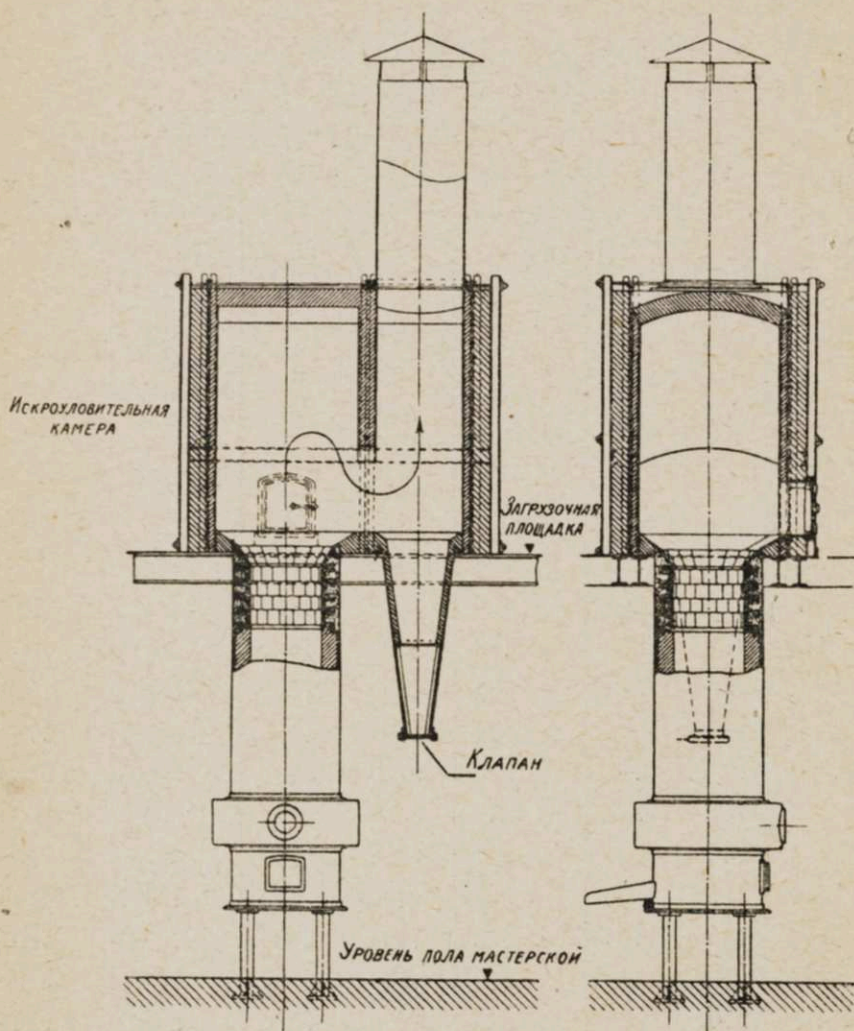
В нижеследующей таблице приведены размеры и производительность вагранок по данным Badische Maschinenfabrik:

Часовая произво- дительно- сть кг	Диаметр ва- гранки.		Ширина кольца, подводя- щего дутье мм	Вагранка без пе- реднего горна.		Вагранка с перед- ним горном.	
	внеш- ний мм	вну- тренн. мм		Высота мм	Вес кг	Высота мм	Вес кг
350	500	300	105	1500	450	—	—
500	660	400	150	3000	1350	—	—
750	760	450	175	4000	1550	—	—
1000	900	500	175	4000	1100	4000	1350
2000	1000	600	225	4500	1400	5000	1700
3000	1100	700	250	5000	1800	5500	2200
4000	1200	800	275	5500	2100	6000	2600
5000	1400	900	300	6000	2800	6500	3500
6000	1500	1000	350	6500	3500	7000	4300
7500	1600	1100	400	7000	4000	7000	4800
10000	1900	1300	450	7500	5000	7500	6000
15000	2200	1500	2 × 350	8000	8000	8000	9200
20000	2400	1700	2 × 400	9000	9500	9000	11000

*) Очень часто устраивают два ряда фурм, при чем в работе находится попеременно лишь один или другой ряд фурм, в то время как фурмы прикрытого ряда подвергаются естественному расшлаковыванию благодаря нагреву.

Ред.

Иногда вагранки устраиваются с особыми искроуловительными камерами (фиг. 14).



Фиг. 14. Вагранка с искроуловительной камерой.

Плавка в вагранке.

Процесс горения в вагранке. Тепло, необходимое для расплавления чугуна в вагранке, получается благодаря интенсивному горению кокса при усиленном подводе воздуха.

Серый чугун плавится при температуре 1150—1250°C, в зависимости от своего химического состава. Во избежание охлаждения и застывания чугуна при его перевозке и отливке, чугун необходимо несколько перегревать при выпуске из вагранки. Перегрев колеблется, в зависимости от состава чугуна, от 150 — 200°C, т.е. соответственная температура чугуна должна быть 1250 — 1450°, а температура печи 1450—1650°C.

В нижеследующей таблице приводятся температуры плавления чугуна по данным Moldenke:

Темпе- ратура плавления в °C	Углерод связанный %	Графит %	Si %	Mn %	P %	S %
1110	3,98	—	0,14	0,10	0,220	0,037
1147	3,52	0,54	0,47	0,20	0,200	0,036
1171	2,27	1,80	0,45	1,10	1,465	0,032
1176	1,84	1,95	0,56	0,34	0,175	0,022
1205	1,69	2,40	1,81	0,49	1,602	0,060
1211	1,48	2,30	1,41	1,39	0,168	0,033
1221	1,24	2,68	0,65	0,26	0,201	0,020
1232	0,67	3,60	1,32	0,20	0,205	0,020
1230	0,53	3,26	1,97	0,59	0,210	0,018
1238	0,35	3,70	3,29	0,82	0,501	0,038
1250	0,13	3,43	2,40	0,90	0,082	0,032

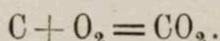
В вагранке имеются 4 зоны:

1) нижняя зона — от лещади до уровня фурм, 2) зона горения—у фурм, переходящая в 3) зону плавления, и 4) подогревательная зона в верхних горизонтах вагранки. Зона плавления должна совпадать с зоной горения или находиться возможно ближе к последней, доходя не выше 375—600 мм над фурмами. При низкой зоне плавления чугун плавится быстрее и меньше подвергается воздействию окислительных газов.

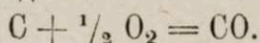
Основное условие хорошей работы вагранки заключается в том, чтобы дымовые газы содержали возможно большее

количество углекислоты (CO_2) и наименьшее количество окиси углерода (CO). При сгорании углерода в углекислоту развивается 8080 единиц тепла, в то время как при сгорании в окись углерода 2473 единицы тепла. Большое количество окиси углерода в дымовых газах узнается по длинному языку пламени, выбивающемуся из верхнего отверстия печи.

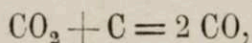
Сгорание углерода в углекислоту достигается введением в печь такого количества воздуха, чтобы в печи всегда имелся некоторый избыток кислорода. Если количество воздуха достаточное, а давление и скорость его не слишком велики для полноты реакции окисления, то происходит полное сгорание углерода в углекислоту по реакции



При недостаточном количестве воздуха и большом давлении и скорости происходит неполное горение и углерод сгорает в окись углерода



Кроме того, углекислота, реагируя при высокой температуре с углеродом раскаленного угля, дает также окись углерода



т.-е. конечный тепловой эффект горения будет такой же, как и при непосредственном горении углерода в CO . Если же в газах будет достаточное количество кислорода, то углекислота, проходя через раскаленный уголь, не реагирует с ним, так как кислород будет соединяться с углеродом.

Расход кокса зависит от:

1. Требуемого перегрева чугуна.
2. Свойств кокса и чугуна.
3. Способа ведения плавки и конструкции вагранки (в зависимости от количества воздуха и размеров фурм).
4. Продолжительности плавки.

Степень перегрева чугуна и свойства кокса имеют большое значение в отношении расхода топлива. Белый чугун плавится при температуре $1050-1100^{\circ}\text{C}$, серый — $1150-1250^{\circ}\text{C}$. Стальной скрап, вводимый в вагранку, плавится при температуре около 1350°C . Отсюда следует, что некоторые чугуны требуют тепла для расплавления больше нормального на 25% . Чугун, богатый кремнием, способствует повышению температуры печи вследствие большого теплового эффекта горения кремния, неизбежно выгорающего при переплавке чугуна.

Величина кусков чугуна также оказывает влияние на расход кокса, так как на нагрев больших кусков затрачивается больше тепла.

Способ ведения плавки, конструкция вагранки, а также перечисленные выше факторы имеют очень большое значение для процесса горения. Даже малейшая остановка печи, при которой временно уменьшается или совершенно прекращается подача дутья, вызывает увеличение расхода топлива.

Продолжительность кампании печи также влияет на расход топлива, так как после каждой остановки печь перед пуском снова приходится разогревать.

Для более полного использования топлива необходимо, чтобы отходящие дымовые газы отдавали большую часть содержащегося в них тепла загружаемой шихте для ее предварительного подогрева. Таким образом, в зависимости от целого ряда обстоятельств, в одной и той же вагранке расход топлива может сильно колебаться. В среднем, можно считать нормальным расход кокса $8-10\%$. В нижеследующей таблице *) приводятся данные о составе ваграночных газов (см. табл. на стр. 46).

Расчет количества дутья. Количество дутья вычисляется на основании анализа дымовых газов и химического состава горючего. По количеству кислорода, тре-

*) В. О s a n n, Lehrbuch der Eisen- und Stahlgiesserei. 1922.

	Вагранка Sulzer. Среднее из 200 анализов	Вагранка Ehrhardt & Sehmer. Среднее из 7 ана- лиз	Вагранка Borsig. Среднее из 14 ана- лиз	Средний анализ 5 вагранок с низкой коксовой колошой	Среднее
Расход кокса . . .	7 ⁰ / ₀	10 ⁰ / ₀	7 ⁰ / ₀	ок. 7 ⁰ / ₀	—
Вид кокса	Лит. кокс	Лит. кокс	Лит. кокс	Лит. кокс	—
CO ₂	15,9	14,8	14,7	13,6	—
CO	9,0	10,3	9,6	11,3	—
O	0,2	0,6	1,2	1,2	—
H	0,0	—	—	—	—
CH ₄	0,6	—	—	—	—
N	74,3	74,3	74,5	73,9	—
Σ	100,00 ⁰ / ₀	100,00 ⁰ / ₀	100,00 ⁰ / ₀	100,00 ⁰ / ₀	—
К-во газа:					
На 1 кг С	7,4 м ³	7,6 м ³	7,8 м ³	7,7 м ³	7,6 м ³
» 1 кг кокса . .	6,3 »	6,5 »	6,7 »	6,5 »	6,5 »
К-во воздуха:					
На 1 кг С	7,2 »	7,2 »	7,5 »	7,3 »	7,3 »
» 1 кг кокса . .	6,1 »	6,2 »	6,5 »	6,2 »	6,2 »

буемого для горения углерода в CO₂ и CO, определяют количество дутья на 1 кг кокса, т.-е. чем больше расходуется кокса, тем больше поступает в печь дутья. Однако, такой расчет сделан в предположении, что горение происходит при теоретическом количестве воздуха, в действительности же всегда имеется некоторый избыток воздуха для более полного горения.

Правильный процесс горения в вагранке зависит от скорости газов, так как при увеличении скорости газов зона

горения повышается и наоборот. Таким образом, количество дутья вычисляют почти исключительно по скорости газов в вагранке, т.-е. в зависимости от поперечного сечения шахты.

Согласно тщательно произведенным подсчетам Buzek'a вагранка требует на кв. метр площади поперечного сечения шахты в зоне горения 100 куб. метров воздуха в минуту. Нормальный теоретический расход кокса должен быть около 8% при удельной производительности вагранки в 7500 кг чугуна на кв. метр площади поперечного сечения шахты. Общая площадь фурм определяется в зависимости от количества дутья.

Потери дутья от неплотности, поворотов и пр. принимаются в 20%, что должно учитываться при проектировании воздухопровода.

Влияние недостаточного количества дутья уже отмечено выше. Большой избыток воздуха отражается также неблагоприятно на ходе вагранки, так как уже двойное количество воздуха против теоретического может погасить печь. Слишком большой избыток воздуха понижает температуру горения и сильно окисляет чугун.

Приведенные указания о количестве воздуха относятся только к печам с сильно ограниченной зоной плавления, т.-е. к вагранкам с одним рядом фурм. Вагранка с двумя рядами фурм имеет растянутую зону плавления, поэтому приведенное выше количество воздуха в 100 куб. метров в минуту на один кв. метр сечения шахты оказывается недостаточным для надлежащего нагрева чугуна. Для таких вагранок при определении количества дутья необходимо исходить из 150 куб. метров в минуту. Нормальный теоретический расход топлива в вагранках с двумя рядами фурм составляет 9% кокса при удельной производительности в 10000 кг в час на один кв. метр площади шахты.

Для получения большей производительности, при одном и том же перегреве чугуна, необходимо увеличивать количество дутья. В случае невозможности увеличения количества воздуха, можно осуществить повышение производительности посредством увеличения площади фурм. Понижение производительности достигается уменьшением количества дутья, поступающего в вагранку.

Давление дутья определяется исключительно по внутреннему диаметру шахты. Чем больше диаметр шахты, тем выше должно быть давление дутья, для того, чтобы воздух попадал к центру печи.

Нижеследующая таблица дает соотношение между давлением дутья и диаметром шахты:

Внутренний диаметр шахты мм	Площадь попе- речного сечения шахты м ²	Количество дутья в минуту.	Давление дутья водяного столба мм.
500	0,1964	20	266
600	0,2827	28	341
700	0,3848	38	397
800	0,5026	50	454
900	0,6362	64	510
1000	0,7854	79	568
1100	0,9503	95	624
1200	1,1310	115	682

Производительность вагранки зависит от расхода топлива и количества дутья. При уменьшении количества дутья ниже нормального, горение протекает в неблагоприятных условиях и производительность вагранки падает. Увеличивая количество дутья, можно в известных пределах повышать производительность вагранки, но значительного перегрева чугуна при том же расходе топлива не достигается.

Производительность вагранки в час повышается пропорционально площади поперечного сечения шахты и количеству дутья. В отношении расхода топлива она находится в обратной пропорциональности.

При суждении о производительности вагранки необходимо принимать во внимание расход топлива.

Нижеследующая таблица дает соотношения между производительностью и расходом топлива.

Внутренний диаметр шахты мм	Площадь поперечного сечения шахты м ²	Количество дутья в минуту м ³	Производ. в кг/час. при расходе топлива в				
			6%	7%	8%	9%	10%
500	0,1964	20	2000	1700	1500	1330	1200
600	0,2827	28	2800	2400	2100	1900	1700
700	0,3848	38	3800	3300	2900	2600	2300
800	0,5026	50	5000	4300	3700	3300	3000
900	0,6362	64	6400	5400	4800	4200	3800
1000	0,7854	79	7900	6700	5900	5200	4700
1100	0,9503	95	9500	8100	7100	6300	5700
1200	1,1310	113	11300	9700	8500	7500	6800

Размеры вагранок.

При определении размеров вагранки можно пользоваться вышеприведенными таблицами. Расчет вагранок производится в предположении, что выпуск чугуна для отливки происходит через три часа после задувки вагранки.

Расстояние от лещади вагранки до фурм не имеет большого значения в отношении расхода кокса. Вагранки с небольшим расстоянием от лещади до фурм имеют то преимущество, что чугун проходит короткий путь и не успевает поэтому поглотить большого количества серы из кокса. Нижеследующая таблица дает указания относительно требуемого расстояния от лещади до фурм на каждые 100 кг расплавленного чугуна, скапливающегося в горне вагранки.

Внутренний диаметр шахты мм	Поперечное сечение шахты м ²	Расстояние фурм от лещади на каждые 100 кг расплавляемого чугуна мм
600	0,2827	116
700	0,3848	85
800	0,5026	65
900	0,6362	51
1000	0,7854	42
1200	1,1310	29

Высота шахты должна быть достаточной, для того, чтобы уходящие из вагранки газы успевали отдавать большую часть своего тепла расплавляемым материалам. При высоком давлении воздуха, заставляющем газы быстрее проходить сквозь толщу шихтовых материалов, шахта должна быть также сравнительно высокой. Так как давление воздуха пропорционально диаметру шахты, т.-е. с увеличением диаметра шахты повышается и давление дутья, то и высота шахты, определяемая в зависимости от давления дутья, рассчитывается по диаметру шахты.

В нижеследующей таблице приводятся высоты шахт для ряда вагранок с расходом топлива в 8⁰/₀:

Внутренний диаметр шахты D мм	Расстояние от фурм до загрузочного отверстия мм H	$\frac{H}{D}$	К-во расплавлен. чугуна, скапливаемого в вагранке кг	Расстояние от лещади до фурм мм	Высота всей вагранки от лещади до загрузочной дверцы мм
600	3279	5,4	500	580	3860
700	3822	5,5	800	680	4500
800	4370	5,4	1200	780	5150
900	4913	5,45	1500	765	5680
1000	5467	5,46	2000	840	6300
1200	6564	5,45	3000	870	7440

Для разогрева вагранки на лещады кладутся дрова и растопка в виде ветоши, щепок, смоченных нефтью, маслами и т. д. Затем вагранка наполняется коксом немного выше фурм. Вначале, когда горят дрова, горение происходит при естественной тяге до тех пор, пока не раскалится верхний слой кокса. Это занимает от одного до двух часов. Для нормального хода плавки необходимо, чтобы слой кокса не был слишком высоким. При слишком большом слое кокса часть его выгорает прежде, чем чугун попадает в зону плавления, т.-е. этот кокс выгорает совершенно бесполезно. Когда слой кокса оказывается слишком низким, чугун опускается почти к самым фурмам и здесь сильно окисляется кислородом дутья. В такой плавке чугун выпускается холодным, давая твердые отливки. Высота колоши кокса над фурмами должна быть в пределах 375 — 600 мм.

Для каждой данной вагранки точная высота коксовой колоши может быть определяема только практически. Если слой кокса выбран надлежащей высоты, то чугун начинает быстро плавиться через 8 — 12 минут. В случае затянувшегося расплавления, причину надо искать в неправильно взятой высоте кокса, т.-е. либо слишком высокой или слишком низкой «холостой колоше».

Геличина слоя кокса оказывает также влияние и на состав газов. Так, напр., по Osann'у:

	Количество воздуха на 1 кг кокса м ³	Состав газа %:		
		CO ₂	CO	O
Низкая коксовая колоша.	6,5	1,60	7,0	} 0,5 — 1,0
Высокая » »	5,4	11,0	15,5	

На равномерно распределенный слой раскаленного кокса (холостая колоша) опускается шихта из перемежающихся ко-

лош чугуна и кокса (рабочая колоша), наполняя таким образом вагранку почти до загрузочного отверстия. При введении в шихту скрапа, последний необходимо загружать после свежего чугуна, так как скрап состоит из небольших кусков, которые плавятся раньше более тяжелого чушкового чугуна. Количество кокса в рабочей колоше должно быть достаточным для того, чтобы постоянный слой раскаленного кокса во время всей плавки оставался неизменным. Если колоша кокса слишком велика, то она оказывает такое же действие, как слишком высокий постоянный слой раскаленного кокса, т.-е. часть кокса выгорает прежде, чем следующая шихта попадает в зону плавления. Этим вызывается замедление в процессе плавления.

Слишком малая колоша кокса оказывает обратное действие: слой раскаленного кокса, не получая достаточного пополнения взамен сгоревшего, уменьшается, допуская чугун плавиться близко у фурм, вследствие чего он охлаждается, окисляется и становится негодным.

Опыт показал, что колоша кокса в 150 мм высотой оказывается наиболее пригодной, поэтому и количество чугуна, загружаемое в вагранку, должно быть в соответствии с расходом кокса. Нижеследующая таблица дает вес рабочей колоши кокса в 150 мм высоты для вагранок различных диаметров, а также чугуна в зависимости от процентного расхода кокса (см. табл. на стр. 53).

Для образования шлака из золы горючего и окислов, образующихся при переплавке, в вагранку вводятся флюсующие материалы, обычно известь, которая, помимо флюсования выгорающих примесей и золы кокса, производит также десульфурацию. Чем больше золы содержится в коксе, тем большее количество извести необходимо вводить в вагранку. Количество вводимой извести колеблется от 20 до 30 кг на каждые 100 кг кокса, а иногда и больше. Легкоплавкий шлак защищает чугун от окисления во время плавления, обвола-

Внутренний диаметр шахты мм	Площадь поперечного сечения шахты м ²	Вес колоши кокса высотой в 150 мм кг	Вес загружаемого чугуна при расходе кокса в				
			7%	8%	9%	10%	12%
500	0,1964	15	214	187	166	150	125
600	0,2827	21	300	262	233	210	175
700	0,3848	29	414	362	322	290	241
800	0,5026	38	543	475	422	380	316
900	0,6362	48	685	600	533	480	400
1000	0,7854	59	843	737	655	590	491
1100	0,9503	72	1028	900	800	720	600
1200	1,1310	85	1214	1062	944	850	708

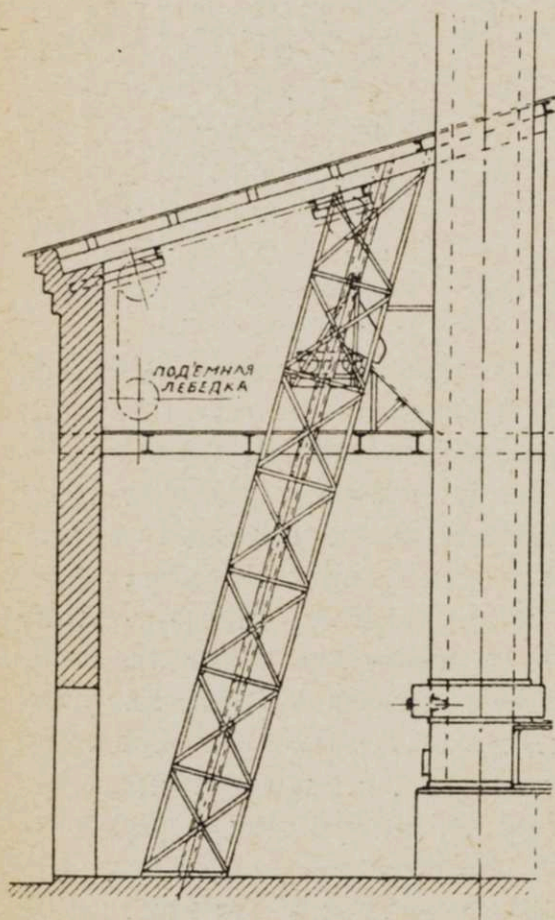
кивая капли чугуна, когда они проходят зону дутья. Известняк должен содержать возможно меньшее количество кремнекислоты, понижающей флюсующую способность его. Так как чугун при переплавке в вагранке приходит в непосредственное соприкосновение с горючим и поэтому может поглощать из него вредные примеси, главным образом серу, то сырое горючее никогда не применяется. Таким образом, каменный уголь, как содержащий почти всегда значительное количество серы, не применяется для плавки в вагранке. Древесный уголь для многих местностей является слишком дорогим, поэтому единственным горючим, наиболее часто применяемым, остается кокс, имеющий, к тому же, высокую теплотворную способность.

В вагранку идет наиболее пригодный для плавки сорт кокса, который носит название литейного кокса. Хороший литейный кокс светлее обычного газового кокса, имеет меньшую пористость и более толстые стенки между порами. Литейный кокс тяжелее и более крепок и звонок, нежели обычный кокс. Размер кусков кокса должен быть не меньше

двух кулаков. Содержание золы в хорошем литейном коксе не должно превышать 10% *).

Загрузочные устройства.

Загрузка шихтовых материалов в вагранку обычно произ-



водится со специальной колошниковой площадки, устроенной на одном уровне с загрузочным отверстием. Для подачи шихты на завалочную площадку применяются различные подъемные устройства, приводимые в движение вручную, электромоторами или сжатым воздухом. Встречаются также гидравлические ваграночные подъемки. В последнее время входят в употребление автоматические загрузочные машины. Две подобные конструкции изображены на фиг. 15 и 16.

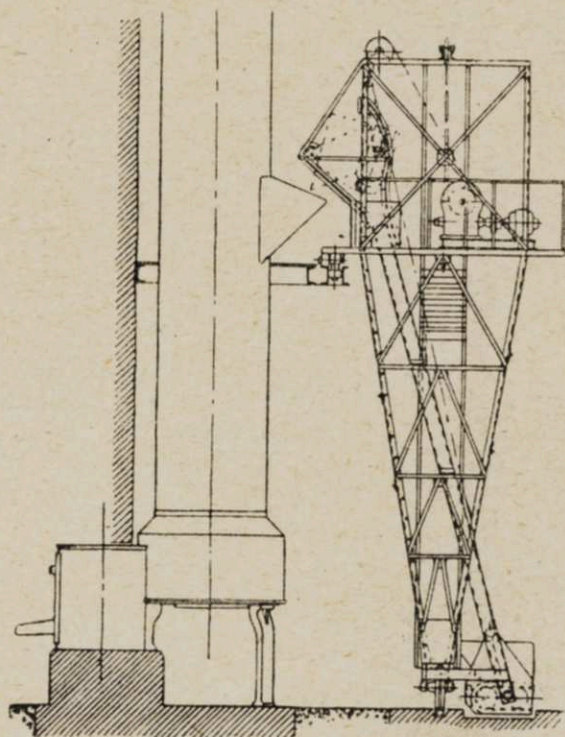
Простое устройство, показанное на фиг. 15, напоминает обыч-

Фиг. 15. Стационарный ваграночный подъемник.

*) Чрезвычайным недостатком русского кокса является значительное содержание в нем серы, доходящее до 2% и даже выше, что должно быть признано за весьма высокое и вредное. *Ред.*

ный доменный подъемник в миниатюре. Мост подъемника установлен в наклонном к печи положении. Вместо обычной подъемной клетки здесь имеется ковшеобразная бадья.

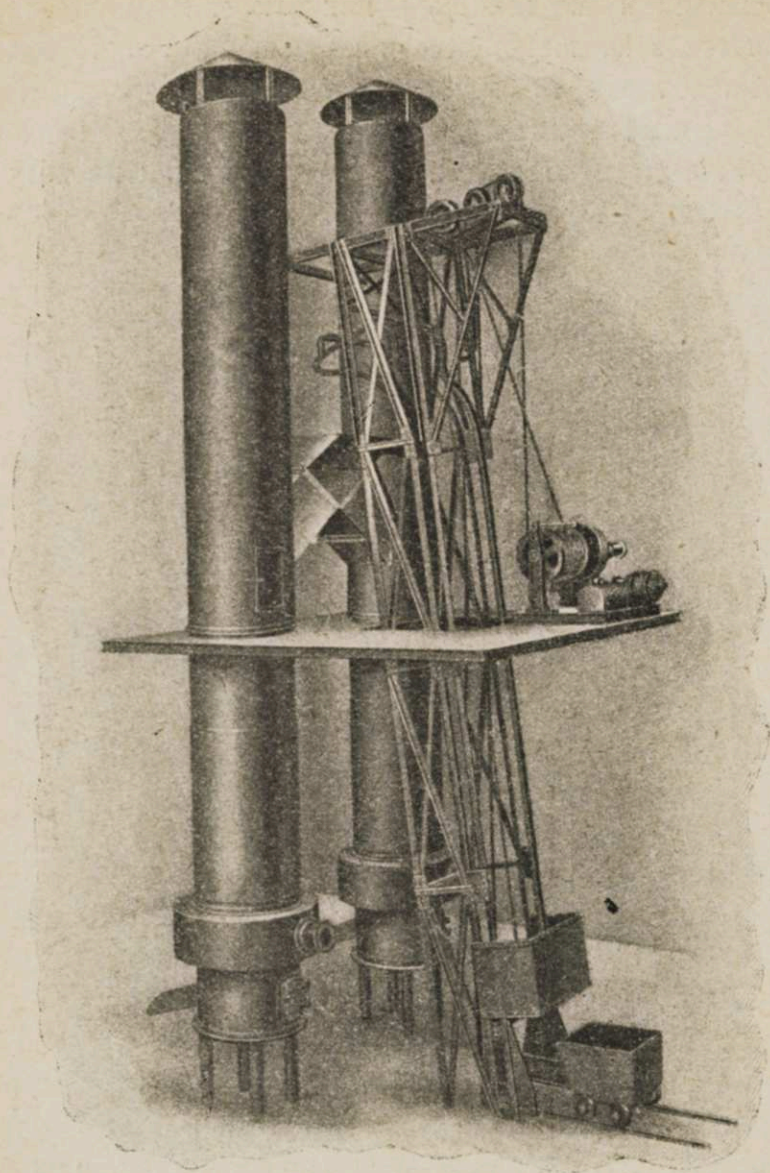
Подъемный механизм может иметь конструкцию, подобную обычным подъемникам. Рассортированная на полу ма-



Фиг. 16. Передвижной подъемник.

стерской шихта поднимается к загрузочному отверстию и поступает в печь через специальную завалочную воронку. Бадья, поднятая к воронке, при помощи простого приспособления автоматически опрокидывается. Такие приспособления стационарного типа, поэтому они могут обслуживать только одну вагранку.

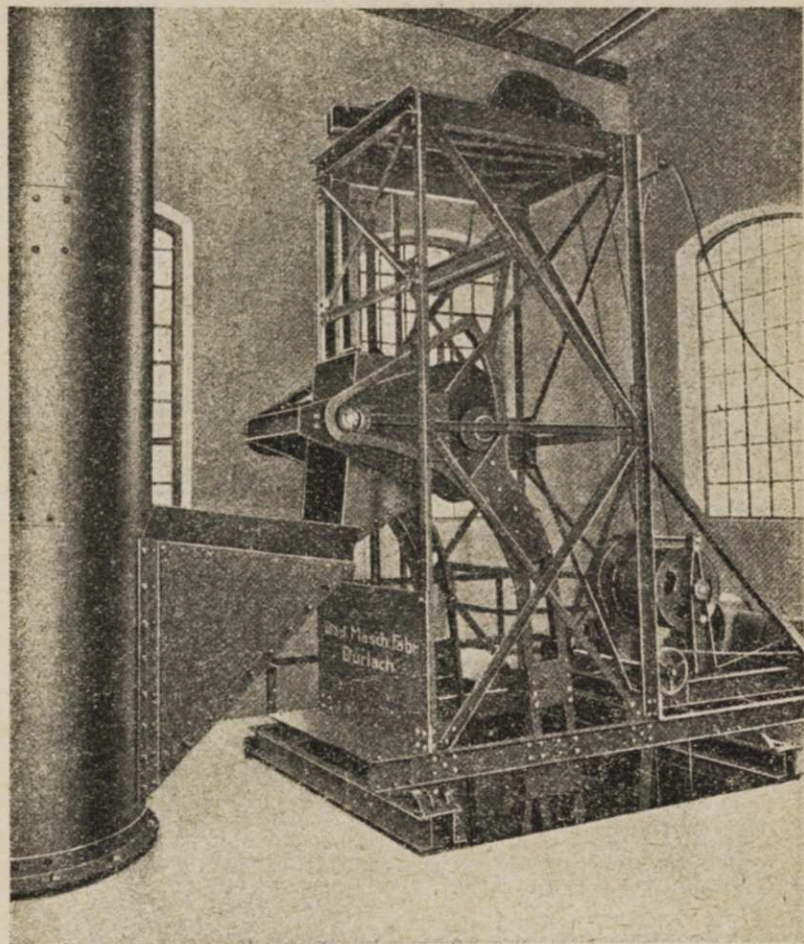
Фиг. 16 изображает передвижное автоматическое загрузочное приспособление, которое может применяться для двух



Фиг. 17. Стационарный подъемник, обслуживающий две вагранки.

или более вагранок. Подъемник покоится на двух колесах, катящихся по рельсу параллельно ряду печей. Верхняя часть

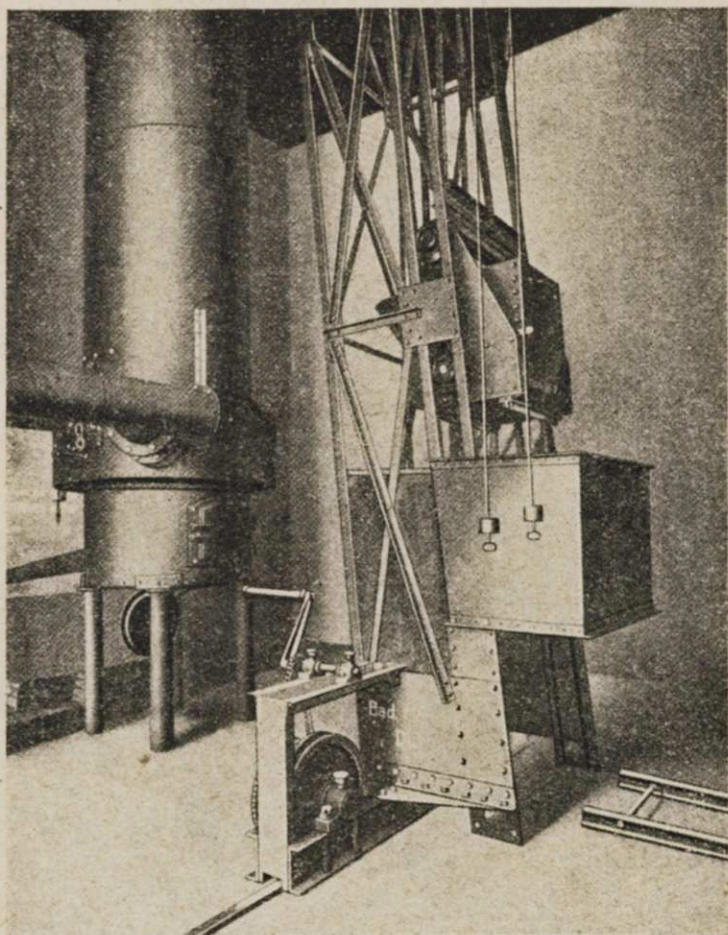
подъемника опирается на два катка, которые передвигаются по направляющим швеллерам. Весь подъемник передвигается при помощи ручной лебедки или электромотором. Автомати-



Фиг. 18. Завалочное устройство.

ческий механизм помещается на завалочной площадке подъемника. Механизм приводится в движение либо при помощи ременной передачи, либо он непосредственно соединен с электромотором. Последняя конструкция является более удобной, так как при этом отпадают все затруднения, свя-

занные с ременной передачей. Бадья опоражнивается, поворачивается и опускается к полу мастерской автоматически.



Фиг. 19. Передвижной подъемник (внешний вид).

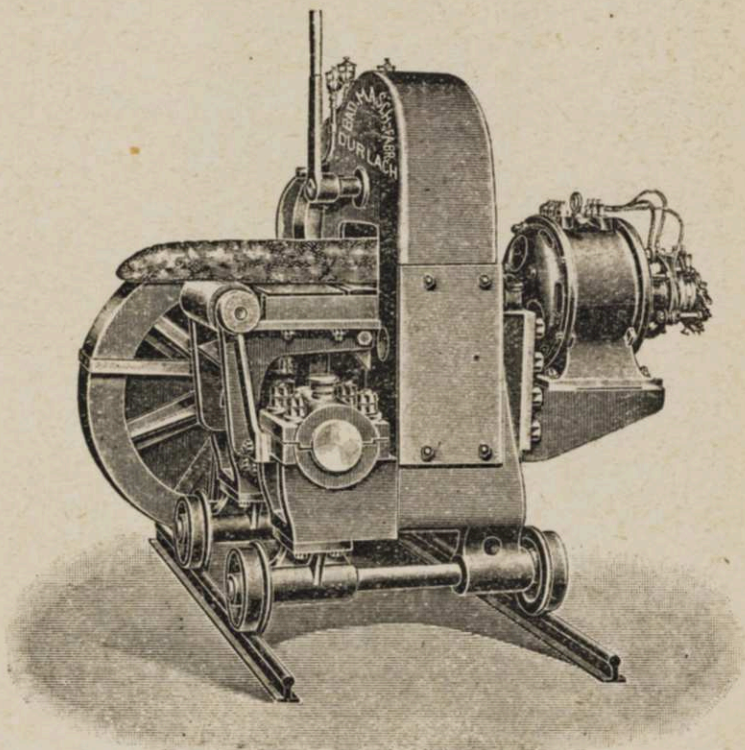
Фиг. 17 представляет внешний вид стационарного подъемного и завалочного приспособления, обслуживающего две вагранки.

На фиг. 18 изображена верхняя часть подъемника и завалочное устройство для загрузки шихты в вагранку.

Внешний вид передвижного подъемника приведен на фиг. 19.

Подобные подъемники дают возможность производить загрузку быстро и с большей тщательностью. В приведенных конструкциях управление подъемниками производится с пола мастерской.

Дутье продолжается до тех пор, пока перед фурмами имеется засыпь шихты. Когда таковая опускается до уровня

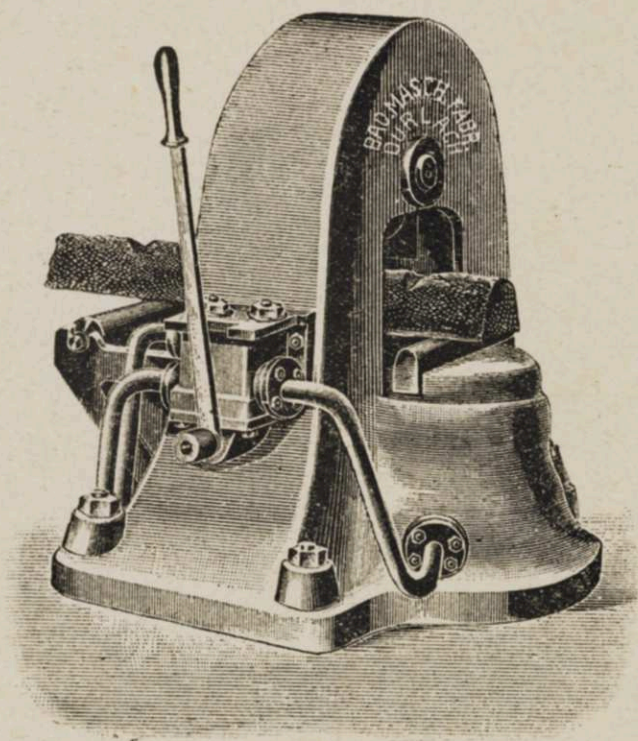


Фиг. 20. Разламыватель с электрическим приводом.

фурм, тогда дутье прекращается и остатки металла и шлака выпускаются. После выпуска открывается дверца в лещади и остатки шлака и кокса удаляются.

После каждой плавки печь должна приводиться в порядок для следующей плавки. Приставший к стенкам шлак удаляется ломом. Образовавшиеся между кирпичами стекло-

видные прослойки оставляют в печи нетронутыми, так как они связывают кладку и предохраняют ее от дальнейшего разрушения. Разъединенные части футеровки печи заправляются огнеупорным кирпичом или песком, замазываются известковой массой и покрываются огнеупорной глиной, слоем в 10 мм.



Фиг. 21. Гидраглический разламыватель.

Лещадь вагранки набивается толстым слоем в 80—150 мм формовочного песка с уклоном к выпускному отверстию. Песок не должен быть очень тощим, так как в этом случае чугун может легко прорваться через подину. Слишком жирный глинистый песок также не годится, потому что, будучи легкоплавким, такой песок легко сплавляется и образует твердую лепешку. Поверхность футеровки смачивается раствором глины.

Выпускное отверстие устраивается из огнеупорного кирпича и должно иметь снаружи диаметр не менее 50 мм. Выпускное отверстие внутрь имеет расширяющуюся форму.

Для раздробления длинных чушек чугуна в больших литейных имеются специальные разбивочные машины. На фиг. 20 и 21 изображены подобные машины.

В малых литейных чугуны разламывают вручную при помощи кувалды.

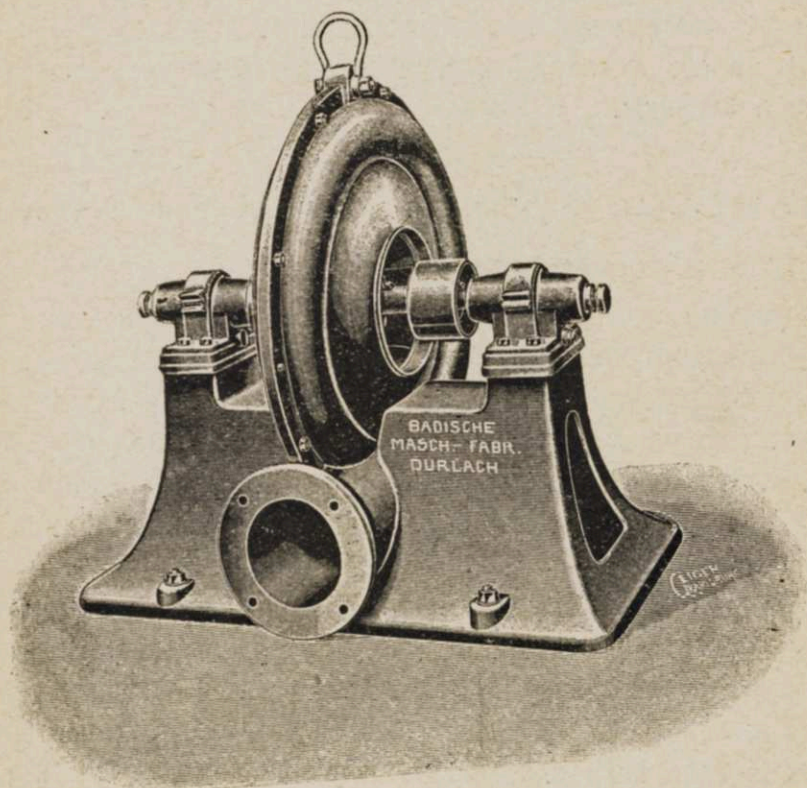
Воздуходувные машины и приборы для измерения дутья.

Давление дутья, подаваемого в вагранку при производстве фасонного чугунного литья, сильно отличается по величине от давления дутья в других печах, напр., в доменных печах, вагранках, обслуживающих бессемеровские конверторы и т. д. В вагранки для производства чугунного литья поступает, как правило, дутье невысокого давления. Величина последнего составляет в среднем 30—60 см водяного столба, т.-е. 0,03—0,06 кг/см², в то время как в современных доменных печах давление дутья достигает 0,3 кг/см² и выше. Вагранки для бессемерования требуют 0,15 кг/см². Высокое давление, как уже это ранее указывалось, вызывает различные неполадки в ходе вагранки, увеличивает расход топлива и т. д.

Характер дутья, применяемого в вагранке, обуславливает тип воздуходувной машины, поэтому цилиндрические машины, компрессоры и турбовоздуходувки для вагранок почти не применяются.

Для подачи дутья в вагранку применяются воздуходувные машины двух типов: центробежные вентиляторы высокого давления и ротационные воздуходувки с вращающимися поршнями. Последние машины часто носят общее название воздуходувок Рута, по имени фирмы, впервые выпустившей эти машины. Центробежные вентиляторы высокого давления

состоят из лопастного колеса, которое вращается в круглом кожухе. Воздух поступает в центральную часть вентилятора, а выходит из него по касательной к окружности кожуха через особый патрубок. Поступивший в вентилятор воздух

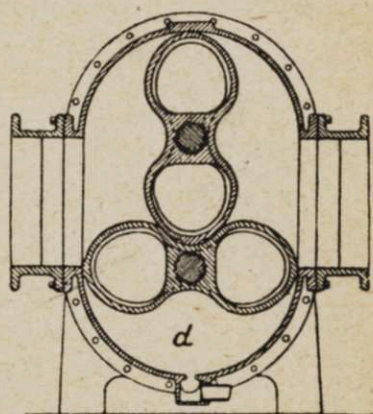


Фиг. 22. Центробежный вентилятор высокого давления.

под действием центробежной силы лопастного колеса отбрасывается лопастями к кожуху и, сгущаясь, получает то или иное давление, в зависимости от скорости вращения лопастного колеса. На фиг. 22 изображен вентилятор высокого давления, приводимый в движение при помощи ременной передачи. В нижеследующей таблице приводятся размеры и производительность вентиляторов высокого давления для вагранок по данным Badische Maschinenfabrik.

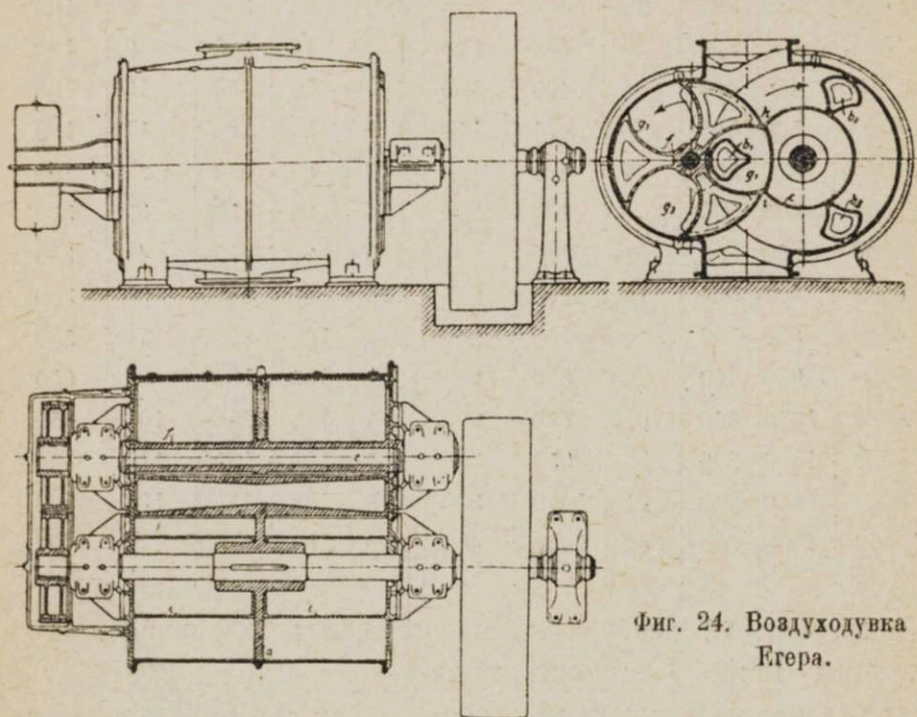
Час. прозв. вагранки в %	Диаметр ваг- ранки в .м.м	Давл. водян. столба в .м.м	Мощн. вент. в лоп. сил	Диам. лопа- стн. колеса в .м.м	Диам. па- трубка вен- тил. в .м.м	Диам. шкива в .м	Шир. шкива в .м.м	Число обор. вент. в мин.	Объем возд., подав. вент. в мин. м ³	Вес вент. в %
350	300	300	2 1/2	400	120	100	70	3300	6	100
500	400	350	3	400	120	100	70	3350	9	120
750	450	400	4	400	120	100	70	3800	13	120
1000	500	500	5	475	150	120	80	3200	17	190
1500	550	500	7	475	150	120	80	3500	25	190
2000	600	500	9	600	200	150	90	2500	35	330
2500	650	500	11	600	200	150	90	2750	45	330
3000	700	500	13	675	225	175	100	2450	50	380
4000	800	500	16	750	250	200	100	2200	70	550
5000	900	600	23	850	290	225	125	1900	85	650
6000	1000	600	27	850	290	225	125	2100	100	650
7000	1100	600	30	950	320	250	150	1850	120	920
8000	1200	600	41	1075	370	275	160	1700	135	1100
10000	1300	600	46	1200	400	300	180	1500	170	1700

На фиг. 23 изображена простейшая ротационная воздухо-
ходувка Рута. Она состоит из
двух лопастеобразных тел, осо-
бого вида поршней удлиненной
формы, которые попеременно вхо-
дят один в другой, подобно
зацеплению зубчатых колес, и
вращаются в противоположных
направлениях, плотно прижи-
маясь другим концом к кожуху.
При вращении поршни захва-
тывают воздух, сжимают его и
проталкивают к выпускному па-
трубку.



Фиг. 23. Ротационная воздухо-
ходувка Рута.

Воздуходувные машины типа Егера (Jeger) (фиг. 24) значительно отличаются по конструкции от более старых Рutowских воздуходувок. В воздуходувной машине Егера тоже, как и в воздуходувках Рута, имеются два вращающихся тела. Собственно, работу сгущения дутья производит только

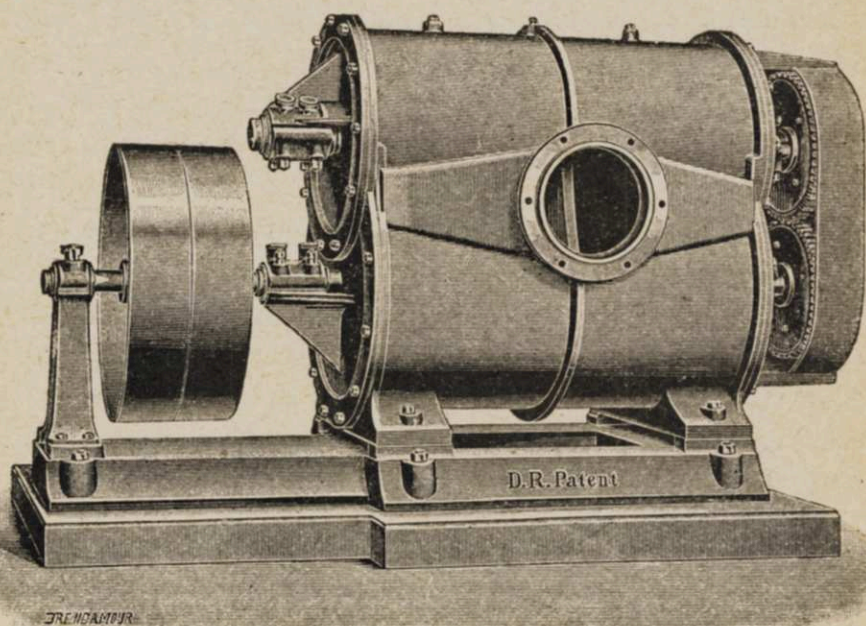


Фиг. 24. Воздуходувка Егера.

одно из них, в то время как другое является телом направляющим.

Три поршня b_1 , b_2 и b_3 , отлитые в одно целое с посаженным посередине главной оси воздудувки диском a , представляют собою вращающуюся часть рабочего тела. Оба цилиндра c неподвижны. Поршни точно соответствуют кольцевому рабочему пространству, образованному кожухом и цилиндрами c и при вращении плотно прижимаются к последним. Направляющее тело составляет другую вращающуюся часть машины. Оно посажено на оси s и состоит

из полого цилиндра, в котором имеются три выреза g_1 , g_2 и g_3 . Последние устраиваются таких размеров и формы, чтобы при вращении в них могли свободно проходить поршни рабочего тела. Неподвижные цилиндры с тоже имеют, как видно из чертежа, с одной стороны углубление $h-i$, соответствующее крестообразному телу, которое ограничивает g_1 , g_2 и g_3 .



Фиг. 25. Ротационная воздуходувка Егера. Внешний вид.

По принципу действия воздуходувки Егера и Рута совершенно одинаковы. Рабочее тело и управляющее в воздуходувках Егера вращаются в противоположных направлениях, аналогично поршням в воздуходувках Рута. Благодаря наличию приспособления $h-i$, сжатый воздух не может устремляться назад к всасывающей стороне, так как h , выполняющий роль клапана, открывается только после того, как i совершенно закроет отверстие.

На фиг. 25 показан внешний вид воздуходувки системы Егера с ременной передачей. Размеры и производитель-

ность ротационных воздуходувок, применяемых для подачи дутья в вагранки, приведены в нижеследующей таблице.

Часов. произв. вагранки кг	Диаметр вагранки мм	Давл. дутья вод. столба мм	Мощность в лош. сил на кажд. 100 мм вод. столба	Диам. впускн. и выход. патрубков мм	Диаметр шкива мм	Ширина шкива мм	Число обор. в мин.	Вес кг
1000	500	500	0,45	150	280	75	400	610
1500	550	550	0,80	200	330	100	380	885
2000	600	550	0,80	200	330	100	380	885
2500	650	550	1,30	225	400	125	360	1350
3000	700	600	1,30	225	400	125	360	1350
4000	800	600	1,70	250	450	150	340	1850
5000	900	600	2,50	300	500	175	320	2650
6000	1000	600	2,50	350	650	180	280	3500
7000	1100	700	3,00	350	650	180	300	3500
8000	1200	700	3,50	350	650	180	300	3500
10000	1300	800	4,20	400	750	200	280	4400

Как видно из краткого описания, оба типа воздуходувных машин имеют различную конструкцию и принцип работы.

В вентиляторах высокого давления при одном и том же числе оборотов:

1. количество подаваемого воздуха зависит от размеров выходного отверстия и сопротивления в нем, в то время как:

2. давление не зависит от величины выходного отверстия и сопротивления и изменяется только в зависимости от скорости лопастного колеса.

В воздуходувках с вращающимися поршнями имеет место обратное положение:

1. количество воздуха не зависит от размеров и сопротивления выходного отверстия, в то время как:

2. давление изменяется в зависимости от величины выходного отверстия.

Таким образом, при постоянном числе оборотов в центробежных вентиляторах давление не может подниматься выше некоторой максимальной величины. Если закрыть выходное отверстие вентилятора, то давление воздуха в нем практически почти не изменится, в то время как подача воздуха становится равной нулю. То же самое происходит и в том случае, когда в вагранке зашлаковываются фурмы. В печь тогда поступает меньшее количество воздуха, в то время как давление практически почти не меняется.

Давление дутья в воздуходувках с вращающимися поршнями зависит от герметичности при сцеплении поршней друг с другом и плотности прилегания к кожуху машины. Поэтому, если совершенно закрыть выходное отверстие в такой воздуходувке, то давление поднимется до максимума. Когда при работе с ротационными воздуходувками фурмы частично зашлакуются, то печь все равно будет получать требуемое количество воздуха, но давление дутья будет чрезмерно повышено. С повышением сопротивления необходимо увеличивать также мощность машины.

При работе с ротационными воздуходувками необходимо устраивать в воздухопроводе предохранительный вентиль, который выпускал бы часть воздуха, когда сопротивление в печи поднимется выше нормального и давление воздуха превысит известный максимум.

В вентиляторах высокого давления мощность приблизительно пропорциональна количеству дутья.

Лучшие шведские вентиляторы имеют коэффициент полезного действия 79%, в то время как в ротационных воздуходувных машинах Егера коэффициент полезного действия достигает 90% при давлении в 500 мм водяного столба. В среднем, однако, коэффициент полезного действия необходимо принимать за 50—60% для вентиляторов и 80—85% для ротационных воздуходувок.

Подсчитаем мощность воздуходувки, необходимую для подачи дутья давлением $h = 45$ см водяного столба.

Выражая давление в кг, имеем:

$$P = \frac{h}{1000} \cdot 10000 = h \cdot 10 = 450 \text{ кг.}$$

Теоретическая мощность воздуходувки выражается формулой

$$N_t = \frac{h \cdot Q_2 \cdot 10}{75},$$

где h — давление в см водяного столба, Q_2 — секундное количество воздуха в м^3

$$Q_2 = Q_1 \frac{273+t}{273} \cdot \frac{76}{p} + 10\%,$$

где t — температура воздуха в $^{\circ}\text{C}$, p — баром. давление в см ртuti.

Принимая $t = 30^{\circ}$ и $p = 70$ см, имеем $Q_2 = 1,32 Q_1$.

В нашем примере

$$N_t = \frac{450}{75} \cdot Q_2 = 6 \cdot Q_2 \text{ л. с.}$$

действительная мощность выразится:

1. для вентиляторов высокого давления

$$N = \frac{6 \cdot Q_2}{0,5} = 12 Q_2 \text{ л. с.}$$

2. для ротационных воздуходувок

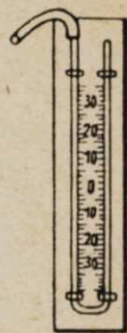
$$N = \frac{6 \cdot Q_2}{0,8} = 7,5 Q_2 \text{ л. с.}$$

Полагая $Q_2 = 66 \text{ м}^3$ в мин., или $1,1 \text{ м}^3$ в сек., имеем в первом случае 13,2 л. с., а во втором 8,3 л. с.

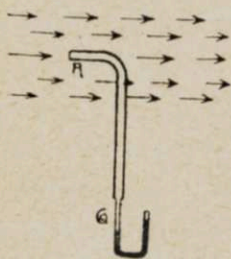
Таким образом, воздуходувные машины с вращающимися поршнями более экономичны, но они занимают больше места и стоят дороже, нежели вентиляторы высокого давления.

Давление дутья может измеряться при помощи обыкновенного тягомера (см. фиг. 26), представляющего собою

U-образную стеклянную трубку, прикрепленную к деревянной дощечке, со шкалой, разделенной на *мм*. Стеклянная трубка наполняется до половины высоты водой и соединяется резиновой трубкой с воздушным ящиком вагранки. Когда вода в обоих коленах установится на постоянных высотах, тогда разница уровней воды в обоих коленах показывает давление воздуха в *мм* водяного столба. Полученное таким образом измерение показывает только давление и не дает представления о количестве воздуха, вводимого в вагранку. Для определения последнего необходимо знать скорость воздуха. Движущийся газ или воздух, встречая какую-нибудь поверхность, оказывает на нее давление, которое тем больше, чем больше скорость газа. Так, напр., воздух, поступающий в тягомер, встречает поверхность воды в колене и создает некоторое давление, благодаря которому вода в другом колене поднимается.



Фиг. 26.
Тягомер.



Фиг. 27. Схема установки для определения давления.

Измеряя это давление, можно при некоторых допущениях определить скорость газа, так как давление пропорционально квадрату скорости. Такое давление получается в результате известной скорости газа, т.-е. зависит от его движения, а потому и носит название динамического, в отличие от статического давления при сжатии газа.

Простейший прибор для определения динамического давления показан на фиг. 27.

Он состоит из наполненной водой стеклянной U-образной трубки. Одно колено U-образной трубки сообщается со струей газа или воздуха при помощи другой изогнутой трубки. Разность уровней воды в U-образной трубке указывает величину динамического давления в *мм* водяного столба.

Динамическое давление и скорость находятся в следующей зависимости:

$$P_d = \frac{\gamma \cdot \omega^2}{2g}.$$

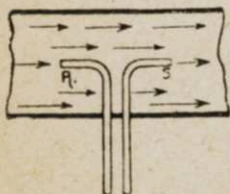
P_d динамическое давление в мм водяного столба,

γ удельный вес газа,

ω скорость газа в м/сек,

g ускорение силы тяжести.

В закрытых газопроводах, в которых давление газа больше или меньше атмосферного, необходимо учитывать также и статическое давление. Динамическое давление в таком случае есть разность между давлением, показываемым U-образной трубкой и статическим давлением. Эта разность непосредственно определяется при соединении U-образной



трубки с измеряемым давлением. На этом

принципе основано большинство приборов для определения скорости и объема воздуха. На практике обычно пользуются двумя трубками, так назыв. трубками П и т.о. Концы трубки изогнуты под прямым углом и устанавливаются одна по направлению движения воз-

Фиг. 28. Трубки
Пито.

духа, а другая против движения (см. фиг. 28). При соединении обеих трубок с измеритель-

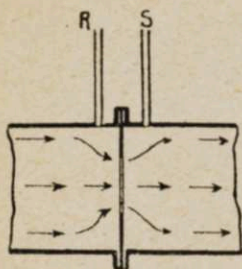
ным прибором последний показывает давление несколько больше действительного динамического давления, так как в трубке S происходит некоторое разрежение.

Произведенные исследования показали, что действительное давление в 1,37 меньше показываемого давления (при одинаковых трубках). Этот коэффициент должен всегда учитываться при расчетах; напр., приведенная выше формула принимает такой вид:

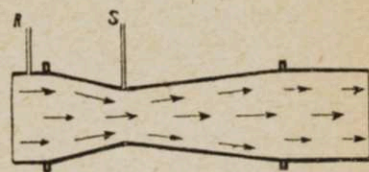
$$P_d = K \cdot \frac{\gamma \cdot \omega^2}{2g},$$

где $K = 1,37$.

Динамическое давление можно определять еще следующим образом: сечение газопровода уменьшается в одном месте и измеряется разность давления до и после сужения. Эта разность пропорциональна квадрату скорости. Изменение сечения газопровода производится либо при помощи специального шибера с отверстием (см. фиг. 29), который опускается в канал или трубу, подводящую воздух или газ, либо при помощи специальной



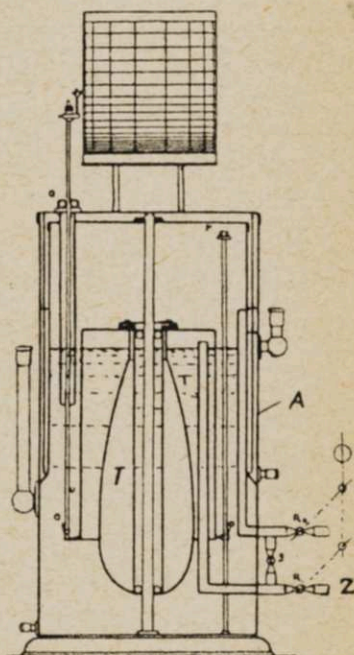
Фиг. 29. Шибер для определения скорости газов.



Фиг. 30. Трубка Вентури.

ной трубки Вентури (фиг. 30).

Собственно, измерительный прибор состоит из U-образной стеклянной трубки, микроманометра, или поплавка, который системой рычажков соединен со стрелкой, указывающей скорость воздуха. Однако, эти приборы не могут непосредственно указывать количество воздуха. Для этой цели имеются другие аппараты, автоматически вычерчивающие кривую давления в виде диаграммы, по которой легко определяется количество воздуха с помощью планиметра. Подобный прибор показан на фиг. 31. Аппарат состоит из сосуда *A*, наполненного до некоторой высоты жидкостью. На жидкости покоятся поплавки *T*, снабженный колпач-



Фиг. 31. Саморегирующий аппарат для определения количества воздуха.

ком, с которым сообщается при помощи трубки L пространство, в котором необходимо произвести измерение. Когда воздух поступает под колпачок, поплавок поднимается и под колпачком устанавливается давление, равное определяемому. Поплавок соединен с пером, которое вычерчивает кривую на барабане с диаграммной бумагой. Барабан вращается при помощи часового механизма. Получаемая кривая указывает непосредственно величину давления. Скорость же определяется из диаграммы, в которой на соответствующих координатах огложены скорости пропорционально квадратному корню из давлений. Форма поплавка такова, что поверхность жидкости, которая испытывает измеряемое давление, будет тем меньше, чем больше поплавок вытесняется из воды.

Измеряемое давление воздуха сравнивается с другим давлением определений величины при некоторой определенной температуре, принятым за единицу: напр., 760 мм и 0°C. Для этой цели пользуются специально построенной диаграммой, по которой устанавливаются требуемые величины.

Так как скорость воздуха не одинакова в разных местах трубопровода и значительно изменяется в зависимости от величины поднятия шибера, поворотов и сечения каналов, то измерительный прибор должен присоединяться при помощи длинной трубки, которая должна быть по крайней мере раз в 10 длиннее диаметра канала, в котором производится измерение. В случае невозможности производить измерение указанным способом, необходимо определить среднюю скорость трубопровода или канала и присоединять аппарат к тому месту, сечение которого соответствует этой средней скорости.

Отливка.

Изделия отливаются в горизонтальном, вертикальном или наклонном положении. Та часть изделия, к которой предъявляются особенно строгие требования в отношении плотности и чистоты отливки, должна находиться при литье внизу. Верхняя часть отливки обычно пузыриста и неплотна. Наибольшие требования предъявляются к тем деталям, которые подвергаются обработке. Изделия, в которых трудно было бы избежать при горизонтальной отливке раковин и пузырей, например, валки, трубы, цилиндры паровых машин и моторов и т. п., отливаются в вертикальном положении. При таком методе отливки вес самого металла способствует уплотнению отливки. Для той же цели на отливки ставят прибыля, со специальной целью перевода в них невольно образующихся раковин и более ликвидированных мест, а изделие остается чистым и доброкачественным. Иногда применяется наклонная отливка. При этом способе неплотности и загрязнения также оказываются наверху.

Температура чугуна оказывает большое влияние не только на самый процесс отливки, но и на свойства отливаемого изделия. Слишком холодный чугун может не заполнить форм и некоторые части изделия совсем не получатся. В холодном чугуне легче запутывается и труднее выделяется шлак, что влечет загрязнение отливок. Чрезмерно горячий чугун действует разрушительно на формы и способствует образованию усадочных раковин.

Температура отливки оказывает большое влияние на прочность, плотность, упругость, твердость и однородность изделия. Испытания показали, что при повышении температуры отливки с 1245 до 1350°C временное сопротивление увеличивается до 33%. Дальнейшее повышение температуры до 1400° снова несколько понижает прочность. В нижесле-

дующей таблице приводятся рекомендуемые температуры выпуска чугуна из вагранки для различных отливок.

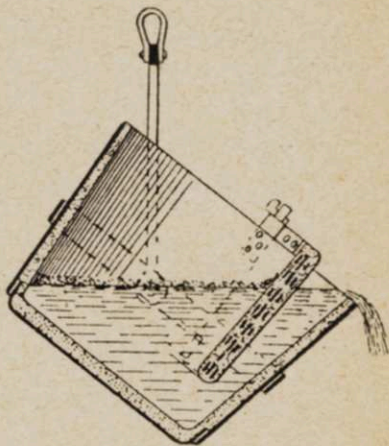
Крупное толстостенное литье, к которому не предъявляется особых требований, напр., плиты, отливаемые в песке, грузы и т. п.	1200°C
Толстостенные машинные отливки	1260°C
Среднее машинное литье	1320°C
Тонкостенные отливки	1380°C
Специальные отливки из малоуглеродист. чугуна.	1450°C

Температура отливки устанавливается в зависимости от величины и формы изделия, особенностей формовки, размера литников и т. д.; так, например, отливка в сырую песочную форму требует более нагретого чугуна. При узких литниках металл должен быть также более горячим. Надлежащая температура чугуна при отливке может быть правильно определена только опытом. В зависимости от степени нагрева, чугуны носят название: холодный, нагретый, горячий, очень горячий и перегретый. Температуру чугуна можно определять при известном навыке по внешнему виду металла: перегретый чугун слегка дымит, очень горячий чугун молочно-белого цвета, менее горячий чугун принимает оттенки от желтоватого до оранжевого с легкой розоватостью.

Для точного определения температуры металла применяются пирометры, обычно оптические. Можно определять температуру чугуна, пользуясь сухим, чистым чугунным прутом диаметром в 20 мм, который погружается в чугун. При горячем чугуне такой пруток плавится при одном опускании в металл, менее горячие чугуны требуют погружения в расплавленный металл контрольного прутка два или три раза. Определение температуры сильно перегретых чугунов производится при помощи прутка из мягкого железа при тех же мерах предосторожности. Определение степени нагрева

«на-глаз», по цвету или «игре» чугуна не надежно, так как на цвет и поверхность расплавленного металла влияют различные факторы помимо температуры: напр., освещение, скорость отливки и химический состав ванны.

Перед отливкой чугун сливается в ковш, в котором отстоявшийся шлак снимается кочережками через рыло наклоненного ковша. Часть шлака все же остается, так как скачать весь шлак начисто не удастся, поэтому при литье шлак задерживают клюшками, чтобы он не попал в форму. Для того, чтобы загустить остатки шлака, в ковш бросают немного чистого песка, который, соединяясь с остатками шлака, образует густоватую массу, легко отодвигаемую от струи металла. Иногда в ковшах устраивается специальная перегородка, препятствующая шлаку выливаться вместе с металлом. Подобная конструкция изображена на фиг. 32. Не следует также забывать, что слой шлака предохраняет металл от излишнего охлаждения.



Фиг. 32. Ковш с приспособлением для задерживания шлака.

Часто отдушины или «выпоры» закрываются глиняной пробкой, для того, чтобы уменьшить скорость воздуха и газов, так как в противном случае тонкие части формы могут быть сорваны. Пробка всплывает, когда до нее доходит чугун. В тех случаях, когда по условиям формовки отливки, или температуры чугуна, имеются опасения быстрого застывания металла, продухи оставляются открытыми.

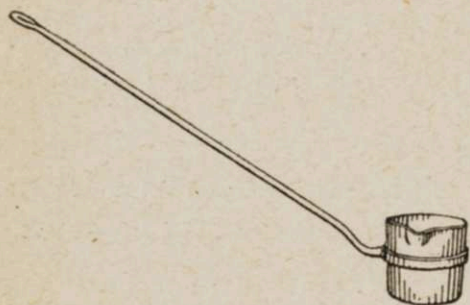
При отливке воронка литника должна быть все время наполнена металлом, так как в противном случае загрязне-

ния и шлак не смогут всплывать на поверхность и будут проникать внутрь формы и попадать в отливку. Ковш должен находиться в таком положении, чтобы «рыло» ковша при отливке оставалось на одном и том же расстоянии от воронки литника.

Часто приходится тотчас же после литья освобождать отливку из опоки, так как скрепленная форма может препятствовать равномерному охлаждению и усадке изделия. Иногда в подобных случаях не разбирают форму, а только приподнимают верхнюю опоку и разрыхляют формовочную землю между изделием и каркасом формы. Формы из сухого песка или глины должны, как правило, разрыхляться после отливки.

Литейные ковши.

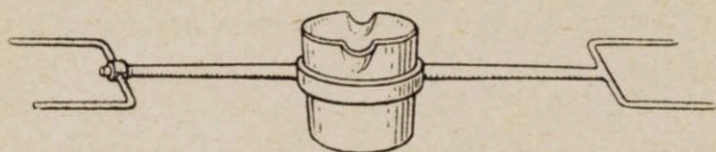
Жидкий металл выпускается из печи и переносится к месту отливки в особых сосудах различной конструкции, носящих общее название литейных ковшей. Ковши подразделяются на ручные, крановые и ковши на тележках. Ручной ковш или черпак, изображенный на фиг. 33, предназначен для переноса одним человеком. На фиг. 34 изображен ковш с двумя двойными рукоятками для двух рабочих.



Фиг. 33. Ручной ковш.

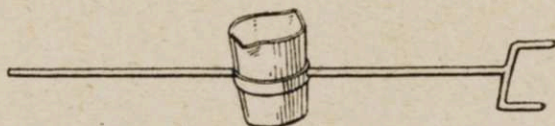
Небольшие ковши устраиваются из котельного железа толщиной 2—4 мм. Рукоятки делаются из железа, а кольцо, охватывающее ковш, стальное. С одной стороны рукоятка неподвижная, а с другого конца поворачивается, таким образом наклонять ковш может один рабочий. Конструкция ковшей должна быть прочной и легкой. Встречаются ковши

с одной двойной рукояткой. В этом случае ordinaria ручка делается неподвижной (фиг. 35). Черпаки устраиваются



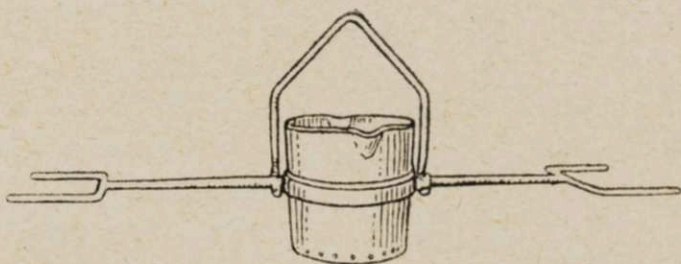
Фиг. 34. Ручной ковш с двумя двойными рукоятками.

вместимостью до 25 кг, а ручные ковши—до 150 кг. На фиг. 36 изображен простой подвесной ковш.



Фиг. 35. Ковш с одинарной и двойной рукояткой.

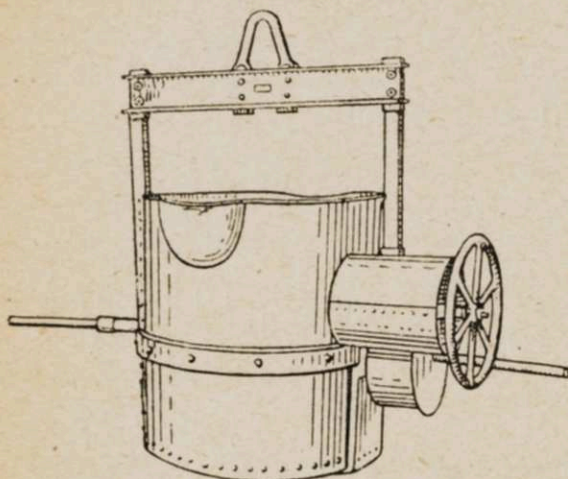
На фиг. 37 изображен крановый ковш, снабженный зубчатой передачей для наклона. Опрокидывание ковша



Фиг. 36. Простой подвесной ковш.

производится вращением штурвального колеса. На оси штурвала находится коническое зубчатое колесо, которое сцеплено с другим коническим колесом, посаженным на конец винта. Винт, в свою очередь, сцепляется с винтовым колесом,

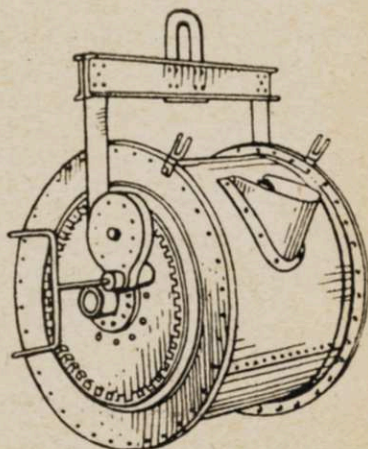
находящимся на одной из цапф, прикрепленной к кольцу, поддерживающему ковш. Во избежание заплескивания чугуном



Фиг. 37. Ковш с приспособлением для наклона.

и загрязнения, передача помещена в коробку из листового железа. Ковши подобной конструкции устраиваются вместимостью от 10 до 20 тонн и более.

Ковш цилиндрической формы показан на фиг. 38. Наклон ковша производится при помощи вилки, на которой помещается маленькая шестеренка, соединенная с другой

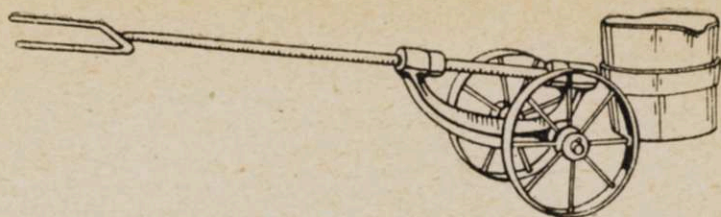


Фиг. 38. Цилиндрический ковш.

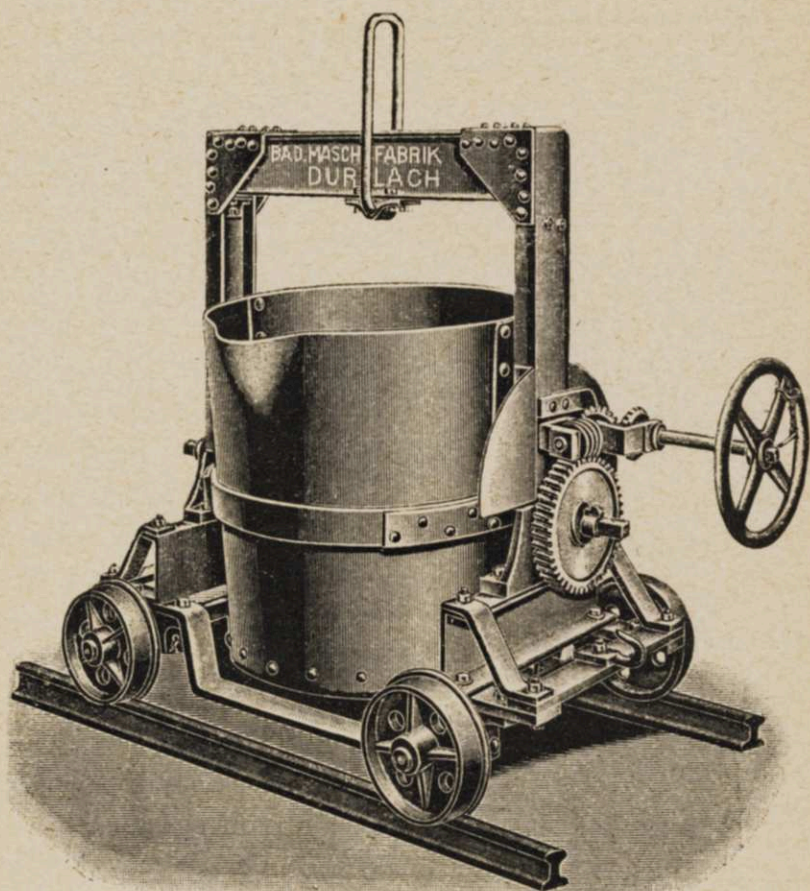
зубчаткой, сцепленной с ободом ковша. Преимущество подобных ковшей заключается в меньшем лучеиспускании, более удобном выпуске и меньшем охлаждении металла. Однако, крупным недостатком цилиндрических ковшей, затрудняющим их применение, является трудность ремонта огнеупорной кладки.

Фиг. 39 изображает ковш на ручной тележке для перевозки до 300 кг чугуна. Ковши больших размеров помещаются на четырехколесной тележке (фиг. 40). Ковши на тележках могут передвигаться

вручную, электромотором или паровозом. В последнем случае ковши имеют большую вместимость, до нескольких сот тонн,



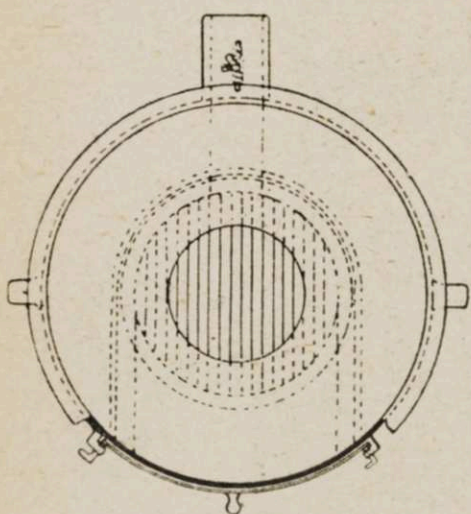
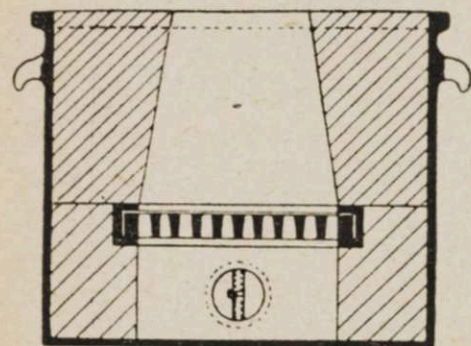
Фиг. 39. Ковш на ручной тележке.



Фиг. 40. Передвижной ковш.

и помещаются на специально приспособленных железнодорожных платформах. Цилиндрические ковши иногда также

устанавливаются передвижными на тележках.



Фиг. 41. Переносная печь для сушки
ковшей.

Большие ковши футеруются изнутри огнеупорным кирпичем, небольшие — покрываются массой из песка и глины, ручные ковшики и черпаки просто обмазываются раствором глины. Перед употреблением ковши должны хорошо просушиваться и прогреваться. Сушка производится дровами, углем, нефтяной форсункой и т. д. Прогрев ковша может производиться и в специальных горнах, постоянных или переносных. На фиг. 41 изображена переносная печь для сушки ковшей. В литейных, располагающих сжатым воздухом, устраиваются стационарные открытые горны для нагрева ковшей. Горны и печи для сушки и нагрева ковшей могут отапливаться также

генераторным, доменным, коксовальным и др. газами, в зависимости от наличия того или иного вида топлива.

Отливка чугуна в кокилли.

Как уже указывалось ранее, скорость охлаждения оказывает сильное влияние на свойства чугуна и главным образом на его структуру, твердость и плотность.

Для быстрого охлаждения отливка производится в чугунные формы или кокилли, так как, благодаря большой теплопроводности, металлические формы (кокилли) отнимают от остывающего металла значительное количество тепла, ускоряя процесс охлаждения.

На условия застывания чугуна, отливаемого в кокилли, влияют следующие обстоятельства:

1) Скорость застывания зависит от толщины стенок кокилля по сравнению с массой отливки. Чем толще кокилли, тем быстрее происходит охлаждение.

2) Влияние кокилля тем сильнее, чем выше температура отливаемого чугуна.

3) Подогревание кокилля уменьшает скорость охлаждения.

4) Охлаждение чугуна зависит также и от времени пребывания отливки в кокилле. Изделие, вынутое из кокилля при ярко-красном калении, не получает закалки и только несколько уплотняется, не сильно увеличивая твердости.

5) Скорость застывания зависит от химического состава отливаемого чугуна.

Отливка чугуна в кокилли применяется для следующих целей:

1) Отливка в кокилли делает чугун закаленным с поверхности, повышая его твердость и плотность.

2) Охлаждение крупных предметов сложной формы происходит неравномерно. Небольшие тонкие части изделия охлаждаются быстрее крупных, почему в отливке возникают внутренние натяжения, которые разрушают изделие. При отливке в кокилли крупные части охлаждаются более бы-

стро. Кокилли можно подобрать таким образом, чтобы все части изделия охлаждались с одинаковой скоростью.

3) Для получения плотной отливки крупных деталей, подвергающихся обработке.

4) Кокилли применяются также в тех случаях, когда отливка или формовка в опоки представляет большие затруднения.

5) При массовом литье отливка иногда производится в металлические формы-кокилли.

Под отливкой в кокилли обычно понимается отливка с целью получения так называемого закаленного чугуна с повышенной твердостью. Для получения твердой поверхности в кокилли отливаются: вагоночные колеса, различные валки, щеки камнедробилок, мельничные детали и т. п.

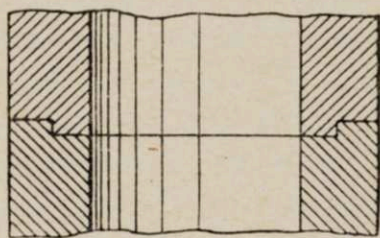
При значительной разности температур кокилля и отливаемого изделия происходит сильное дифференцирование твердых и мягких составляющих чугуна, благодаря чему понижается прочность и возникают внутренние натяжения, вследствие неравномерной усадки. Для более равномерного распределения твердой составляющей чугуна и мягкой, необходимо выбрать надлежащий состав металла и производить отливку при низкой температуре в подогретые кокилли.

Отливка в кокилли производится главным образом для изготовления валков различной конструкции, назначения и твердости. Валки обычно отливаются в вертикальном положении.

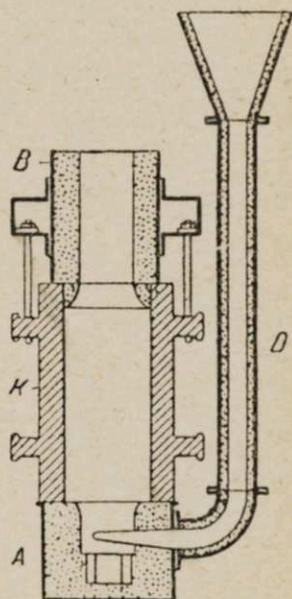
Кокилли устраиваются различной конструкции и формы. Для гладких коротких валков кокилли делаются в форме сплошного цилиндра. Длинные валки отливаются в составные кокилли. На фиг. 42 изображена форма, состоящая из верхней и нижней половины. Составные кокилли легче обрабатываются и более удобны в применении для отливки. Крепление разъемных кокиллей должно быть так сконструировано, чтобы нижняя часть, нагреваемая первой при отливке,

могла свободно расширяться. Для подъема краном кокилли снабжены цапфами, подобно большим опокам. Для большей прочности кокилли стянуты железными кольцами.

Толщина стенок кокилля для твердых валков берется равной половине диаметра валка. Внутренняя поверхность должна точно обтачиваться. Для устранения ржавления необходимо протирать кокилли керосином. На-сухо протертые кокилли смазываются жидким маслом с графитом или спиртом с голландской сажей. Для просушки кокилля перед отливкой его нагревают настолько, чтобы можно было только касаться руками.



Фиг. 42. Устройство составного кокилля.



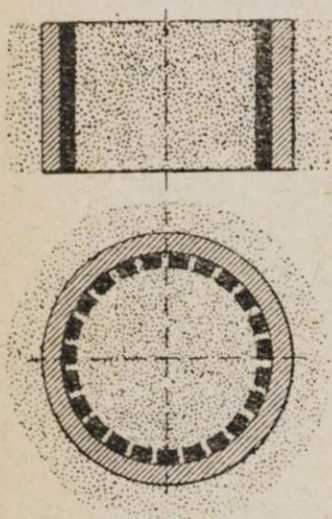
Фиг. 43. Форма для отливки гладкого валка.

Кокилли для валков, в которых не требуется высокой твердости, делаются более тонкими. Кокилли для таких валков обмазываются внутри глиной или другими огнеупорными материалами, для того, чтобы охлаждение чугуна не происходило слишком быстро.

Фиг. 43 показывает форму для гладкого валка. Форма состоит из кокилля *K*, нижней опоки *A*, верхней *B* и литника *D*. Литник подводится к нижней части валка по касательной, благодаря чему происходит энергичная циркуляция металла, которая отталкивает попадающие загрязнения к оси валка.

Во избежание трещин, которые могут возникнуть в месте перехода корпуса вала в шейку, верхнюю опоку устраивают в виде ящика, который при помощи болтов может вдвигаться в кокиль. Такое приспособление не позволяет корпусу вала при охлаждении и усадке оторваться от шейки *).

Кокилли применяются часто для того, чтобы ускорить охлаждение более крупных частей обычной фасонной отливки и тем самым устранить внутренние натяжения и трещины, которые могут получиться вследствие различной скорости охлаждения и усадки крупных и мелких частей изделия. Кроме того, кокилли делают отливку более плотной, т. к. крупные части изделия при отливке в опоке остывают очень медленно и выделяют в большом количестве графит, который делает изделие пористым.

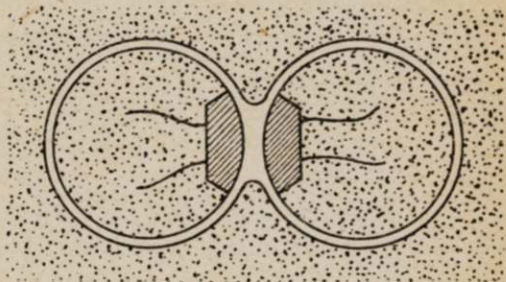


Фиг. 44. Форма для отливки поршневого кольца.

Из приведенных примеров следует, что часто назначением кокиллей является не получение закаленного чугуна, а только ускорение остывания отливки или некоторых ее частей. В этих случаях обычно не требуется значительной скорости охлаждения и поэтому кокилли для подобных целей устраиваются либо с более тонкими стенками, либо такой конструкции, которая позволяет снимать кокиль при светлом калении. Для небольших отливок кокилли обмазывают глиной и тем самым несколько замедляют остывание. Мас-

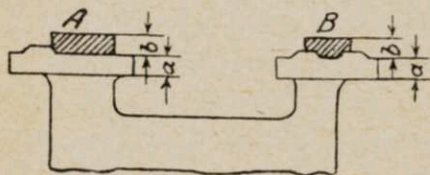
*) Как видно из фиг. 43, опока для верхней цапфы устраивается из формовочного материала, т. е. теплая. Это обстоятельство позволяет поддерживать чугун в этом месте жидким более продолжительное время, чем устраняется образование усадочной раковины в месте перехода цапфы в тело вала. *Ред.*

сивные изделия иногда отливаются в форму из земли или глины, в которую вставлены на некотором расстоянии друг от друга металлические стержни. На фиг. 44 изображена форма для отливки поршневого кольца, представляющая собою подобную комбинацию кокилля и песочной формы.



Фиг. 45. Формовка двойных цилиндров.

Кокилли для крупных отливок обмазываются графитом или олифой, иногда смешиваемой с графитом. Слой графита не должен быть толстым, во избежание загрязнения металла.



Фиг. 46.

песочную форму вставлены два кокилля (в виде массивных пластин), которые ускоряют охлаждение в стыке цилиндров. На фиг. 46 приведен еще один пример применения кокиллей для равномерного охлаждения и устранения коробления. A и B — кокилли. Толщина кокиллей $b = \frac{1}{2}$ или $\frac{2}{3} a$.

Кокилли применяются иногда при массовом производстве исключительно для упрощения формовки.

Пороки чугунного литья.

Пороки при чугунном литье происходят вследствие различных причин, которые можно подразделить на три главные группы:

1. Влияние конструкции и выполнения моделей.
2. Влияние формовки.
3. Влияние состава чугуна, его свойств и процесса отливки.

Результатом чисто формовочных ошибок являются следующие пороки:

1. Утечка чугуна из формы.
2. Выбоины.
3. Неодинаковая толщина стенок и смещение шишек.
4. Несоблюдение размеров и формы.
5. Распадение формы.

К литейным порокам, зависящим от свойств чугуна и процесса отливки, относятся:

1. Усадочная раковина.
2. Коробление отливок.
3. Незаполнение формы чугуном.

Иногда коробление отливок вызывается конструкцией модели.

Следующие пороки зависят как от формовки, так и от свойств чугуна и процесса отливки:

1. Газовые пузыри.
2. Шлаковые включения.

Утечка чугуна происходит вследствие неплотности между верхней и нижней опоками, слабого скрепления, небрежной формовки и пр. В случае легкой аварии, для того, чтобы остановить утечку, необходимо быстро забросать прорванное место песком или глиной или «заморозить» отверстие, из которого вытекает чугун, холодным предметом или струей воды.

Выбоины — неровности и углубления в изделии — получаются в результате отрыва кусочка формы. Этому способствует плохая вентиляция формы, слишком сырой песок или небрежная формовка. Неровности в отливке получаются также при кипении металла в форме. Образующиеся при кипении газы, если для них не сделаны специальные отду-

шины, проходят через всю толщу отливки, делая металл недоброкачественным. Сырая форма также способствует большому газообразованию.

Неодинаковая толщина стенок изделия получается вследствие неправильной или смещенной шишки. Искажение размеров изделия часто происходит также вследствие того, что опоки неправильно составлены, а также в результате возможного распада или обвала формы по той или иной причине. При шаблонной формовке также могут быть неправильности и неточности в размерах и форме изделия. Положение верхней опоки относительно нижней должно тщательно проверяться и точно устанавливаться по отметкам на опоках.

Распадение формы обычно происходит либо в результате неправильного или небрежного скрепления опок, либо вследствие неосторожности при переноске и подъеме. Смещение шишек происходит вследствие плохого или недостаточного закрепления.

Причины возникновения усадочных раковин и коробления были уже описаны, так же как и методы борьбы с ними, выше. Необходимо отметить, что в результате неправильного расположения или несоответствующего размера литников могут возникать различные пустоты и неплотности в отливке. Чрезмерно большие литники или литники, установленные в не надлежащем месте, при застывании втягивают в себя металл, образуя пустоты, так называемые «утяжины». Неполные отливки, «недоливки», не так редки, как это принято думать. Вследствие недостаточного количества металла форма часто не заполняется целиком, поэтому всегда нужно точно определять необходимое для отливки количество металла. Это обстоятельство особенно важно при крупных отливках. При больших отливках сложной формы с тонкими частями чугун может застыть раньше, нежели он заполнит целиком всю форму. «Вялый», т.-е. холодный, чугун

может также застыть, не заполнив формы при отливке. Поэтому для тонких отливок чугуна должен быть более горячим и жидкоподвижным. Для предотвращения указанного дефекта при отливке, литники устраиваются таким образом, чтобы чугуну не приходилось совершать длинный путь и тем излишне охлаждаться. Другой меры борьбы с незаполнением формы являются отливка в наклонном положении. В некоторых случаях для той же цели бывает достаточно произвести быстро отливку.

Пузыри получаются в результате плохой вентиляции, недостаточно просушенной формы, ржавых жеребеек, плохого чугуна и т. д. Чугун может получиться недоброкачественным при плавке в вагранке вследствие чрезмерной окисленности металла или большого содержания серы.

Окислы, шлаковые включения и пр. возникают вследствие различных причин. Окислы часто образуются в результате слишком сырой формы или литника. Кипение в форме также приводит к образованию окислов. Окислы и шлак могут заключаться в металле еще в печи и поэтому при выпуске чугуна в ковш эти включения запутываются в металле и не могут быть замечены и удалены. Включения песка—«песочины»—попадают в отливку вследствие неплотности формы, от которой могут отваливаться кусочки формочной земли. Для избежания этого формы должны хорошо утрамбовываться.

При отливке больших предметов в сырой песок трудно избежать образования окислов. При надлежащей отливке поверхность изделия может быть гладкой и чистой, но при строгании или обточке под такой поверхностью могут быть обнаружены грязь и окалина, скрытые под верхним слоем металла.

Вода из сырой формы под влиянием теплоты расплавленного металла разлагается на водород и кислород, окисляя железо, т.-е. также способствуя получению окислов. Для

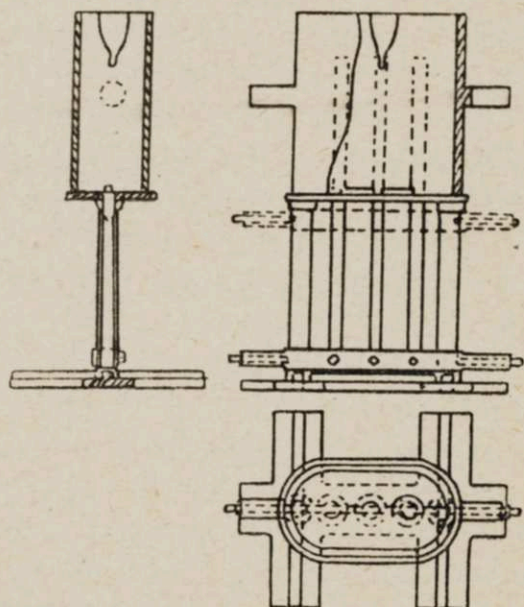
устранения этого часто большие предметы отливаются в сухие формы даже в тех случаях, когда сырая форма во всех других отношениях является более удобной.

Испытание чугунных отливок.

В конце первого тома настоящего издания вкратце были описаны общие методы испытания материалов. Испытания отливок из чугуна, подобно испытаниям других материалов, производятся помощью методов химического, металлографического и механических исследований. Наиболее важным испытанием чугуна является испытание на изгиб. При испытании определяется разрушающая нагрузка и деформация изгиба в момент разрушения бруска, дающая представление о вязкости материала. В отношении формы и размеров нормальных пробных брусков определенного мнения не существует. В Америке и Англии приняты квадратные бруски для испытания чугуна на изгиб, а в Германии и Швеции—круглые. Однако, данные немецких исследований показывают, что круглая форма бруска является более целесообразной, так как охлаждение отлитого бруска круглой формы происходит более равномерно и в бруске не возникает внутренних натяжений. Нормальный английский брусок имеет поперечное сечение $2" \times 1"$ и расстояние между опорами при испытании 3 фута. В Америке употребляются как английские стандарты брусков, так и бруски размером $1" \times 1"$ при 1—2 футах расстояния между опорами. В Германии пробные бруски изготавливаются диаметром 30 мм и 650 мм длины, при расстоянии между опорами 600 мм.

Пробные бруски отливаются в вертикальном положении в сухую песочную форму, к которой литники подводятся снизу. Бруски отливаются из чугуна той же плавки, что и отливка, материал которой испытывается. Чугун для брус-

ков не должен быть очень горячим. Бруски вынимаются из формы холодными. Пробные бруски должны быть совершенно точных размеров и формы. Для этого, во избежание механической обработки, рекомендуется применять машинную формовку брусков. Простейшая формовочная машина пробных брусков изображена на фиг. 47.



Фиг. 47. Простейшая машина для формовки пробных брусков.

На фиг. 48 показана схема наиболее часто применяемой в Швеции машины для испытания чугуна. В этой машине пробный брусок помещается на две острые опоры, между которыми посередине устанавливается нагрузка. Прочность испытуемого бруска определяется по формуле

$$K_b = \frac{P \cdot l}{4W},$$

где K_b — искомое разрушающее напряжение материала кг/см^2 .

P — нагрузка, при которой происходит излом бруска (разрушающий груз);

l — расстояние между опорами, W — момент сопротивления бруска.

Для упрощения формулы принимают l равным 20 см, тогда

$$K_b = \frac{5P}{W}.$$

Момент сопротивления для круглого бруска равен

$$W = \frac{\pi d^3}{32} = 0,0982 d^3,$$

откуда следует, что при $d^3 \times 0,0982 = 1$, W также становится равным 1. Таким образом, является очень удобным применять бруски размером 21,7 мм, у которых $W=1$, и, следовательно,

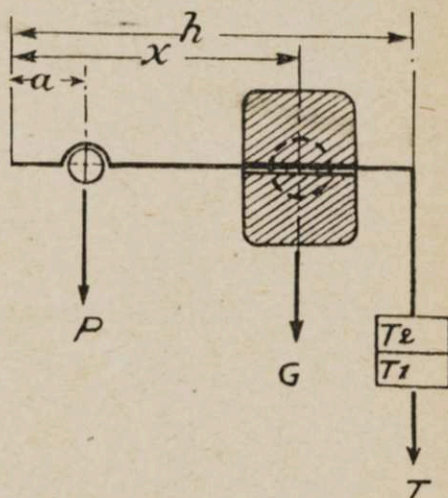
основная формула принимает простую и удобную для вычислений форму, именно

$$K_b = 5P.$$

Давление на испытываемый брусок зависит от соотношения плеч рычага подвижного груза G и дополнительных грузов T_1 и T_2 . Короткое плечо a берется равным 80 мм, в то время как вся длина рычага h составляет 800 мм, т.-е. в 10 раз больше.

Обозначив через x расстояние от закрепленной точки рычага до центра тяжести подвижного груза G , получаем следующее выражение для K :

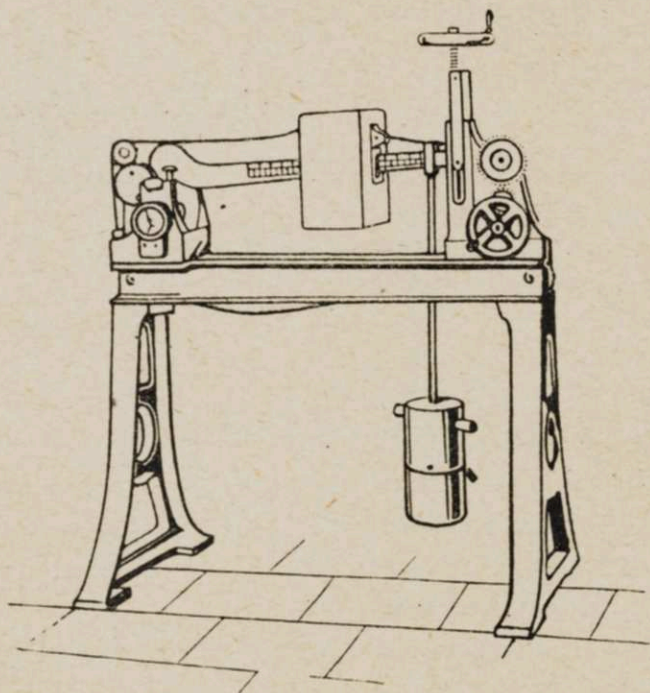
$$K = 5 \left[10 (T_1 + T_2) + \frac{x}{a} G \right],$$



Фиг. 48. Схема распределения нагрузки в машине для испытания чугуна.

откуда при $K = max$ определяется величина подвижного груза.

При разрушающем усилии ниже 4000 кг. употребляется только подвижной груз, который устанавливается по нижней шкале рычага, предназначенной для нагрузок от 2000 до



Фиг. 49. Машина для испытания чугуна.

4000 кг. Верхняя шкала применяется для нагрузок 3000—5000 кг. В этом случае пользуются дополнительным грузом T_1 и T_2 .

Величина изгиба бруска определяется при помощи особого приспособления, снабженного указательной стрелкой. Общий вид машины для испытаний на изгиб чугунных брусков изображен на фиг. 49. Для испытания брусок помещается в кернах, устроенных в левой части машины, после чего при помощи верхнего маховичка рычаг машины опу-

скается на середину бруска. Стрелка, служащая для определения величины изгиба бруска, устанавливается на нуле. Подвижной груз должен быть также установлен на нуле своей шкалы. Далее, подвижной груз при помощи второго маховичка передвигают вдоль рычага до тех пор, пока не произойдет разрушение бруска, после чего определяют разрушающее усилие и величину изгиба бруска.

КОВКИЙ ЧУГУН, ЕГО СВОЙСТВА И ПРОИЗВОДСТВО.

Производство ковкого чугуна.

Процесс получения ковкого чугуна состоит в продолжительном отжиге при 950° чугунных отливок в присутствии окислительных реагентов. Такой отжиг превращает связанный углерод белого чугуна в углерод отжига, придавая изделию большую вязкость и прочность. По своим свойствам ковкий чугун приближается к стали и мягкому железу. Существует два метода приготовления ковкого чугуна: американский способ, при котором общее содержание углерода изменяется незначительно, и европейский, сильно обезуглероживающий металл. Хорошие ковкие отливки могут быть получены только при условии достаточного обезуглероживания.

Американский способ практически отличается от европейского главным образом тем, что изделие помещается в песок или в другую подобную среду, во избежание сильного окисления углерода в чугуне, в то время как при европейском способе изделие тесно соприкасается с окислителями, производящими сильное обезуглероживание отливки. В отливках, полученных по первому способу, так называемых «черносердечных» отливках, излом имеет узкую светлую полосу по краям, а остальную часть темную, на фоне которой выделяется углерод отжига в виде маленьких аморфных чешуек. Излом обезуглероженного изделия светлее, строение его более кристаллическое и напоминает излом стали. Углерод отжига по составу ничем не отличается от обычного графита. Графит и углерод отжига—две струк-

турные разновидности углерода, первая в форме кристаллической, а вторая—аморфной.

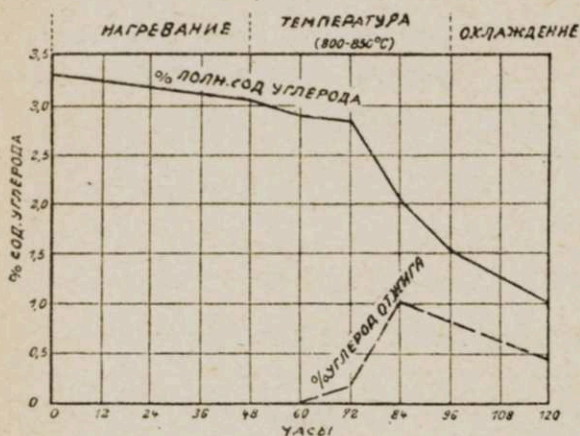
Ковкий чугун наиболее пригоден для небольших отливок и имеет наибольшее значение при массовом производстве. Известный ученый Реомюр уже в 1721 году производил первые опыты получения ковкого чугуна. Производство отливок из ковкого чугуна за последнее время получило большое распространение. В Соединенных Штатах производство ковкого чугуна составляет целую отрасль промышленности.

Ход процесса получения ковкого чугуна.

Процесс получения ковкого чугуна по американскому способу очень прост, так как главной задачей при этом является только выделение углерода отжига под действием высокого нагрева. Европейский процесс является более сложным. При этом процессе углерод отжига соединяется с кислородом окисляющих веществ и переходит в углекислоту, которая затем снова поглощает углерод из чугуна и образует окись углерода ($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$). Окись углерода вступает во взаимодействие с окислительными веществами и соединяется с кислородом, образуя снова углекислоту. Содержание углерода в отливках из ковкого чугуна больше таким образом во внутренней части изделия, нежели в поверхности.

Диаграмма, изображенная на фиг. 50, дает наглядное представление о результатах исследования, проведенного Vatanabe. Диаграмма показывает общее содержание углерода, а также количество углерода отжига в различные моменты процесса. Как видно из диаграммы, углерод отжига начинает выделяться лишь по истечении 60-ти часов. За это время выгорает небольшое количество углерода. Однако, как только образуется значительное количество углерода отжига,

увеличивается окисление углерода, т.-е. уменьшается общее содержание углерода. С некоторого момента времени (в данном случае спустя 84 часа) общее содержание углерода на-



Фиг. 50. Диаграмма процесса получения ковкого чугуна по Vatanabe.

чинает уменьшаться быстрее, нежели содержание углерода отжига. На диаграмме это показано кривыми, которые становятся почти параллельными.

Ход процесса производства ковкого чугуна зависит от температуры печи, состава чугуна, от количества кис-

лорода в окислительных материалах, а также от способа расплавления чугуна для отливки изделий, подвергающихся этому процессу.

Свойства ковкого чугуна.

Изделия из ковкого чугуна часто могут заменять более дорогие стальные отливки, в тех случаях, когда от изделия не требуется особенно высокой прочности. В строительном деле отливки из ковкого чугуна дают возможность удешевлять производство, заменяя более дорогие кованные детали.

Изделия из ковкого чугуна по прочности занимают среднее положение между отливками из серого чугуна и стальными отливками. Изделие из ковкого чугуна легко переносит изгиб и скручивание и особенно хорошо выдерживает ударные усилия. В результате продолжительного отжига отливки из ковкого чугуна свободны от внутренних натя-

жений. Перечисленные качества и дешевизна отливок из ковкого чугуна по сравнению с другими методами литья способствовали их широкому применению для частей сельскохозяйственных машин и орудий, паровой и водяной аппаратуры, предметов домашнего обихода, текстильных машин, судостроительных деталей, частей тормозов Вестингауза и т. д.

Отливки из ковкого чугуна, полученные по европейскому способу (Реомюра), так наз. «белосердечные» отливки, содержат от 0 до 1,8% связанного углерода и от 0 до 1,5% углерода отжига в различных количественных соотношениях. Во внутренней части изделия содержание углерода более высокое. Ковкий чугун вязок, может выдерживать сильный изгиб и в то же время обладает значительной прочностью. Однако, для крупных деталей такие отливки применяются редко, так как отжиг последних по европейскому методу представляет большие затруднения по сравнению с американским.

Отливки из ковкого чугуна не обезуглероживаемые (американского типа) имеют в среднем сопротивление на разрыв приблизительно на 100 кг/см^2 меньше, нежели обычно отоженные отливки (европейского типа). Излом у таких отливок при наиболее высоком содержании углерода бархатисто-черного цвета. При более низком содержании углерода излом получает более светлый оттенок. Поверхностный слой изделия, который должен быть не более $1\frac{1}{2} \text{ мм}$, имеет белый цвет. Американское бюро испытания материалов дает следующие нормы для ковкого чугуна:

Способ производства. Чугун для отливок расплавляется в мартеновских пламенных печах, в вагранках или электропечах. Для крупных и особенно ответственных изделий плавка в вагранке не допускается.

Химические свойства. Изделие не должно содержать выше 0,06% серы и 0,225% фосфора.

Физические свойства: 1) нормальный пробный брусок должен быть квадратного сечения со стороной квадрата в 1" для бруска длиной 14", во избежание отбеливания. Брусок не должен отливаться в кокиллях. Отлитые пробные планки необходимо оставлять охлаждаться в форме. В опоке для проб должны формироваться 3 бруска. Пробные бруски необходимо отливать с большими прибылями во избежание появления в брусках усадочной раковины и др. неплотностей. Часть чугуна для первых пробных брусков заливается через 2 минуты после выпуска чугуна, остальные пробы заливаются последним чугуном из ковша. Пробные бруски должны быть заклеены для опознавания их после испытаний и, как правило, отжигаться вместе с отлитыми изделиями.

2) Из трех пробных брусков, взятых в различные моменты выпуска чугуна, один подвергается испытаниям на сопротивление разрыву и удлинение, другой—сопротивление изгибу, а третий—сохраняется в качестве контрольной пробы. Разломанные бруски после испытаний на изгиб могут служить для испытаний на разрыв.

3) В случае неудовлетворительных результатов испытания отливки из этой плавки бракуются.

4) Сопротивление разрыву нормального бруска должно быть не ниже 28 кг/мм^2 . Удлинение при длине бруска 650 мм не ниже 2,5%.

5) Сопротивление изгибу нормального бруска при расстоянии в 305 мм между опорами и нагрузке посередине опор должно составлять не менее 1360 кг с минимальной стрелой прогиба в 12,7 мм. Для особенно ответственных деталей могут производиться и другие испытания по требованию и указаниям приемщика, напр., испытание на удар, усталость и т. д. Иногда бывает обусловлено, чтобы пробные бруски отливались как одно целое с изделием.

Нормы для отжига. 1) Отливки из ковкого чугуна должны отжигаться в течение 60-ти часов (минимум) при

высокой температуре. 2) Ящики с отжигаемыми изделиями не должны опоражниваться до тех пор, пока изделие совершенно не остынет.

Изделие должно точно соответствовать модели, не иметь пороков и вкраплений руды. Неточность в размерах допускается равной $\frac{1}{200} = 0,005$.

Формовочные материалы.

При формовке отливок из ковкого чугуна применяется тот же сорт песка, что и для обыкновенных чугунных отливок. Формовочная земля составляется в зависимости от величины отливок. Особенное внимание должно быть обращено на то, чтобы песок не приваривался к изделию, так как в противном случае теряется много времени и труда на очистку изделия перед отжигом. Во избежание этого необходимо при размоле на бегунах подмешивать к формовочной земле чистый кварцевый песок. Для хорошей формовки важно также особенно тщательно перемешать тощий и жирный песок.

Формовка.

Формовка отливок из ковкого чугуна приблизительно такая же, как и формовка для обыкновенного чугунного литья, с небольшими изменениями, обусловливаемыми большей усадкой ковкого чугуна и его склонностью давать усадочные раковины, вследствие низкого содержания в нем кремния. В небольших отливках с усадочными раковинами борются при помощи больших литников, а в крупных — при помощи прибылей. Во избежание коробления крупных частей, вследствие неравномерного остывания в местах перехода крупных частей в тонкие, применяется помещение в формы кокиллей. Кокилли в подобных случаях приходится устраи-

вать по моделям, что влечет часто за собой большие затруднения при формовке, но во многих случаях является неизбежным. Такие кокилы способствуют получению совершенно белых отливок, даже при изготовлении крупных изделий. Устранение коробления при отливках из ковкого чугуна является сложной задачей, требующей очень большого навыка.

При устройстве моделей, подмодельных досок и пр. нужно помнить, что при производстве ковкого чугуна приходится иметь дело с металлом чрезвычайно быстро остывающим в форме. Поэтому отливка должна производиться достаточно быстро. Литники должны устраиваться таким образом, чтобы чугун наполнял форму как можно быстрее, не охлаждался и поступал бы в форму в достаточном количестве. Литники часто весят значительно больше самого изделия. При отливке продолговатых изделий количество литников необходимо увеличивать. Большие литники в тонких отливках способствуют при охлаждении образованию трещин между отливкой и литником, так как изделие застывает раньше литников. Величина и местоположение литников и прибылей имеет очень большое значение.

Основные материалы для производства ковкого чугуна.

Не всякий чугун является материалом, пригодным для производства ковкого чугуна. Основным условием производства ковкого чугуна является необходимость наличия белого излома в изделии при его отливке, т.-е. чугун должен быть белым со связанным углеродом. Не связанный углерод чугуна, т.-е. графит, не может быть превращен в углерод отжига, так как он сгорает, уменьшая тем самым плотность и прочность изделия. Кремний сильнее всех способствует образованию графита, поэтому содержание его в чугуне для ковких отливок должно быть более низким. В отливках не-

большого размера содержание кремния допускается больше, нежели в крупных отливках, так как в последних чугун охлаждается медленнее и, следовательно, легче выделяет графит.

Существовало мнение, что только древесно-угольный чугун можно употреблять в производстве ковкого чугуна, но в настоящее время имеются прекрасные результаты при работе с коксовым чугуном. Однако, окончательное разрешение вопроса о пригодности тех или иных материалов при производстве ковкого чугуна не получено еще и по настоящее время. Например, до сих пор не выяснено, почему отливки из вагранки требуют температуру отжига на 100° выше, нежели отливки из чугуна, расплавляемого в пламенной печи. Еще и теперь окончательно не выяснена теория получения ковкого чугуна, что является часто причиной неудачных отливок. В отличие от стального литья, изделия из ковкого чугуна не всегда имеют одинаковую прочность даже в том случае, когда пробы берутся из плавок, следующих одна за другой при одной и той же шихте. В настоящее время, по данным американской практики, хорошим материалом считаются отливки, имеющие следующий состав:

Кремния	0,45—1%
Марганца	не более 0,30%
Фосфора	> > 0,225%
Серы	> > 0,07%
Углерода	не менее 2,75%

Содержание кремния может быть увеличено до 1,25% для очень мелких изделий, а для более крупных должно быть уменьшено до 0,35%. При применении древесно-угольного чугуна при этом количестве кремния получаются хорошие результаты, отливки же из коксового чугуна должны иметь кремния 0,45%. В среднем, кремния требуется 0,65%.

Содержание марганца может быть несколько выше 0,30%, так как марганец при расплавлении выгорает больше других элементов, за исключением плавки в тиглях. Марганец уменьшает содержание серы и поэтому является элементом желательным, но слишком высокого содержания марганца необходимо избегать, так как оно делает изделие более твердым и затрудняет отжиг.

Содержание фосфора при европейском методе работы часто бывает значительно ниже, нежели в вышеприведенных данных американской практики. С одной стороны, содержание фосфора увеличивает легкоподвижность чугуна, а с другой — слишком высокое содержание фосфора затягивает процесс. Высокое содержание фосфора увеличивает также хрупкость изделия.

Содержание серы в Европе встречается более высокое. Максимальное содержание серы в изделии, однако, не должно превышать 0,07%, чугун же должен содержать не более 0,05% серы. При низком содержании серы в отливках возможен более продолжительный отжиг, нежели в отливках с более высоким содержанием серы. Высокое содержание серы уменьшает, кроме того, прочность изделия.

Содержание углерода в отливках из ковкого чугуна должно быть низким, отчасти для ускорения отжига, а отчасти для повышения прочности изделия. Однако, содержание углерода не должно быть меньше некоторого предела, так как слишком низкое содержание углерода делает чугун менее жидкоподвижным. До томления содержание углерода в отливках должно быть около 2,75%. На практике эти данные несколько колеблются, в зависимости от способа плавки. Посредством добавки стального скрапа можно регулировать в известных пределах содержание углерода. Вышеприведенные данные относятся к литым, не отоженным изделиям.

В американской промышленности встречаются сорта чугуна с 0,75, 1,00, 1,25, 1,50, 1,75, и 2,00% кремния. Содер-

жание марганца—0,6 и меньше, фосфора—0,225% и меньше и серы — 0,05% и меньше. Применяется преимущественно чугун с 0,75—1,50% кремния. Сорты чугуна с содержанием кремния выше и ниже этих пределов употребляются, главным образом, для специальных целей.

В Швеции применяется чугун следующего состава:

	Серый чугун	Белый чугун
Кремния	0,8 —1,75%	0,1 —0,3%
Марганца	0,1 —0,35%	0,2 —0,45%
Фосфора	0,04 —0,06%	0,04 —0,05%
Серы	0,010—0,025%	0,015—0,025%
Углерода	4,3%	3,1%

При производстве ковкого чугуна большое значение имеет точный расчет шихты. При упогреблении стального скрапа необходимо учитывать, что чрезмерное количество подобной добавки может несколько понизить качество литого изделия. Лучше всего применять скрап ковкого чугуна, но при дсбавке его в большом количестве могут получиться неблагоприятные результаты. В качестве сырого материала применяются: чугун, литники, отливки с пороками, скрап отливок из ковкого чугуна, стальной скрап, мягкий железный скрап и ферро-сплавы. Последние добавляются в расплавленный металл. Все эти материалы оказывают влияние на конечный результат и должны быть всегда подобраны надлежащим образом. Состав отливок устанавливается заранее и результаты анализа принимаются во внимание при расчете шихты для последующих плавов.

Количество литников, прибылей, брака и т. п., получающееся каждые сутки — меняется. Для мелких отливок оно может доходить до 60%, для крупных — обычно не превышает 35%. Скрап должен быть предварительно очищен в барабанах, во избежание образования большого количества шлака.

Скрап ковкого чугуна, как уже отмечено, должен применяться в качестве добавки с большой осторожностью, в виду того, что его наружный слой является тугоплавким. Вообще, рекомендуется применять его в количестве, не превышающем 20%.

Стальной скрап применяется при плавках в мартеновских и обычных пламенных печах, главным образом, для понижения содержания углерода и придания большей прочности отливке. Такая добавка производит как бы рафинирование ванны. При этом приходится принимать во внимание неизбежные потери кремния и марганца в ванне. Стальной скрап значительно улучшает качество металла. Стальной скрап не должен быть ни слишком крупным, ни слишком мелким; завалка его должна производиться после расплавления литников и проч., т.-е. таким образом, чтобы стальной скрап мог быть целиком покрыт расплавленным металлом и шлаком. Выгорание стального скрапа должно быть задержано. Количество вводимого стального скрапа зависит от количества скрапа ковкого чугуна, применяемого в данном случае, и не должно превышать 15—20% добавки.

Мягкое железо оказывает еще более сильное влияние на ванну, нежели стальной скрап, поэтому применение железа требует большой осторожности. Обычно 100 частей железного скрапа соответствуют 500 частей стального скрапа или 2000 частей отожденного скрапа. При расчете шихты необходимо принимать во внимание это соотношение, а также содержание кремния.

Отливки в виде лома могут заменять чугун в количестве не более 5% и то при обязательном условии предварительного химического анализа.

Из ферро-сплавов применяются: ферро-силиций, ферро-титан, ферро-ванадий и ферро-магний. Наиболее употребительным является ферро-силиций. Значение остальных ферро-сплавов в производстве ковкового чугуна еще сравни-

тельно мало изучено и поэтому они применяются реже. Ферро-силиций с содержанием кремния до 15⁰/₀ вводится в плавильную печь, высокопроцентный ферро-силиций с 50—75⁰/₀ кремния дается в литейный ковш. Введение ферро-силиция прямо в ковш применяется в тех случаях, когда в отливках необходимо иметь повышенное содержание кремния (например, при тонком литье), а чугун приходится использовать малокремнистый, предназначенный для крупных отливок. Высокопроцентный ферро-силиций добавляется иногда даже в ручные ковши.

По Moldenke типичная шихта для плавки в мартеновской печи состоит из:

3620 кг литников и скрапа	с 0,50 ⁰ / ₀ кремния согл. анал.
1360 кг скрапа ковкого чугуна	с 0,40 ⁰ / ₀ „ (вероятн.)
115 кг стального скрапа	с 0,25 ⁰ / ₀ „ „
115 кг скрапа серого чугуна	с 1,00 ⁰ / ₀ „ „
4640 кг чугуна	с 1,16 ⁰ / ₀ „ (рассчитан).
Итого 9850 кг	с 0,80 ⁰ / ₀ „

В отлитом изделии содержание кремния можно считать равным приблизительно 0,50⁰/₀.

Варьируя составом шихты, можно получать различные отливки для той или иной цели.

Усадка ковкого чугуна. Изделия ковкого чугуна, вследствие небольшого содержания кремния, дают большую усадку после отливки, нежели изделия из обычного серого чугуна. В среднем можно считать усадку до 2,1⁰/₀. Однако, величина усадки сильно колеблется, в зависимости от состава чугуна, в пределах от 1,6⁰/₀ до 2,6⁰/₀. В процессе производства ковкого чугуна изделие, при дальнейшей обработке после отливки, увеличивается в объеме приблизительно на 1⁰/₀, поэтому при изготовлении моделей можно руководствоваться размерами усадки обычных чугунных отливок, так как в большинстве случаев окончательная усадка выражается в 1,33—1,50⁰/₀.

Плавка ковкого чугуна.

Плавка может производиться в тиглях, в вагранках, в малом бессемеровском конверторе, пламенных (отражательных) печах, в мартеновских печах и электрических печах.

Плавка в тиглях, без сомнения, дает самый лучший материал, так как чугун в тиглях не подвергается почти никаким внешним воздействиям, и его химический состав практически остается неизменным. Печи для плавки в тиглях, так же как и сам процесс плавки, подобны применяемым для той же цели при цветном литье (см. ниже „Плавка цветных металлов“). Плавка в тиглях все более и более вытесняется другими, более дешевыми методами.

Плавка чугуна в вагранке для отливок из ковкого чугуна требует больше топлива, нежели для обычных чугунных отливок. Расход топлива составляет 25% кокса. Необходимость такого большого количества топлива объясняется тем, что для безукоризненной отливки самых мельчайших частей требуется очень горячий чугун. Чугун приходится выпускать часто для того, чтобы он не скопился в большом количестве в вагранке и при этом не охлаждался. Шихта для ковкого чугуна должна быть, по возможности, небольшая и совершенно однородная по составу. Маленькие шихты способствуют большей однообразности процесса. Плави́льная зона удерживается все время на одном уровне и чугун предохраняется от выгорания. Преимущества плавки в вагранке состоят в небольших расходах по установке печи, дешевых материалах, большей возможности наблюдения за ходом плавки по сравнению с пламенными и мартеновскими печами, небольшом угаре кремния,—приблизительно 0,25%, и возможности выпускать чугун непрерывно. Кроме того, при плавке в вагранке содержание углерода в чугуне почти не изменяется.

Однако, плавка в вагранке имеет и крупные недостатки. Непосредственное соприкосновение топлива и чугуна влияет

неблагоприятно, значительно увеличивая содержание серы. Чугун легко выгорает, делается тугоплавким и склонным к образованию пузыристости. Для получения ковкого чугуна при отливках из вагранки требуется более высокая температура, чем при отливках чугуна из других печей. Изделия из ковкого чугуна, отлитые из вагранки, не так прочны и однородны, как отливки из ковкого чугуна, полученные иным путем. Отливки из вагранки идут для мелких неотчетливых деталей, для которых механические свойства не имеют большого значения. Детали труб и различная арматура изготавливаются из такого материала.

При плавке в вагранке применяется незначительное количество скрапа ковкого чугуна и стали, во избежание большого угара. Содержание кремния в изделии колеблется от 0,75% до 1,25%.

Плавка в конверторе чугуна для отливок из ковкого чугуна применяется очень редко. Размеры завалки меняются от 500—3000 кг. Продувка ведется таким же образом, как при стальном литье (см. ниже „Стальное литье“). Различие заключается лишь в том, что процесс при получении ковкого чугуна не доводится до конца, ограничиваясь только уменьшением содержания кремния. Некоторая часть кремния сгорает в конверторе, развивая достаточно высокую температуру для отливки. Чугун, предназначенный для плавки в конверторе, должен содержать сравнительно большое количество кремния, так же как и при продувке в малом бессемеровском конверторе при получении стали. Предварительно чугун расплавляется в вагранке. Незадолго до выпуска добавляется некоторое количество алюминия для успокоения металла.

Те небольшие изменения, которым подвергается чугун в конверторе, а именно: уменьшение содержания кремния, марганца и углерода, могут быть осуществлены, помимо выжигания примесей, введением в конвертор стального скрапа.

Слишком большая добавка алюминия, согласно Moldenke, способствует повышенному выделению графита. Небольшой излишек алюминия (0,1% и менее) в крупных отливках облегчает процесс производства ковкого чугуна, при условии низкого содержания кремния. Угар чугуна при плавке в конверторе определяется в 15%.

Плавка в пламенной печи является наиболее употребительным методом в Америке. По сравнению с мартеновскими печами, пламенные печи в этом отношении имеют следующие преимущества: небольшие расходы по устройству и поддержанию печи, легкость наблюдения за печью, не требующей большого внимания и опыта, быстрое остывание кладки при необходимости производить ремонт и т. д. По сравнению с плавкой в вагранке, плавка в пламенной печи имеет еще то преимущество, что в этом случае чугун поглощает лишь незначительное количество серы, не соприкасаясь непосредственно с горючим.

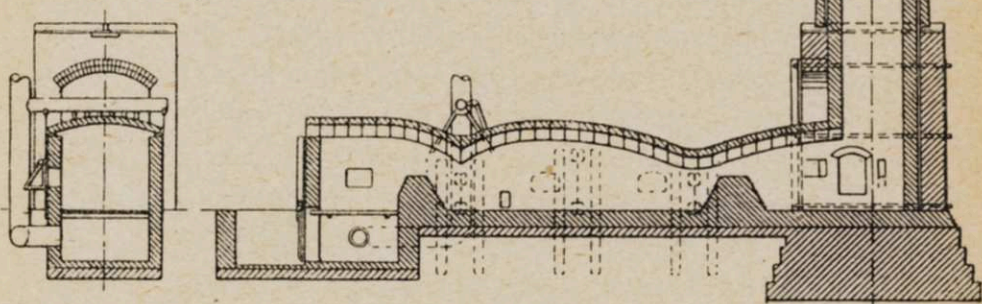
Состав чугуна время от времени контролируется при помощи проб. Чугун, расплавляемый в пламенной печи, всегда бывает лучшего качества, нежели чугун из вагранки. Лучшее качество чугуна из пламенной печи объясняется большей однородностью, которая обуславливается тем, что завалка производится сразу, и наличием жидкой металлической ванны, которую при плавлении можно перемешивать.

Отрицательными сторонами пламенной печи являются: большие затраты на установку и поддержание печи по сравнению с вагранкой, а также большой расход топлива. По сравнению с мартеновскими печами, недостаток пламенных печей заключается в том, что в чугуне остается больше серы, а на плавку затрачивается больше времени, так как при завалке печь бывает относительно холодной. Когда подина печи устраивается наклонной, то металлическая ванна в некоторых местах получается слишком мелкой, вследствие чего легко может произойти выгорание металла. Расход топлива

в пламенных печах доходит приблизительно до 50% от веса чугуна.

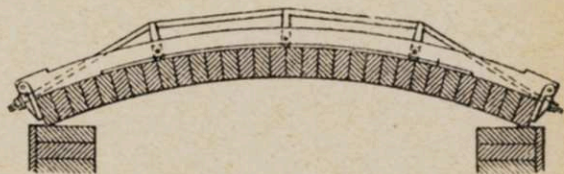
Пламенные печи для производства ковкого чугуна по своему виду и форме мало отличаются от обычных пламенных печей, предназначенных для других целей. Они снабжаются приспособлениями для подачи дутья под колосники и поверх ванны чугуна, чем достигается более полное горение.

На фиг. 51 изображена пламенная печь



Фиг. 51. Пламенная печь для плавки чугуна для ковких отливок.

с горизонтальным подом. Свод устроен таким образом, что пламя прижимается к ванне. Свод обычно набирается из отдельных арок, стянутых железными рамками (см. фиг. 52). Надлежащим подводом дутья пламя направляется так, чтобы наиболее сильный жар сосредоточивался у выпускного отверстия, а не над порогом. Печь имеет два загрузочных окна. Под набивается из песка. Иногда печь устраивается с двумя или тремя выпускными отверстиями, расположенными на различной высоте. Наличие нескольких вы-



Фиг. 52. Арка свода пламенной печи.

пускного отверстия, а не над порогом. Печь имеет два загрузочных окна. Под набивается из песка. Иногда печь устраивается с двумя или тремя выпускными отверстиями, расположенными на различной высоте. Наличие нескольких вы-

пусковых отверстий дает возможность выпускать сначала верхний слой чугуна, благодаря чему можно не допускать продолжительного окисления чугуна.

Плавка чугуна для получения ковких отливок не требует рафинирования чугуна. Необходимо лишь получить горячий чугун, не затягивая плавки. Если ванна слишком богата кремнием и марганцем, то содержание этих элементов уменьшат введением концов стали. Для получения чугуна требуемой температуры необходимо всегда перемешивать ванну во время плавки, так как температура чугуна у поверхности и в ниже лежащих слоях иногда может довольно сильно отличаться одна от другой, даже при совершенно одинаковом химическом составе. Ванну обычно устраивают с наклоном к порогу. Дымовая труба помещается возможно ближе к печи. Дымовые каналы устраиваются так, чтобы газы не делали резких поворотов и свободно уходили из рабочего пространства печи.

Для заправки и перемешивания ванны печь имеет дверцы. Выпускные отверстия необходимо устраивать достаточных размеров. В больших печах выпуск металла производится с обеих сторон. Топка печи должна быть больших размеров, так как для полноты горения необходимо достаточное топочное пространство. Когда новая печь хорошо просушена, набивают под из огнеупорного песка слоями в 50 и 75 мм до требуемой толщины пода.

Печь загружается сначала литейным скрапом, который равномерно распределяется на поду, затем заваливается чугун, разбитый на небольшие куски. Когда скрап расплавится, постепенно подсаживают в ванну остальной чугун. Образующийся шлак предохраняет металл от окисления. Скрап ковкого чугуна можно вводить в начале процесса, но стальной скрап загружается лишь после расплавления всей предварительной шихты и образования достаточного слоя шлака.

Когда вся шихта расплавится, выпускают часть шлака, после чего ванну сильно нагревают. Обычно приходится выпускать шлак два раза, а иногда даже и три раза. Пробы металла берутся через небольшие промежутки времени. Кристаллы в изломе пробного бруска должны быть крупными и светлыми, без пузырей и шероховатостей. При отливках специального назначения в ванну вводятся те или иные добавки. Плавка при этом несколько затягивается. Обычно плавка продолжается около 5-ти часов.

Производство ковкого чугуна в мартеновской печи рационально лишь при крупном производстве. Преимущества мартеновского процесса состоят в большой производительности, в быстрой плавке, в получении очень горячего чугуна и в превосходном качестве отливок.

Недостатками этого метода являются большие расходы, связанные с установкой печи, большая сложность ведения плавки, требующая высококвалифицированного персонала, частый и разнообразный ремонт печи, сложность конструкции.

Загружаемый чугун.	%	Углерод		Кремний		Марганец		Сера		Фосфор	
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Серый	35	4,05	1,41	1,24	0,434	0,14	0,049	0,020	0,007	0,040	0,0140
Белый	15	4,00	0,60	0,30	0,045	0,15	0,022	0,020	0,003	0,038	0,0057
Литейный скрап	50	2,70	1,35	0,70	0,350	0,16	0,080	0,056	0,028	0,042	0,0210
Непосредствен. перед выпу- ском добавле- но: 2 кг. фер- ро-марганца .	—	—	3,36	—	0,829	—	0,151	—	0,038	—	0,0407
	—	—	—	—	—	80,00	0,040	—	—	—	—
	—	—	3,36	—	0,83	—	0,19	—	0,038	—	0,041

Мартеновская печь для производства ковкого чугуна по своей конструкции не отличается от обычных мартеновских печей, предназначенных для стальных отливок. Ниже приводятся данные по пяти-тонной печи, дававшей ежедневно четыре плавки, при продолжительности плавки около $3\frac{1}{2}$ часов. Шихта состояла из серого и белого чугуна и белого литейного скрапа. Состав шихты в приведенной таблице применялся как для крупных, так для мелких отливок (см. табл. на стр. 111).

После того как шихта расплавится, ванну необходимо хорошо перемешать железным шестом, после чего металл нагревают снова приблизительно в течение часа для получения надлежащей температуры отливки.

Перед выпуском берется проба, по которой определяют качество металла. Жидкий чугун должен содержать в среднем:

Углерода . . .	= 2,60 — 2,80%	Серы $\leq$	0,06%
Кремния . . .	= 0,65 — 0,72%	Фосфора $\leq$	0,045%
Марганца . . .	= 0,10 — 0,20%		

Нижеследующая таблица показывает влияние марганца на ход процесса получения ковкого чугуна. На практике допускаются, однако, несколько более высокие пределы марганца, нежели указанные в таблице.

Перед отжигом.				После отжига.			
Проба №	Общее сод. углерода %	Кремний %	Марганец %	Общее сод. углерода %	Связанный углерод %	Кремний %	Марганец %
1	2,62	0,66	0,20	1,20	0,30	0,66	0,20
2	2,62	0,66	0,26	1,35	0,40	0,66	0,26
3	2,60	0,66	0,31	1,48	0,46	0,66	0,31
4	2,60	0,66	0,36	1,50	0,50	0,66	0,36

После скачивания шлака берется проба чугуна и, если она дает указания на то, что металл готов, чугун быстро выпускается. Отливка должна производиться возможно быстрее. Для этой цели удобны печи, снабженные тремя отверстиями, расположенными одно над другим. Чугун выпускается сначала из верхнего отверстия в большой ковш, откуда он распределяется в небольшие ручные ковши. Остатки чугуна в большом ковше всегда оказываются уже слишком холодными для отливки небольших изделий, поэтому он пополняется чугуном из среднего отверстия и температура чугуна получается опять достаточно высокой для отливки. Чугун, выпускаемый из третьего отверстия, наиболее горячий, поэтому его применяют для наиболее сложных и мелких изделий.

Заливка форм.

Ковкий чугун, вследствие низкого содержания в нем кремния, затвердевает очень быстро, поэтому его нельзя долго держать в ковше, подобно обычному чугуну. Ковкий чугун необходимо быстро переливать из больших ковшей в ручные, а из последних прямо в формы. Во избежание этого недостатка, были попытки сильно перегреть металл и устраивать в ковше два выпускных отверстия в днище, подобно ковшам для стального литья. Ковши с металлом пробовали подогревать газом или нефтью. Однако, все эти попытки не дали вполне удовлетворительных результатов, так как большинство литейных мастерских пользуется исключительно ручными ковшами, несмотря на то, что при этом затрачивается много времени и требуется большая напряженность от рабочих.

Наполнение форм должно происходить возможно быстрее. После заливки изделие нельзя вынимать из формы в состоянии красного каления ни при каких обстоятельствах,

так как в противном случае в нем легко образуются трещины. Часто трещины бывают настолько мелкими, что их нельзя заметить даже при тщательном осмотре изделия. Обнаружить их можно по звуку при ударе по изделию. Большие предметы, во избежание внутренних натяжений, помещаются тотчас после того, как они затвердеют в форме, в отжигательную печь, в которой они медленно остывают в течение ночи.

Перед отжигом отливки освобождаются от литников и прибылей и поступают в очистительный барабан, в котором они очищаются при помощи стальных щеток или пескоструйного аппарата. Если песок из формы не отделить от изделия, то после отжига образовавшаяся окалина может крепко пристать к поверхности изделия, при чем такие отливки очистить тогда очень трудно.

Отжиг (томление) ковкого чугуна.

Для отжига изделие вместе с окислителями помещают прямо на поду печи или в предназначенных для этой цели специальных ящиках. В первом случае изделие, засыпанное материалом, отдающим кислород, аккуратно раскладывается на поду, во избежание искривления. Изделия, уложенные таким образом, покрываются сверху чугунной плиткой и обмазываются раствором извести, во избежание засасывания воздуха.

Обычно изделия упаковываются в особые ящики. Последние имеют круглую, квадратную или чаще всего прямоугольную форму. Толщина стенок у новых ящиков приблизительно 25 мм. После продолжительной службы эти ящики постепенно сами отжигаются в средней части, а снаружи подвергаются сильному выгоранию. Когда ящики становятся слишком тонкими, их разбивают на куски и полученный скрап, как примесь к шихте, поступает для отливки новых ящиков.

Ящики устанавливаются по 3—4 штуки один на другой и помещаются в печи на специальных подставках. Пространство между ящиками тщательно замазывается раствором огнеупорной глины и обожженного песка из очистительного барабана. Ящики замазываются и сверху, чтобы тем устранить проникновение печных газов. Крышкой служит проходящая через верхний ящик чугунная плита, которая также замазывается.

Отжигательные ящики делаются из различного чугуна, расплавляемого в вагранке, однако, не всякая шихта дает хорошие и прочные отливки. Moldenke рекомендует следующий состав:

40% чугуна с	1,25% кремния.
60% отожжен. скрапа с	0,40% >

Содержание кремния во всей шихте получается таким образом 0,74%. То обстоятельство, что отливки из ваграночного чугуна требуют температуры отжига приблизительно на 100° более высокой, делает их наиболее пригодными для отжигательных ящиков, которые должны выдерживать без ущерба высокую температуру.

При установке ящиков в печь сначала плотно укрепляют один ящик на нижней плите и укладывают в него изделие. Свободное пространство между ними заполняется рудой. При упаковывании по ящикам, время от времени постукивают для лучшего распределения упаковываемых веществ. Этим устраняется также возможность искривления формы изделия во время отжига. Тяжелые отливки следует помещать вниз, чтобы они не давили своей тяжестью на более легкие и тонкие изделия. Ящики должны устанавливаться плотно, чтобы не могла произойти осадка их во время нагревания. Все свободные промежутки между ящиками должны быть заполнены, чтобы не могли получиться воздушные каналы. Все эти меры предосторожности принимаются во избежание

угара и изменения формы изделия. Между рядами ящиков должны оставаться промежутки в 100—200 мм. В производстве ковкого чугуна применяется железная окалина и красный железняк (Fe_3O_3), магнетит (черная руда Fe_3O_4), а также размельченные части отжигательных ящиков, шлак и т. д.

Отжигательные вещества полезно смешивать с окислившимися выгоревшими частями ящиков, так как при этом получаются богатые окислы. Смешивать отжигающие вещества со стружками литейного чугуна или стали не рекомендуется, так же, как и часто встречающаяся обработка их нашатырем для увеличения ржавчины. Наилучшим материалом во всех случаях являются выгоревшие чугунные части ящиков. Во избежание пригорания обжигающего вещества к изделию, благодаря присутствию песка на изделии, последний необходимо тщательно отделять. Руда, применяемая в качестве окисляющего вещества, должна быть свободна от серы, фосфора и извести. Если руда очень богата окислами, то она должна смешиваться с железной окалиной или уже бывшей в работе рудой, так как свежая руда бывает слишком богата кислородом, что влечет сильное окисление изделия и, следовательно, выгорание чугуна. Зерна руды должны быть величиной в 3—12 мм.

Кроме перечисленных отжигательных веществ, можно применять также песок, кирпич в порошке и т. п. Процесс отжига происходит и при помощи этих веществ, вследствие присутствия в них воздуха. При этом происходит главным образом только выделение углерода отжига. Такие отливки называются «черносердечными». Производятся они в большом количестве на американских заводах, наряду с обыкновенными отливками ковкого чугуна. Для таких отливок можно применять различные отжигательные вещества, при условии, если они защищают изделие от печных газов.

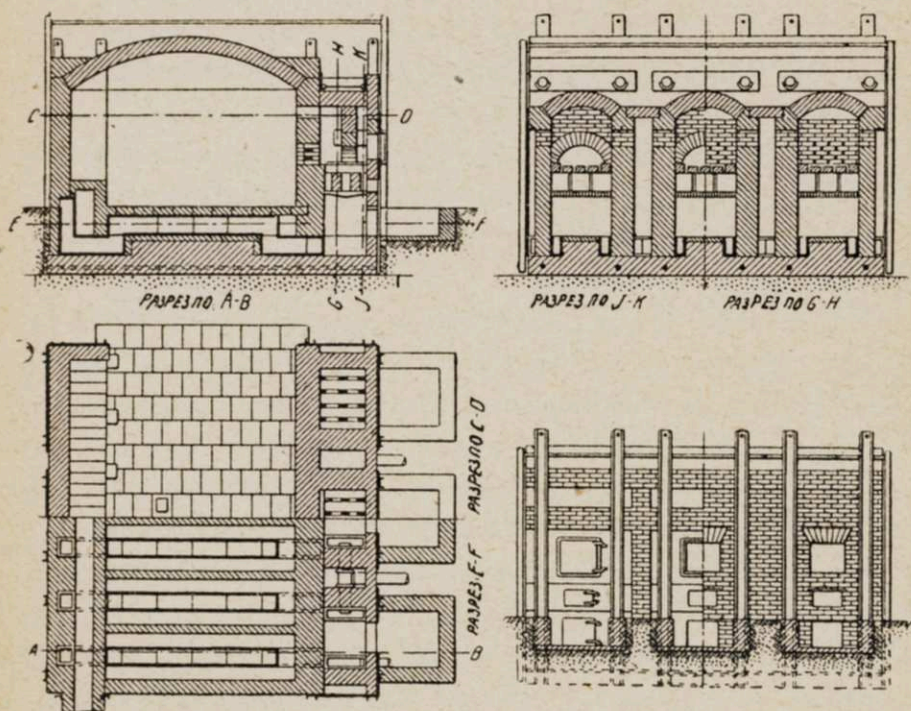
Отжигательные печи бывают различных конструкций. Печи могут отапливаться углем, коксом, дровами, жидким

или газообразным топливом. Вместимость их различная—от 1—20 тонн. Печи вместимостью свыше 10-ти тонн встречаются редко; при большом производстве обычно устраивают несколько печей. Основное требование, предъявляемое к отжигательным печам, состоит в равномерном распределении тепла по всей печи. Горение, по возможности, должно быть полным, но без избытка свободного кислорода, во избежание сильного окисления. Печь устраивается таким образом, чтобы нагревание происходило быстро, а остывание медленно. Рабочее пространство печи должно быть поэтому очень небольшим. Весьма важно иметь точный контроль температуры печи.

В поду печи должны быть устроены каналы, по которым дымовые газы могли бы уходить в дымовую трубу. Подобные каналы в стенках и сводах печи ослабляют всю конструкцию. Огнеупорная футеровка не должна быть очень толстой, а именно не толще половины кирпича. Свод—толщиной в целый кирпич. Наружная кладка делается из обычного кирпича.

Фиг. 53 изображает отжигательную печь, отапливаемую углем. В таких печах изделия укладываются и вынимаются при помощи переносных кранов. Печи должны быть хорошо укреплены, во избежание трещин при нагреве и последующем остывании. В новейших американских литейных мастерских печи обычно устроены в земле и обслуживаются передвижными кранами, при помощи которых изделия подаются и вынимаются из печей, расположенных длинным рядом одна подле другой. В старых мастерских изделия устанавливались в печи спереди. Печи устраивались в два ряда с небольшим расстоянием между собой, достаточным только для установки изделий. Свободное пространство между ящиками выложено чугунными плитками толщиной в 25 мм. Этот настил служит для подачи тележек с тяжелыми отжигательными ящиками и для предохранения пода от слишком сильного нагрева.

Хорошим топливом для отжигательных печей служит генераторный газ. При плавке в мартеновской печи устраивается общий отдел генераторов. Необходимый для горения воздух поступает в печь под влиянием разряжения дымовой



Фиг. 53. Печь для ковкого чугуна.

трубы. Над входным отверстием для газа устраивается отверстие для воздуха таким образом, чтобы струя воздуха оказывалась под прямым углом к направлению газа, благодаря чему получается более тесное смешение газа и воздуха. Жидкое топливо применяется главным образом в Америке, а также в странах, богатых этим топливом. Применяется также отопление угольной пылью, но, в виду того, что применение такого рода топлива влечет за собой большие предварительные расходы по установке, этот способ не получил широкого распространения. Кроме того, попа-

дающаяся в угольном порошке зола оказывает неблагоприятное влияние на равномерность нагревания печи.

В удобных для наблюдения местах печи устраиваются особые отверстия, которые легко прикрываются кирпичами. Через эти отверстия («глазки») можно наблюдать за внутренним состоянием печи и ходом процесса. Этими же окнами пользуются для взятия проб, определяющих ход отжига.

Отжиг можно производить двумя способами: либо при высокой температуре и короткой продолжительности процесса, либо при длительном нагревании при более низкой температуре. Последний способ употребляется в Америке при обычном «черносердечном» процессе. Комбинация обоих способов, т.-е. высокая температура в соединении с длительным нагреванием представляет собой «белосердечный», или европейский процесс.

При изготовлении «черносердечных» отливок печь быстро нагревают до предельной температуры, не превышая, однако, максимальной температуры. Эту температуру поддерживают около 60-ти часов, а затем дают отливкам медленно остывать.

Для «белосердечных» отливок требуется не только высокая температура, но и длительное нагревание с сохранением в течение 100—120 часов максимальной температуры, а затем также медленное остывание.

Достижение необходимой температуры в печи в первом случае занимает время от 24—40 часов, а в последнем 48—60 часов, в зависимости от размера печи. Температура зависит от состава чугуна и количества кислорода в отжигательных материалах. Она колеблется от 850—1000°C. Для ваграночных отливок можно доводить температуру печи до 1050°C. Эти цифры относятся к европейскому методу. В печах, отапливаемых сзади, наиболее низкая температура получается у нижних ящиков в передних рядах. Темпера-

тура для «черносердечных» отливок не должна быть при этом ниже 680° и выше 750°C . При ваграночных отливках требуется температура приблизительно на 120° больше.

Перед началом отжига дверца печи замазывается глиной для устранения просачивания газа из печи или попадания в печь воздуха. Процесс горения в топке печи необходимо вести таким образом, чтобы в рабочем пространстве печи пламени не образовывалось.

Нагревание печи должно происходить постепенно и, по возможности, равномерно. Очень важно поддерживать постоянной надлежащую температуру, допуская лишь небольшие отклонения, потому что даже весьма малые колебания в этом отношении вредно влияют на свойства изделия. Слишком высокая температура может вызвать пережог изделия, слишком низкая—неполный отжиг. При большом навыке температуру печи определяют по непосредственному наблюдению за внутренней кладкой печи, но наиболее верным способом при всех обстоятельствах является измерение температуры печи при помощи пирометра. После окончания отжига закрывают шибер и дают печи медленно остывать. Изделие не вынимают до тех пор, пока оно не остынет настолько, что его можно взять руками, так как быстрое остывание делает изделие более хрупким. При опрокидывании ящиков после выемки из печи, отжигательные вещества не должны приставать к изделию, если процесс проводился правильно.

Испытание ковкого чугуна.

Испытания отливок из ковкого чугуна производятся частью в мастерских, частью в лабораториях. Для испытаний от каждой плавки берутся пробы, которые отжигаются вместе с изделием. В мастерской испытываются пробы, изготовленные в виде клиньев, которые ломаются в неотожженном со-

стоянии. Иногда испытания в мастерской производятся над обычными литыми предметами, которые разбиваются после отжига. Таким образом получают более или менее точное представление о свойствах изделия из ковкого чугуна.

Пробные клинья делают 160 мм в длину. Одна половина пробы имеет квадратную форму, со стороной квадрата в 25 мм, а другая заканчивается острым клином. Клинья отливаются одновременно с пробными брусками для лаборатории. Пробные бруски для лаборатории бывают различных размеров, в зависимости от величины изделия. Для крупного литья употребляются бруски квадратного сечения 25×25 мм. При небольших отливках брусок делается в два раза меньше. Длина бруска принята 350 мм. Пробы заливаются в начале и в конце каждой плавки.

Для ковких отливок, полученных по европейскому методу, сопротивление выражается в $38-40 \text{ кг/мм}^2$. Удлинение измеряется на 50 мм длины бруска. При испытании на изгиб расстояние между кернами берется 300 мм при падении груза на середину бруска.

Американские технические условия приемки изделий из ковкого чугуна:

1. Временное сопротивление разрыву $35,2 \text{ кг/мм}^2$ при удлинении свыше 10% на 50 мм длины.

2. При испытании на сжатие (пробные бруски $\phi = 25 \text{ мм}$ $l = 12 \text{ мм}$) до $63,3 \text{ кг/мм}^2$ излома не должно наблюдаться. Предел пропорциональности около $9,1 \text{ кг}$, а модуль упругости $\approx 15550 \text{ кг/мм}^2$. Предел текучести при сжатии $17,6 \text{ кг/мм}^2$.

3. Временное сопротивление изгибу должно быть в два раза больше временного сопротивления растяжению.

4. Твердость по Бринеллю колеблется, в зависимости от содержания углерода, от 101 до 145 (обычно 110—120) при ϕ шарика 10 мм, давление 3000 кг и выдержка 30 секунд *).

*) По Schwarz'y (The American Malleable Cast Iron 1922 г.).

Американские нормы по другим данным: сопротивление разрыву не менее 28 кг/мм^2 и удлинение не менее $2,5\%$ при длине бруска в 50 мм . I. P. Peto дает следующие нормы: сопротивление разрыву $24—38 \text{ кг/мм}^2$ при удлинении $3—8\%$. Фирма Isaacs G. Jonson (New-York) приводит такие результаты испытаний: сопротивление 32 кг/мм и удлинение 12% *).

W. H. Hatfield указывает на получаемые в Шеффилде такие качества отливок: сопротивление на разрыв $31—39 \text{ кг/мм}^2$ и удлинение $15—20 \text{ мм}$ **).

По техническим условиям НКПС в 1925 г. требовалось временное сопротивление не менее 26 кг/мм^2 при удлинении не менее 4% . Сельмаштрест в инструкции по приемке машин и изделий в 1925—1926 г. дает такие нормы для своих приемщиков: временное сопротивление не менее 28 кг/мм^2 и удлинение 5% ***).

*) Инж. А. Мамлеев, «Производство изделий из ковкого чугуна».

**) W. H. Hatfield, «Fonte et fonte malléable». Rev. Mét. 1913 г. № 8.

***) Инж. С. С. Некрытый, «Сравнительные испытания механических качеств ковкого чугуна, изготовленного европейским и американским способом».

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК.

Стальное литье представляет собою хороший материал, обладающий высокими механическими свойствами и достаточной огнестойкостью. Стальные отливки получили большое распространение и применяются с большим успехом:

1. Для различных частей машин, подвергающихся большим давлениям или механическим усилиям, например, для цилиндров гидравлических прессов высокого давления, деталей паровых турбин, зубчатых колес и т. п.

2. Стальное литье применяется в тех случаях, когда машины или части машин, отлитые из чугуна, получались бы слишком тяжелыми.

3. Стальное литье применяется теперь также для ряда деталей, изготовлявшихся прежде из мягкого железа при помощи механической обработки. Кроме того, многие сложные детали получаются гораздо проще, чище и дешевле посредством отливки, нежели при помощиковки.

4. Стальные отливки употребляются также для частей динамомашин, моторов и пр., так как сталь обладает хорошими магнитными и электрическими свойствами.

5. Для посуды и различных сосудов, подвергающихся действию высокой температуры.

В настоящее время все более и более входит в употребление стальное литье для изготовления различных ответственных машин и станков, напр., станин прокатных станков, листорезальных машин, прессов и т. д.

Приводимые ниже данные о стальном литье взяты из книги F. Stille.

Формовочные материалы.

Сырой песок применяется в качестве формовочного материала для стальных отливок только для небольших и несложных изделий. Почти все стальные изделия отливаются, главным образом, в сухие формы, сделанные из наиболее огнеупорного материала. Обычно этот материал составляется из кварцевого песка, смешиваемого с небольшим количеством обожженной огнеупорной глины, тонко размолотого огнеупорного кирпича, старых тиглей и земли. Для улучшения формовки вводится разведенная в воде голландская глина в соотношении 1:10. Пропорция между кварцем и огнеупорным кирпичом колеблется от 4:1 до 1:1, в зависимости от размеров формируемых изделий. Чем больше размеры отливки, тем более огнеупорной должна быть формовочная масса и тем большее количество кварца должно входить в ее состав.

Нижеследующие данные о составах формовочной массы взяты из журнала «Stahl und Eisen» за 1904 г. № 16.

Толщина отливок в мм.	20—50		Свыше 50.	
Название массы.	A	B	C	D
Использованн. формовоч. песок в литрах	4	12	1	—
Мелкоистолчен. бой тиглей . . . »	1	—	10	—
Молотый огнеупор. кирпич . . . »	1	—	5	—
Белая глина »	1	1	3	2
Молотый кокс »	1/2	—	1	—
Кварцевый песок »	—	5	—	10
Графит »	—	2	—	—

Огнеупорная глина и тигельный бой перемалываются в бегунах или в шаровых мельницах и просеиваются. Так же

поступают и с остальными добавками: сырой глиной, кварцевым песком, коксом и т. п. Предварительно необходимо высушивать глину и обжечь кварц. Смешение производится в бегунах или в обычных мешалках, применяемых для смешивания формовочных земель.

Для придания формовочной массе «газопроницаемости» применяются почти те же самые средства, что и при чугунном литье: молотый кокс, ржаная мука, опилки и т. п. Однако, эти примеси не всегда оказывают благоприятное действие, поэтому многие сталелитейные не признают подобных добавок. Вместо раствора глины иногда применяется патока, как связующее средство. При употреблении этой массы сильной просушки форм не требуется. Это относится главным образом к небольшим предметам, отливаемым из тиглей или ручных ковшей. При отливке из ковша с отверстием в днище может явиться опасность размыва струей металла слабой массы формы и прорыва самого металла, поэтому формы, состоящие из так называемой «паточной массы», принято подвергать легкой просушке (см. том II). Для отливок, подвергающихся обработке, предпочитают просушенные формы.

Припылы для форм.

Припылы при стальном литье такие же, как и при чугунном литье. Наиболее употребительными являются кварцевая мука, угольный порошок и графит или смесь этих материалов с некоторым количеством глины. Для окраски шишек наиболее пригоден чистый графит.

Формовка.

Формовочная работа при стальном литье происходит почти так же, как и при отливках из чугуна. Формовка почти исключительно производится вручную. При стальном литье еще

более важна, нежели при отливках из чугуна, тщательная вентиляция и достаточно плотная набивка формы. При отливке из обычной массы требуется достаточная просушка. Готовую просушенную форму нельзя оставлять в литейной задолго до отливки, т. к. она поглощает влагу. Если формы очень сырые, то при отливке возникает сильное кипение, выплескивание металла и даже разрушение формы. Просушка форм производится теми же способами и при помощи тех же средств, что и при чугунном литье.

Для установки шишек, как и при чугунном литье, применяют жеребейки. Приготовление шишек также производится одинаково.

Плавка стали.

Плавка стали производится в мартеновских и электрических печах, малых бессемеровских конверторах и иногда в тиглях.

Плавка в мартеновской печи.

Мартеновские печи были уже описаны вкратце в I Томе настоящего издания. Печи для стального литья могут быть кислые и основные, подобно печам, применяемым для приготовления стальных болванок. Для изготовления стальных отливок предпочитают, однако, кислые печи. Отливки, полученные из кислой печи, отличаются большей плотностью и менее склонны образовывать пузыри, по сравнению с отливками из основной печи. В основных печах плавка происходит, однако, значительно скорее, и для основных печей допускается более фосфористая и дешевая шихта. В Германии, где труднее, нежели в Швеции и др. странах, получить свободные от фосфора материалы, большинство печей, изготавливающих фасонное стальное литье, работают на основном поду. В отношении производства стали для слитков положе-

ние, конечно, совершенно иное. Вместимость печей 2—25 тонн, в зависимости от характера литья. Для небольших отливок применяются печи вместимостью 2—5 тонн. Обычно для стального литья употребляется малый бессемеровский конвертор. Большие мартеновские печи для мелкого литья не применяются, так как в них нельзя получить достаточно горячего металла к концу отливки. Устранение этого недостатка достигается при помощи сильного перегрева металла, но это действует на печь разрушающе.

Для крупных отливок мартеновские печи устраиваются вместимостью до 10 тонн и выше. Отливка крупных и мелких изделий из одной и той же плавки не всегда представляется возможной, так как для небольших отливок обычно требуется более горячий металл, нежели требуемый для заливки крупных изделий. Кроме того, размер отверстия в ковше также устанавливается в зависимости от величины отливок.

Плавка для фасонного литья почти ничем не отличается от обычной работы мартеновской печи, только при фасонном литье металл должен быть более нагретым. Мартеновские печи для обычного стального фасонного литья работают почти всегда скрап-процессом на твердой завалке. Соотношение чугуна и железа или стального скрапа колеблется в пределах от 1:10 до 1:1. Состав шихты подбирается таким образом, чтобы изделие получилось требуемого состава и механических свойств. Кроме того, шихта всегда подбирается таким образом, чтобы плавка не затягивалась и не требовалось бы введения большого количества руды и добавочных материалов: раскислителей и т. д. Количество чугуна в шихте составляет в среднем 15—35% от всей завалки, при кислом процессе количество чугуна, как правило, бывает меньше, чем при основном. Количество своего литейного скрапа доходит до 30—40% от веса шихты, поэтому покупного скрапа поступает лишь незначительное количество.

Даже при основном процессе, при котором может применяться чугуны почти любого состава, все же предпочитают более чистые сорта чугуна, отчасти для упрощения и ускорения процесса плавки, а отчасти для получения более спокойного металла, который лучше отливается. Обычно применяется чугун с высоким содержанием марганца и низким — фосфора и серы, имеющий следующий состав: 3,5—4,5% углерода, до 3% марганца, 0,5—1% кремния, ниже 0,06% фосфора и ниже 0,04% серы.

Для кислых печей часто применяется серый чугун с высоким содержанием кремния и низким марганца, имеющий следующий состав: 3,5—4% углерода, 0,8—1,5% марганца, 1,5—3% кремния, менее 0,06% фосфора и 0,05% серы.

Шихта из чугуна и мягкого железного скрапа обычно имеет следующий состав: 1,0—1,5% углерода, 0,5—1,8% марганца, 0,3—0,8% кремния и менее 0,05% серы. Содержание фосфора при кислом процессе должно быть не более 0,06%, при основном может быть несколько выше.

Для получения плотного раскисленного металла к концу плавки вводят такое количество ферро-силиция, чтобы содержание кремния в готовой стали было 0,2—0,4%. Ферро-силиций содержит от 8 до 80% кремния. При применении ферро-силиция с низким содержанием кремния (чаще всего 12%), добавку необходимо подогревать и повышать температуру печи, так как введение большого количества низкопроцентного ферро-силиция сильно охлаждает ванну. Высокопроцентный (обычно 50%) ферро-силиций можно вводить холодным или лучше слегка подогретым при выпуске металла. Ферро-силиций забрасывается маленькими кусками в количестве $\frac{1}{2}$ —1% от веса шихты. Высокопроцентный ферро-силиций содержит очень небольшое количество углерода, что позволяет изготавливать очень мягкие отливки с 0,1% углерода. При работе с 12% ферро-силицием трудно получить содержание углерода в металле менее 0,15—0,20%.

Малый бессемеровский процесс.

Из экономических соображений, конверторы, применяемые при обычном бессемеровании, должны быть большого размера. Однако, для фасонного литья большие конверторы не пригодны, так как металл обычного бессемерования не удовлетворяет тем требованиям, которые предъявляются к фасонному литью, особенно при производстве мелких отливок. Для изготовления мелкого тонкостенного литья мартеновские печи также не пригодны, так как они не дают достаточно горячего металла при нормальном ходе процесса. Малое бессемерование имеет следующее преимущество при изготовлении мелких отливок:

- 1) Меньшие расходы при установке.
- 2) Разнообразное применение.
- 3) Высокая температура отливаемой стали.

Отливки, получаемые в конверторах для малого бессемерования, дороже отливок из мартеновской печи, так как при малом бессемеровании приходится употреблять исключительно один чугу́н, вдобавок более дорогой из-за высокого содержания кремния. Кроме того, необходимо при расплавлении в вагранке чугу́н сильно перегревать. Расход кокса в вагранке достигает 15—20% веса переплавляемого чугу́на. Угар чугу́на в вагранке и конверторе очень высок. В общем он определяется приблизительно в 20%.

Попытки получения стали в маленьких конверторах, сконструированных на подобие обычных, делались уже давно, однако, долгое время эти опыты были неудачны. Первый удачный опыт был осуществлен во Франции в 1886 году. Сопла были устроены таким образом, что дутье поступало сбоку конвертора, приблизительно посредине между днищем конвертора и поверхностью металлической ванны. Это устройство вначале не давало улучшений, но однажды, когда случайно в конверторе оказалось такое количество чугу́на, которое

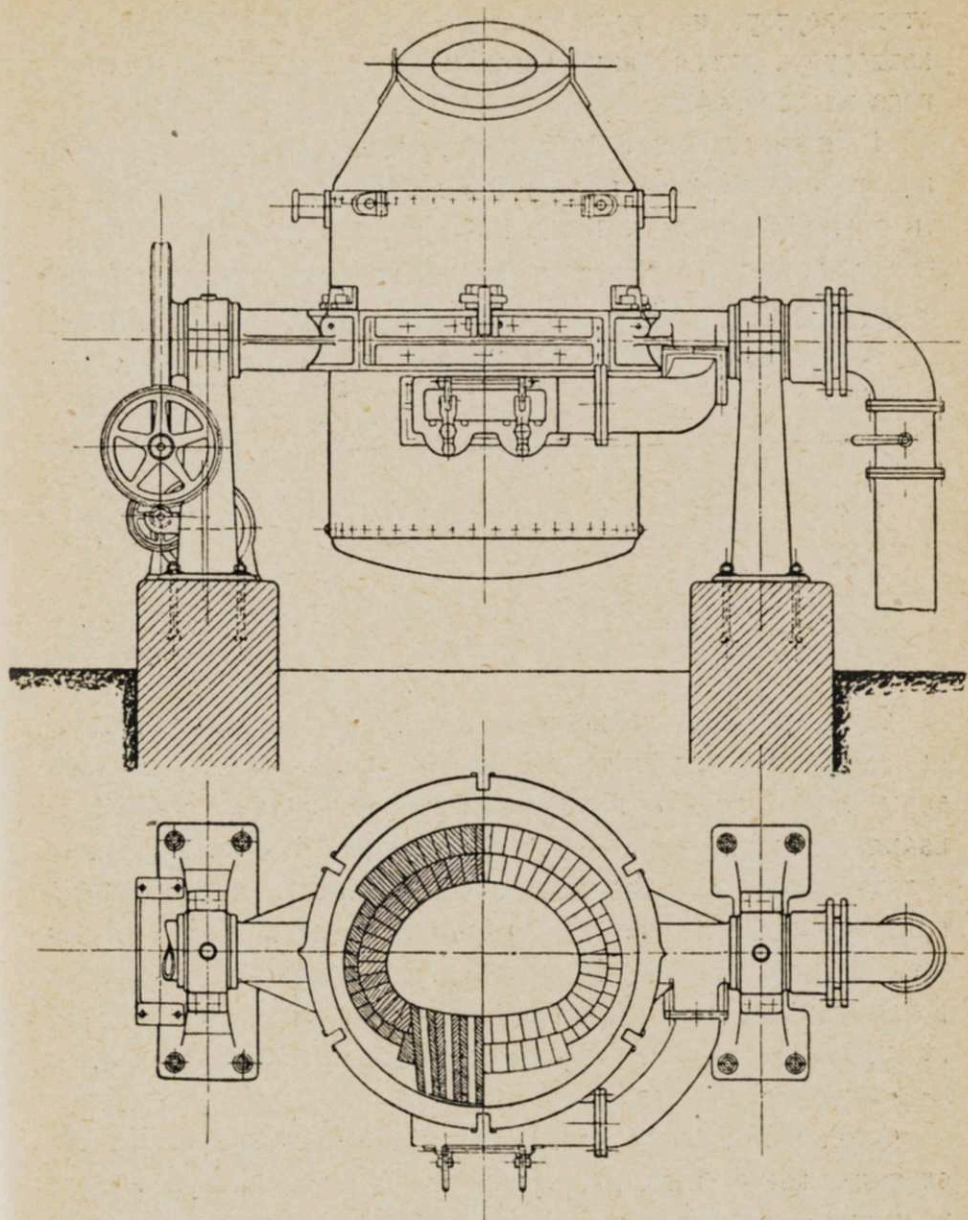
доходило лишь до сопел, немного покрывая их, получились блестящие результаты. Очень быстро при небольшом давлении удалось получить горячую сталь, из которой были сделаны безукоризненные отливки.

Конструкция малого бессемеровского конвертора отличается от обычных конверторов тем, что фурмы или сопла в них устраиваются горизонтально над поверхностью металла, поэтому дутье не проходит через толщу металла. Малый конвертор строят вместимостью от 500 до 5000 кг расплавленного металла, обычно около 1000 кг. В конверторе Тропенаса, наиболее употребительном, имеется, кроме того, еще ряд верхних фурм, которые способствуют сжиганию образующейся в конверторе окиси углерода.

По своему наружному виду конвертор малого бессемерования (см. фиг. 54) мало отличается от обычных больших бессемеровских конверторов (см. Том I). Поворачивание конвертора может производиться вручную, при помощи штурвального колеса и червячной передачи. Однако, такая конструкция не позволяет быстро поворачивать конвертор, в то время как необходимым условием малого бессемерования является быстрота работы конвертора. Механизм для поворачивания конвертора должен снабжаться электрическим мотором. Число оборотов мотора уменьшается до 1 об/мин. посредством зубчатой и червячной передачи.

Число плавов может достигать 20 и более в день.

Дутье производится воздуходувной машиной высокого давления (обычно с вращающимися поршнями). Давление дутья достигает $0,25 \text{ кг/см}^2$ — $0,45 \text{ кг/см}^2$, т.-е. 2500 — 4500 мм водяного столба. За последнее время стали входить в употребление турбовоздуховки. Скорость воздуха в трубопроводе должна быть около 15 метров в секунду. Количество воздуха регулируется задвижками, которые помещаются на наблюдательной площадке. Давление дутья



Фиг. 54. Конвертор малого бессемерования.

измеряется обычно при помощи ртутного манометра или др. приборов. Наблюдение производится на площадке, отстоящей

от конвертора на расстоянии около 3,5 метров. Ось цапф конвертора должна находиться на расстоянии 1,6 метра от пола мастерской.

В нижеследующей таблице приведены диаметры сопел, их число, требуемое количество воздуха и т. д. для конвертора вместимостью в 1000, 2000 и 5000 кг.

Вместимость конвертора кг	Треб. к-во воздуха в минуту м ³	Макси- мальн. давление кг/см ²	Мощность воздух. маш. при максим. давлении в лощ. сил.	Число сопел	Диаметр сопел мм
1000	45 — 50	0,3	45	5	30
2000	60	0,3	70	7	30
5000	90	0,4	120	9	20

Футеровка конвертора должна состоять из хорошего огнеупорного материала толщиной 0,3—0,4 м. Конверторы почти всегда имеют кислую обмуровку, обычно из кварца, содержащего 95% кремнезема. Футеровку можно делать либо из кирпича, либо набивкой массы. Масса готовится из чистого кварца и некоторого количества огнеупорной глины. Футеровку необходимо осматривать после каждой продувки, проверяя каждый день, особенно тщательно по окончании работы. Сопла должны изготовляться из высоко-огнеупорного материала.

Футеровка должна выдерживать 20—30 плавов. В тех случаях, когда конвертор работает через день при небольшом числе продувок и ремонт производится после каждого рабочего периода, футеровка может выдерживать до 100 плавов.

После ремонта конвертор должен быть хорошо просушен и прогрет пламенем до тех пор, пока футеровка не

станет светло-красной. Прогрев занимает около 5-ти часов при сушке коксом и $1\frac{1}{2}$ часа при разогреве нефтью. Однако, чрезмерно форсировать просушку не рекомендуется.

Шихта. Перед продувкой чугун расплавляется, как это было указано выше, в вагранке. Последняя должна иметь такую производительность, чтобы через каждые три четверти часа могло быть получено необходимое количество жидкого чугуна для заливки в конвертор. Чугун должен иметь при выпуске из вагранки следующий состав:

Кремния	1,8—2,0%
Марганца	0,6—1,0%
Фосфора ниже	0,06%
Серы >	0,05%

Более высокое содержание кремния замедляет продувку, так как увеличивает количество шлака, затрудняет прогрев металла, в результате чего получается холодная сталь. В случае недостаточного количества кремния, в чугуне не развивается достаточного тепла при горении и металл также получается стывшим. Чем лучше подогреть конвертор, тем меньшее количество кремния может быть в чугуне и тем скорее происходит продувка.

Содержание марганца не имеет такого большого значения. Оно колеблется в довольно широких пределах. До 1% или несколько выше содержание марганца не оказывает никакого заметного влияния. Марганец в количестве большем 1% не употребляют, так как он только бесполезно выгорает, увеличивая угар металла. Общий угар металла можно считать около 18%. При введении в шихту большого количества скрапа, угар в вагранке доходит до 5%. Добавка скрапа в вагранку может вначале составлять 35%, доходя в последних присадках до 40—50%. Чугун, выпускаемый из вагранки, должен быть горячим, а конвертор хорошо просушенным и прогретым.

Наполнение конвертора и подача дутья. Для наполнения конвертор устанавливается в горизонтальном положении, затем конвертор медленно поднимают, наблюдая за поверхностью ванны через отверстие для дутья. Когда металл достигнет края сопел при положении конвертора под углом $3-9^\circ$ от вертикали, то это является признаком того, что в конвертор влито надлежащее количество чугуна. Угол наклона конвертора отсчитывается по шкале, укрепленной на одной из цапф. Перед пуском дутья необходимо прочистить сопла, после чего ящик, в который подводится дутье, закрывается и дутье подается. В первый момент после пуска дутья клапан открыт и воздух выходит в атмосферу. Когда воздуходувная машина достигает полного числа оборотов, вентили быстро закрывают и дутье поступает уже в конвертор. Конвертор в это время стоит почти вертикально ($1-2^\circ$) и сопла немного погружены в ванну. Давление воздуха держится около 0,2 атмосферы. Если в конвертор подается дутье в недостаточном количестве, то перед соплами металл может «замерзнуть» и образовать корку, которая закроет сопла. Подобная авария может произойти также и в том случае, если дутье будет подано слишком рано, или она может произойти как результат естественной тяги при длительной остановке конвертора. Недостаточный нагрев чугуна или конвертора, или то и другое вместе, могут повести также к захлаживанию металла в конверторе и образованию корки у сопел. Если такая авария произойдет, то необходимо быстро пробить отверстие и выпустить содержимое конвертора.

Ход процесса малого бессемерования может быть разделен на три отдельных периода. Вначале продувки из горла конвертора вырывается дождь искр и одновременно показывается небольшое дымящее пламя, быстро исчезающее. В этот период горит кремний и часть марганца. Спустя 4—5 минут сноп искр приостанавливается и показы-

вается красноватое пламя, которое все возрастает и становится ослепительно-ярким. Это явление обычно называют воспламенением или выбросом пламени. Первый период, при котором большая часть кремния выгорает и переходит в шлак, заканчивается воспламенением. При слишком высоком содержании кремния до воспламенения проходит до 5-ти минут. Когда же воспламенение наступает ранее 4-х минут, то это служит признаком того, что содержание кремния в чугуна недостаточное. В этом случае необходимо ввести некоторое количество ферро-силиция. Через 3 или 4 минуты после воспламенения, когда достигается достаточно высокая температура и образуется шлак надлежащего состава, начинает реагировать углерод металлической ванны, т.е. наступает второй период продувки. При горении углерода образуется большое пламя. Второй период продолжается 4—5 минут и заканчивается уменьшением пламени. При третьем периоде из горловины конвертора выбрасываются брызги шлака. Пламя, которое в конце 2-го периода было прозрачно и мало-светяще, становится снова ослепительно-белым. 3-й период представляет собой как бы повторение 2-го. При 3-ем периоде также через 3—4 минуты возникает сильное пламя, при котором не следует опасаться сильного кипения металла. Из горла конвертора показываются легкие искры, которые свидетельствуют об обезуглероживании металла. Во время процесса продувки давление колеблется, то повышаясь, то снова понижаясь. Когда давление начнет повышаться постоянно, то это является верным признаком того, что процесс заканчивается. Давление регулируют сообразно с мощностью воздушной машины.

Если дутье к концу процесса затрудняется и сопла начнут заполняться сталью и шлаком, можно считать процесс продувки законченным. При непрерываемом течении процесса пламя несколько раз повышается и падает, пока

оно не достигнет своей наибольшей длины (около $4\frac{1}{2}$ м), после чего оно с колебаниями уменьшается. Этим процесс заканчивается. Конвертор поворачивается и дутье прекращается. 3-й период продолжается 4—5 минут и весь процесс продувки занимает 12—15 минут. Приведенные данные относятся к конвертору вместимостью в 1000 килограмм. Продувка в 2-х тонном конверторе требует 15—25 минут, в 5-ти тонном—20—30 минут.

В течение всего хода процесса, если продувка ведется достаточно горячей, выделяется желтый дым вследствие горения марганца. При холодном ходе такого дыма не наблюдается.

Продувка. Если во время воспламенения замечается сильное повышение давления, то это служит признаком того, что сопла заполняются шлаком. Когда подобные неполадки продолжаются в течение долгого времени, может замерзнуть вся плавка. Во избежание подобной аварии рекомендуется наклонять конвертор таким образом, чтобы сопла обнажались, прекращать дутье и хорошо прочистить сопла. При пуске дутья конвертор снова поворачивается в прежнее положение и продувка продолжается.

При надлежащем составе чугуна, когда содержание кремния не превышает 0,8%, указанные неполадки встречаются редко. При другом методе борьбы с заливанием шлака во время продувки, конвертор наклоняется назад настолько, что сопла погружаются глубоко в ванну. Если давление при этом маневре снова падет, то, следовательно, удалось освободить сопла от шлака. Конвертор тогда снова поворачивают в прежнее положение и процесс продувки продолжается прежним путем. В случае холодной плавки, для повышения температуры в ванну вводится присадка высокопроцентного ферро-силиция. Присадку особенно рекомендуется делать после воспламенения. Обычно вводится 5—10 кг 15-ти процентного ферро-силиция. Пламя несколько уменьшается,

но тотчас снова вырывается с ослепительным светом. Конвертор при этом поворачивается таким образом, чтобы сопла погрузились на 3—5 см в металлическую ванну. Через 7—8 минут продувки конвертор дает выбросы чугуна и шлака. Кипение становится особенно сильным в том случае, когда чугун не имеет надлежащего состава, независимо от того, богат ли он кремнием или последний в недостаточном количестве.

Необходимо избегать слишком сильного кипения ванны, во избежание большой потери металла. Иногда для этой цели несколько уменьшают давление дутья. Однако, опускать давление ниже 0,15 атмосфер не рекомендуется, так как в противном случае чугун и шлак будут заливать сопла. Если кипение не ослабевает и при уменьшении давления, то необходимо повернуть конвертор вперед, приблизительно на 45° . Как только ванна придет в спокойное состояние, подается снова нормальное дутье, и конвертор поворачивается назад в свое прежнее положение.

Если ванна по той или иной причине недостаточно нагрета или в нее попадали кусочки кладки, то реакция горения углерода, наступающая через 3—4 минуты после воспламенения, может носить очень бурный, почти взрывной характер. Часть чугуна при этом выбрасывается из конвертора. Иногда получается сильная реакция даже при горячем ходе процесса. Этот момент поэтому является наиболее опасным при продувке. Поддачи дутья нельзя прекращать ни при каких обстоятельствах, так как чугун и шлак могут залить сопла. Удобнее всего сначала повернуть вперед конвертор, а затем уменьшить дутье.

К концу 3-го периода берется ложкой проба и отливается в стаканчик. Пробу отковывают в тонкую лепешку и замачивают в воде. Если лепешка хорошо гнется и не имеет рванин и трещин, значит плавка готова, если же, наоборот, она хрупка, как литейный чугун, то приходится выбирать между двумя способами: или продолжать продувку или, сде-

лав присадки, выпускать плавку так, как она есть, при чем полученное таким образом изделие необходимо отжигать потом в течение 1—2 дней. Последнее предпочитают во многих случаях, ибо в сомнительных случаях лучше прервать процесс раньше, чем позже. При продолжении продувки, после исчезновения пламени 3-го периода, показывается зеленоватое, острое, мало светящееся пламя и сноп искр в виде маленьких шлаковых шариков. Если это состояние продолжается несколько минут и пламя за это время не увеличивается, то лучше всего выпустить плавку. Железо, почти свободное от углерода, окисляется чрезвычайно легко. Образующаяся при этом закись железа разъедает футеровку так сильно, что после такой плавки футеровку обычно приходится обновлять.

Передутая плавка распознается по очень богатому окислами железа жидкоподвижному шлаку. После продувки, готовый металл должен иметь следующий состав: 0,09% углерода, 0,03% кремния и 0,05% марганца.

Добавки. Для повышения содержания углерода и марганца в конвертор вводится 80-ти процентный ферро-марганец и в некоторых случаях небольшие куски угля и кокса. Содержание кремния доводится до надлежащего количества посредством присадки 50-ти процентного ферро-силиция. Ферро-марганец разбивается на куски величиной с кулак: эти куски погружают в воду, а затем с силой бросают в конвертор. При соприкосновении с шлаком влажность вызывает взрыв, в результате которого шлак разламывается и добавки попадают в сталь. Ферро-силиций и уголь вводятся обычно уложенными в банки или мешки, которые сначала погружают в воду, а затем проталкивают сквозь шлак длинным шестом. Перед выпуском плавку хорошо перемешивают *).

*) Рекомендуемые замачивания необходимо производить с чрезвычайною осторожностью, во избежание последующего взрыва в конверторе и выбрасывания из него масс металла и шлака, что всегда сопряжено с опасностью для рабочих.

Расчет добавок должен производиться таким образом, чтобы в готовой стали содержалось около 0,3% марганца и 0,2% кремния. В целях увеличения жидкоподвижности удобно повышать содержание кремния максимум до 0,3%, содержание марганца—максимум до 0,8% и содержание углерода от 0,3% до 0,4%. Содержание углерода определяется требованиями, предъявляемыми к изделию в отношении прочности. Содержание углерода—0,2—0,4% придает прочность, от 35—50 кг/мм², при удлинении от 30—16% на 200 мм длины. Повышение содержания углерода и марганца противодействует склонности стали давать трещины.

При расчете добавок нужно принимать во внимание то обстоятельство, что приблизительно 30% марганца и кремния теряется вследствие окисления, в ферро-марганце или чугуна угорает 10% углерода, а в кусках угля и кокса—около 50% углерода.

Когда сталь готова для выпуска, в горловину конвертора вставляют пробку или огнеупорный кирпич с небольшим выпуклым отверстием. Кирпич укрепляется при помощи листа железа, положенного на 2-х зубцах в горловину конвертора. Этот кирпич задерживает шлак.

В ковши, предварительно хорошо подогретые, вводится перед выпуском приблизительно 0,05% алюминия *).

После того как вся сталь выпущена и отделен шлак, сопла освобождаются от шлака, делаются некоторые необходимые исправления и конвертор снова готов для следующей продукции.

В среднем, можно считать, что издержки при изготовлении стали в конверторе вдвое больше издержек по изготовлению обычных чугунных отливок.

*) Вводить добавки в ковш до того, как жидкий металл покроет дно, не рекомендуется, так как в этом случае добавка обычно бесцельно пропадает, пристав к дну ковша.

Прим. перев.

Плавка стали в тиглях.

Плавка стали в тиглях является очень дорогим способом, так что при производстве стальных отливок плавка в тиглях применяется главным образом только в тех случаях, когда требуется получить металл исключительной чистоты и высоких качеств. Тигельная плавка дает наиболее здоровый металл, так как он не подвергается непосредственному воздействию горючего и пламени, мало изменяя поэтому свой состав.

Шихтой для тигельной плавки, как правило, служит бес-сероверовская и мартеповская сталь. Для получения плотной отливки в шихту вводят в небольшом количестве чугуи или около 0,2% кремния в виде 10% ферро-силиция. Содержание кремния в стали не должно превышать 0,6%, а марганца—1%.

Иногда производятся тигельные отливки из мягкого железа. Наиболее пригодным шихтовым материалом для этой цели служит железо, употребляемое для изготовления подковных гвоздей.

Плавка стали, мягкого железа и чугуна в тиглях производится в регенеративных печах Сименса, отапливаемых генераторным газом, или в описанных в Томе I настоящего издания печах с колосниковой решеткой.

Тигли обычно применяются вместимостью 35 кг. Они имеют следующие размеры:

Толщина стенок	23 мм
» днища	36 мм
Высота тигля	450 мм
Наибольший внутр. диаметр	140 мм

При плавке в печах с колосниковой толпой тигли засыпаются снаружи коксом до $\frac{2}{3}$ высоты тигля. Вначале горение кокса происходит при естественной тяге. Когда кокс раскалится, его необходимо хорошо прошуровать и равно-

мерно распределить между тиглями. После этого печь снова наполняют коксом. Теперь слой кокса уже почти достигает отверстия для выхода дыма. Когда раскаленный кокс доходит до края тигля, подается дутье давлением 50 мм водяного столба. В течение $1\frac{1}{2}$ часов кокс должен выгореть до половины высоты тигля.

При плавке чугуна за это время металл становится готовым для отливки, но для стали и мягкого железа необходимо еще раз наполнить шихту коксом и снова дать ему выгореть до половины высоты тигля. Горение кокса продолжается для тиглей указанных размеров еще час с четвертью, после чего металл становится уже пригодным для отливки. Готовый металл выдерживается в печи еще около получаса и перед выпуском к нему добавляется ферро-марганец и ферро-силиций.

Во время плавки тигель должен плотно закрываться. Это необходимо выполнять особенно тщательно при плавке мягкого железа, во избежание науглероживания, так как такое железо жадно поглощает углерод.

Плавка мягкого железа происходит более продолжительное время, нежели плавка стали, так как температура плавления мягкого железа более высока, нежели для стали. Когда металл достаточно нагрет и жидкоподвижен, вводится для раскисления 0,6—1% алюминия. После введения раскислителей металл выдерживается в печи еще минут 10, а затем производят отливку.

Для плавки мягкого железа применяются графитовые тигли, уже бывшие в употреблении при плавке стали или чугуна, так как новые тигли сильнее науглероживают железо. Хорошие тигли выдерживают около 25 плавов чугуна, 5 плавов стали или 3 плавки мягкого железа. Расход кокса соответственно—около 75, 175 и 200% от веса шихты.

Во время плавки сталь или железо поглощают в некотором количестве углерод и кремний из стенок тигля, поэтому

содержание этих элементов в готовом металле несколько повышается против расчетного. Содержание серы и фосфора при тигельной плавке не изменяется.

Отжиг стального литья.

Отжиг стальных отливок уже описывался в общих чертах в Томе I настоящего издания. Там же были приведены некоторые конструкции отжигательных печей.

Целью отжига является:

1. Устранение внутренних натяжений, возникающих при затвердевании и охлаждении отливки, а также
2. улучшение грубо-кристаллического строения литого металла и повышение механических качеств металла.

Неотожженное изделие имеет неоднородное и грубое строение. Сопротивление разрыву и удлинение неотожженной отливки меньше, нежели у отожденного изделия. Особенно благоприятное действие оказывает отжиг на сопротивление металла толчкам и ударам. Изделия, подвергающиеся большим усилиям, или ответственные изделия, поломка которых грозит серьезными последствиями, должны поэтому отжигаться особенно тщательно и полно, хотя бы форма изделия и делала отжиг весьма затруднительным. При отливках, содержащих углерод выше 0,50—0,60%, отжиг становится еще более необходимым. Иногда отжиг производится до удаления прибылей, так как изделие, под влиянием сильных внутренних натяжений, может при обрубке прибыли дать трещины и даже совершенно сломаться.

Как правило, все стальные отливки должны отжигаться.

В прежнее время отжиг производился весьма примитивно, так называемым «напольным путем». По этому способу отжиг происходил следующим образом: предмет, подлежащий отжигу, окружался древесным углем или дровами, горение которых развивало температуру, достаточную для процесса.

По окончании нагрева, отжигаемую отливку засыпали землей для медленного охлаждения.

Теперь отжиг производится в пламенных печах, отапливаемых газом *) (см. Том I настоящего издания). Иногда для отжига крупных предметов, если они не помещаются в отжигательных печах, и теперь прибегают к старому напольному способу. В этом случае отжигаемые изделия окружаются временной стеной из редко сложенных кирпичей. Свободное пространство внутри кладки заполняют древесным углем или дровами, при чем горение поддерживается до тех пор, пока изделие не будет отожжено.

Температура отжига должна быть $800-950^{\circ}\text{C}$, в зависимости от содержания С в материале, так как, помимо устранения вредных натяжений, отжиг должен произвести изменение структуры изделия, перевода таковую в область твердых растворов. Нагрев продолжается до тех пор, пока все изделие не примет требуемую температуру во всех своих частях. Продолжительность нагрева зависит от массы изделия. Отжиг, производимый дольше, нежели это необходимо для надлежащего нагрева изделия—излишен и вреден. Однако, с другой стороны, отжиг должен обязательно продолжаться в течение такого времени, какое необходимо для равномерного распределения тепла и нагрева изделия, ибо важно создание повсюду одинаковой мелкозернистой структуры.

Температура отжига может доходить и до 1000°C . Если изделие твердое, то рекомендуется отжиг вести осторожно, в особенности при наличии тяжелых частей, требующих более продолжительного и медленного нагрева.

При отжиге больших отливок из твердой стали, нагрев не должен производиться слишком быстро. В противном случае могут возникнуть вредные натяжения, так как внутренняя часть изделия не расширяется одновременно с по-

*) Нефтью или ныхевидным топливом.

верхностным слоем. Эти натяжения ведут к образованию трещин, так как, напр., большой валок для прокатки листов должен медленно охлаждаться не менее $1\frac{1}{2}$ —2 суток.

Прежде считали, что для устранения внутренних натяжений изделие после отжига должно медленно охлаждаться. Однако, такое медленное остывание ведет к тому, что изделие становится чувствительнее к большим усилиям и ударам, чем после более быстрого остывания. Рекомендуются до 600°C производить охлаждение быстро, а затем более медленно. В первый период изменяется строение стали, так как она проходит через критические точки. Для удаления внутренних натяжений достаточна температура в 600°C . По другому способу сначала нагревают изделие до высокой температуры и дают ему остыть, а затем для удаления внутренних натяжений снова нагревают его до 500 — 600°C , с последующим медленным остыванием.

Если нет опасений ожидать в изделии вредных натяжений, то охлаждение отливки можно вести на открытом воздухе. Для медленного охлаждения изделие оставляют в печи, температура которой медленно понижается. Иногда изделие зарывают в сухой песок или золу.

F. Stille дает следующие правила для отжига стального литья:

1. Изделие должно нагреваться до 900 — 1000°C .
2. Эта температура должна поддерживаться до тех пор, пока все изделие не примет требуемой температуры. Более продолжительный нагрев не допускается.
3. Предметы, целиком не помещающиеся в печи, могут отжигаться частями, но они должны быть прогреты по всей своей массе от 500 — 600°C , а затем медленно охлаждаться.
4. Когда отжигаемые предметы достигнут требуемой температуры отжига, их необходимо вынуть из печи для более быстрого охлаждения до 600° . Небольшие отливки охлаждаются на открытом воздухе, большие—при помощи дутья.

Пороки стального литья и их причины.

Пороки стального литья по своему характеру и причинам во многих случаях совершенно подобны порокам, получающимся при чугунном литье. Меры, принимаемые для предотвращения или устранения тех или иных дефектов в отливках, также весьма схожи при стальном и чугунном литье. Различие заключается лишь в большей трудности устранения пороков и предотвращения ошибок при производстве стальных отливок, особенно в отношении усадочных раковин, утяжин, пузырей, трещин и т. д.

Сталь не заполняет формы с такой легкостью, как чугун, поэтому при отливках изделий с тонким и сложным очертанием, даже небольшое понижение температуры металла уменьшает его жидкоподвижность и влечет за собою невыполнение формы в той или иной мере. Небольшие стальные отливки могут иметь толщину до 2—3 мм, но крупные отливки с тонкими стенками, узкими частями или сложной извилистой формы с небольшим поперечным сечением не могут отливаться из стали. Для лучшего заполнения формы отливки из стали нужно производить как можно быстрее *). Для этой цели устраивается несколько литников и достаточное отверстие в днище литейного ковша.

Газовые пузыри обычно возникают в том случае, когда в металле содержится слишком мало кремния. В кислых мартеновских печах это случается редко, в то время как в основных печах довольно часто. Кроме того, в шлаке может оказаться часть присаженного кремния, а оставшееся количество будет недостаточно для освобождения металла от газов. В последнем случае газы будут выделяться при затвердевании отливки. При этом часть газов

*) Это относится только к мелким отливкам. Крупные изделия, напр., большие ахтерштевни, рулевые рамы и т. д., отлитые горячо, получают усадочные раковины.

не успеет выделиться и изделие получится пузыристым. Отливку, содержащую большое количество подобных пузырей, можно распознать по «росту» металла в форме.

В отливках, содержащих много газов, прибыля и литники имеют по затвердевании плоскую или выпуклую поверхность, часто с окислившимися краями неправильной формы. При нормальной отливке прибыля и литники имеют несколько вогнутую поверхность. Когда обнаруживаются «выросшие» отливки, то забраковываются все отливки данной плавки.

Сталь вообще более богата газами, нежели чугун, поэтому в стальных отливках чаще возникают газовые пузыри. Бессемеровская сталь, получаемая в результате продувки в конверторе, всегда более окислена, нежели мартеновская сталь, и требует поэтому большее количество алюминия и других раскислителей для удаления кислорода. Меньше всего требует раскисляющих присадок тигельная сталь.

Другие причины образования пузырей подобны тем, которые имеют место при отливках из чугуна. Таковы пузыри, образующиеся в результате недостаточно просушенной формы; они обнаруживаются в виде небольших, плотно прилегающих друг к другу, пор и свищей около 1 мм в диаметре и длиной до 10 мм и более. Такие пузыри выходят обычно к поверхности отливки, поэтому они легко обнаруживаются при очистке литья или после отжига, когда удаляется литейная пленка и окалина. Пузыри, получившиеся вследствие того, что воздух не мог выйти из формы, большего размера. Они имеют приплюснутую, вытянутую форму. Эти неплотности обычно залегают внутри отливки в нескольких миллиметрах от поверхности. Обнаруживаются они обычно только при механической обработке изделия.

Образование «утяжин» объясняется теми же причинами, которые вызывают усадочные раковины, т.е. влия-

нием уменьшения объема металла при затвердевании (усадка). В стали усадка имеет большую величину, чем у чугуна, и влияние ее проявляется более резко. Поэтому прибыля в стальных отливках устанавливается в большем количестве и большей величины, нежели при чугунном литье. При отливке мелких изделий иногда роль прибыли играет литник, если, конечно, он устраивается достаточных размеров. В этом случае специальных прибылей не устанавливается. Встречаются отливки, в которых несколько частей питаются от одной общей прибыли. Для крупных изделий с неравномерной толщиной часто устраиваются несколько прибылей.

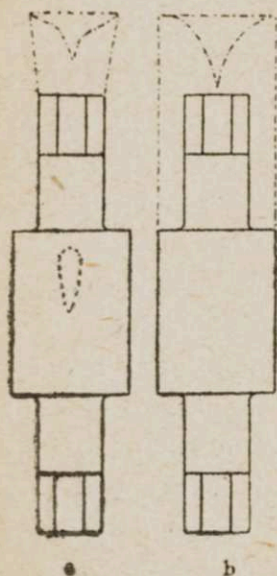
Прибыля должны устанавливаться над крупными частями изделия, которые наиболее подвержены образованию усадочных раковин и «утяжин». Величины прибылей определяются из того соображения, чтобы они затвердевали после самого изделия. Необходимо избегать установки прибылей таким образом, чтобы между прибылью и одной частью отливки оказывалась бы другая часть, более тонкая. Эта последняя должна иметь такую же толщину, что и нижележащая часть, если, конечно, это допускает конструкция изделия. В противном случае изделие скорее затвердеет в этом узком месте, нежели прибыль или нижележащая крупная часть, что повлечет либо отрыв узкой части от более крупной или образование в последней усадочных раковин и утяжин.

Снабжать каждую крупную часть изделия прибылью часто является невозможным, поэтому иногда изделия отливают таким образом, что две или несколько частей образуют одно целое, над которым и устанавливается общая прибыль. Требуемая же в этом случае форма придается изделию при помощи механической обработки.

В качестве примера вышесказанного можно привести отливку вала или треща (см. фиг. 55).

Для получения возможно более плотной и чистой поверхности такие изделия отливаются вертикально.

При установке прибыли, как показано на рис. а, в отливке образуется усадочная раковина вследствие приведенных выше причин. При отливке шейки (или трефа) одинаковой толщины со всем валом, как обозначено пунктиром на рисунке б, изделие получается здоровым.



Фиг. 55.

Когда литник подводится к нижней части формы, как это принято обычно делать при стальном литье, металл заполняет изделие снизу вверх. Поэтому, если и прибыль наполнять таким образом, то к ней металл подойдет уже более холодным. Прибыль же, как указывалось выше, во избежание усадочных раковин, должна застывать последней, т.-е. быть наиболее горячей; поэтому, когда металл дойдет до прибыли, наполнение формы через литник прекращается и прибыль быстро заливается горячим металлом непосредственно из ковша.

Для поддержания прибыли в жидком состоянии, не прибегая к чрезмерному увеличению размеров последней, иногда применяются особые газовые горелки. Для этой же цели пользуются «термитом», который состоит из смеси алюминиевого порошка, окиси железа и перекиси бария. При воспламенении «термита» развивается очень высокая температура. Однако, эти оба способа редко применяются при производстве стальных отливок. Первый способ применяется, главным образом, при отливке крупных слитков для прокатки иликовки.

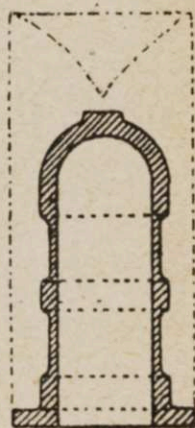
Вес прибылей по отношению к весу изделий колеблется в зависимости от формы и назначения изделия, составляя как минимум 15—20%, и в среднем—30—50%, часто даже

превышая вес изделия более, чем на 100%. Но из экономических соображений вес прибылей должен быть по возможности меньше.

Изделие, отлитое из стали, подобно чугунным отливкам, менее плотно внутри, нежели у поверхностных слоев. Это явление также резче проявляется в стали, нежели в чугуне. Если выточить снаруж и внутри одну треть толщины стенки гидравлического цилиндра и затем испытать цилиндр давлением воды, то в большинстве случаев вода будет просачиваться во многих местах, хотя неплотности могут быть настолько незначительными, что невооруженным глазом их бывает невозможно обнаружить. Поэтому при отливке тонкостенных изделий, цилиндров и т. п., которые должны подвергаться механической обработке, больших припусков на обработку делать не рекомендуется.

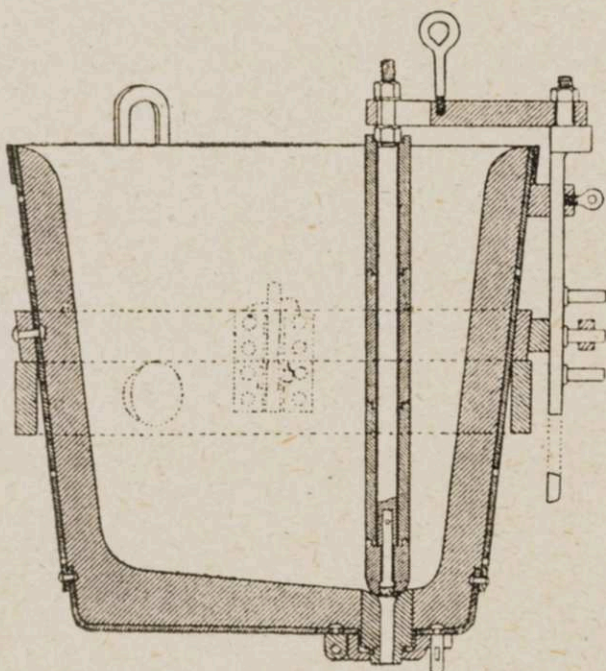
Если изделие имеет сложную форму, состоящую из чередующихся толстых и тонких частей, то, вследствие неправильного расположения и величины прибылей и припусков при механической обработке, в более крупных частях изделия могут обнаружиться различные неплотности: раковины, пузыри, пористость, свищи и т. д.

Во избежание неплотности изделий, в некоторых случаях приходится придавать отливке массивную сплошную форму, которая с помощью механической обработки принимает величину и размеры готового изделия. Примером может служить отливка цилиндра (фиг. 56). Отливка изделия производится вертикально, днищем кверху, на котором устанавливается бóльшая прибыль. Изделие формуется в виде сплошного тела. Фланец и кольцо посредине корпуса получают при помощи последующей механической обработки.



Фиг. 56.

Иногда при обработке такой отливки также может обнаружиться пустота в теле изделия. В этом случае необходимо сделать отливку еще массивнее, чтобы пористая часть могла быть целиком удалена при механической обработке. Если принятые предосторожности достаточны, отливка получится вполне здоровая. Но достигнуто это будет путем значительного удорожания изделия.



Фиг. 57. Ковш для отливки стали.

Помимо перечисленных затруднений и дефектов, стальные отливки более подвержены образованию трещин, нежели чугунные отливки.

Меры, принимаемые для предупреждения образования трещин в стальных отливках, весьма сходны с теми средствами, которые употребляются при чугунном литье. Охлаждение более крупных частей отливки также можно производить посредством железных предметов,—холодильников,

которые устанавливаются в форму в соответствующих местах. Холодильник делается из листов, палочек, цилиндров и т. д., в зависимости от формы изделия и величины того места, где требуется произвести охлаждение. Кроме того, охлаждение производится посредством прошивания отливки в опасных местах железными гвоздями.

Для избежания трещин устраиваются ложные ребра или галтели толщиной в 3—5 мм, которые при очистке отливки срубаются. На модели таких ребер не делают. Их насекает обычно формовщик при формовке изделия.

Образование трещин бывает также и вследствие неудачного расположения литника. Литники должны устраиваться как можно дальше от тех частей отливки, которые особенно склонны к образованию трещин. Это необходимо для того, чтобы к опасному месту подходил более холодный металл.

Заливка форм.

Заливка форм при стальном литье производится в общем аналогично заливке чугуна. Основное различие заключается в том, что стальные отливки при разливке с крана заливаются через отверстие в днище ковша, а не через «рыло». Эта мера вызывается тем, что сталь быстрее остывает, нежели чугун.

Фиг. 57 изображает обычную конструкцию ковша для отливки стали.

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ.

Формовочные материалы.

Отливка цветных металлов, подобно отливкам из чугуна или стали, производится в сухие и в сырые песочные формы. Однако, отливка в сухие формы более употребительна, в особенности для литья крупных изделий более или менее сложной формы. Сырые песочные формы применяются, главным образом, для небольших и тонких предметов, так как отливка большой массы металла в сырые песочные формы сопровождается обычно сильным выделением газов, которые могут привести к образованию пузырей в готовом изделии.

Для цветного литья пользуются также двумя сортами формовочного песка (см. Том II). В некоторых случаях при отливке крупных и сложных изделий, в виде исключения, в качестве формовочного материала употребляется глина.

Песок для формовки отливок из цветных металлов должен быть особенно тонко размолот и хорошо просушен, так как большинство легкоплавких цветных металлов легко проходят между зёрнами песка, придавая изделию грубый вид. Для формовки цветного литья не рекомендуется смешивать песок с мелко истолченным каменным углем, как это применяется при чугунном литье.

Когда не имеется надлежащего формовочного песка, то посредством соответствующего смешения различных сортов

свежего песка, а также песка, бывшего в употреблении, можно получить вполне удовлетворительный формовочный материал.

При отливке небольших тонких предметов из латуни иногда употребляется мергель. Однако, этот сорт земель нельзя употреблять много раз, так как после отливок мергель легко обращается в пыль.

В нижеследующей таблице (см. табл. на стр. 154) приводятся данные о физических и литейных качествах песка (из отчета об испытаниях, произведенных над некоторыми сортами песка, употребляемого в Швеции). Для сравнения приведены свойства песка, полученного после размельчения желтого песчаника.

В остальном требования, предъявляемые к формовочным материалам, те же, что и при чугунном литье (см. Том II). Смещение песка происходит тем же способом и в таких же машинах, какие применяются в чугунолитейном производстве. К формовочному песку рекомендуется ежедневно добавлять около 5% свежего песка.

Припылы.

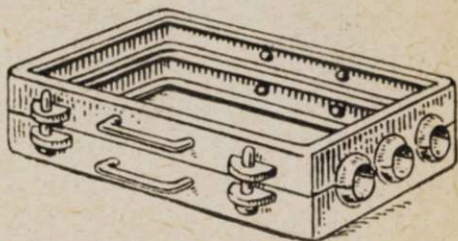
Для покрытия сухих песочных форм применяются те же припылы, что и при чугунном литье (см. Том II). Лучше всего употреблять разведенный в воде графит, которым покрывается форма при помощи кисти. Для сырых песочных форм этот сорт припылов не годится, так как графит или угольная мелочь будут оседать на форме и при отливке выталкиваться, забиваться и образовывать скопления, которые могут оставаться в готовом изделии после затвердевания металла. Применяемые при чугунном литье припылы сырых форм для цветного литья не пригодны, так как они делают поверхность изделия темной и грубой. Для цветного литья предпочитают лycopодий и мука.

Шишки лучше всего обмазывать графитом, разведенным в воде, хотя применяются и другие материалы. Небольшие шишки почти не припыливаются.

СОРТ ПЕСКА.	Вес 1 литра воздушно-сухого песка в граммах.	Вс одного литра после перемешивания в машинах в граммах.	Соотношение слоев месторождения песка.		Содержание влаги в воздушно-сухом песке в % объема.	Пористость в %.	Максимальная вязкость.	Требуемая вязкость в % объема.	Степень измельчения.	Опорность.	Пластичность.	Смешиваемость.
			Нижн. пласт в % объема.	Верхн. пласт в % объема.								
Французский . . .	1200	890	64,5	35,5	5,0	40,2	121,0	5,75	95,6	90,0	Хор.	Трудно смеш.
Rotgelber Hallescher	1019	818	65,0	35,0	5,0	45,3	94,0	5,6	97,6	94,0	»	Затрудн. см.
Grauer Fürstenwalder	945	846	77,5	22,5	5,0	44,7	90,5	5,6	98,6	97,0	Плох.	Очень трудно.
Riddarhytte № 2 (смесь, 75% песка и 25% глины) . .	—	—	—	—	7,5	37,7	80,6	6,8	100,0	100,0	Хор.	Затрудн. см.
Красн. англ. . . .	1178	970	71,0	29,0	5,0	36,0	76,0	5,6	97,9	94,0	Д. хор.	»
Riddarhytte № 3 . .	1350	1280	98,3	1,7	5,0	42,2	60,0	5,7	93,0	83,0	Удовл.	Легко.
Hufvudstasand . . .	1460	1450	100,0	0,0	5,0	40,6	64,6	5,7	78,8	78,0	Хор.	Затрудн.
Размолотый желтый печаник	1550	1343	82,4	18,0	7,5	29,4	55,0	5,6	82,0	65,0	»	Легкая.
Riddarhytte № 1 . .	901	1035	100,0	0,0	5,0	40,5	75,0	5,6	100,0	100,0	Удовл.	»

Формовка.

Формовка цветного литья отличается незначительно от формовки чугунных и стальных отливок. Некоторое различие заключается в том, что при цветном литье опоки иногда ставятся вертикально на одной из сторон и заливка производится сбоку через общий литник. Для этой цели обе половины опоки снабжены полукруглыми выемками, которые при сборке опоки образуют отверстия для литника (см. фиг. 58). Иногда нагрузка на опоки не применяется, вместо этого устанавливают несколько опок одна на другую и стягивают их особыми приспособлениями. Такой способ применяется, однако, лишь для сухих песочных форм. Заливка сырых песочных форм всегда производится обычным способом. Заливка сбоку имеет то преимущество, что при этом требуется меньшее пространство на полу мастерской. Литник устраивается высоким, благодаря чему собственный вес металла оказывает большое давление и способствует получению более плотных отливок.



Фиг. 58. Опока с приспособлением для установки литников.

От формы и расположения литников зависит величина и характер усадочных раковин. Бронза и в особенности некоторые сорта латуни весьма склонны к образованию усадочных пустот, поэтому при цветном литье, так же, как при чугунном и стальном литье, литники и прибыля необходимо устанавливать достаточных размеров.

Машинная формовка производится подобно формовке при чугунном литье. Модельные доски также обычной конструкции, за исключением расположения литников, которые уста-

навливаются с одной стороны. Машинные формы, подобно ручным, могут заливаться сырыми или сухими.

Для машинной формовки цветного литья применяются преимущественно небольшие, легкие и, главным образом, ручные формовочные машины. Вообще, применение формовочных машин при отливках из цветных металлов более ограничено, нежели при чугунном литье.

Материалы для цветного литья.

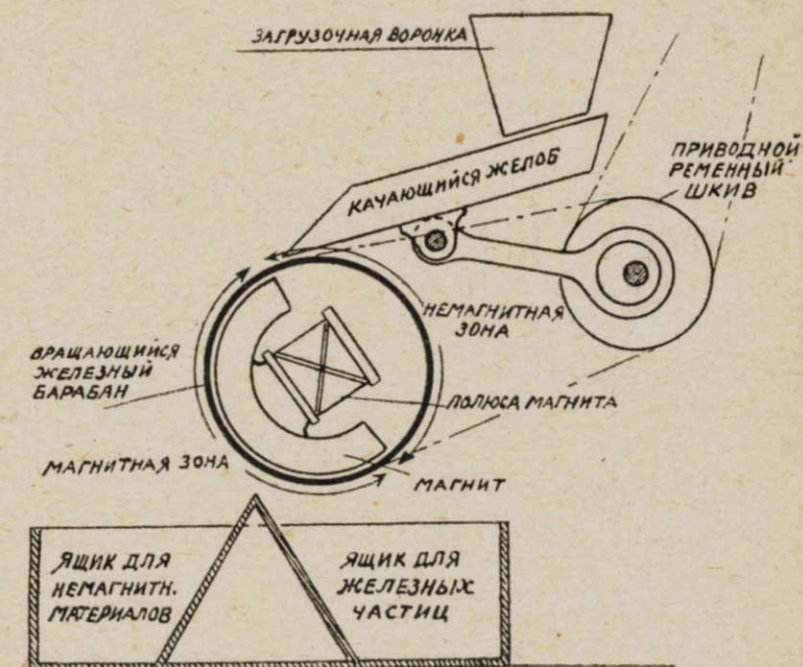
В шихту для цветного литья свежий металл вводится обычно в небольшом количестве. Для литья используется лом чистых металлов, лом сплавов, скрап различных изделий (труб, плит и т. п.), собственный оборотный скрап и стружка цветных металлов.

Скрап сплавов сортируется на бронзы и белый металл, а также нейзильбер. Однако, такое грубое подразделение не дает точного представления о составе металла. Для отливок ответственных изделий необходимо расплавить легированный скрап, отлить его в чушки и затем произвести анализ. Состав оборотного скрапа, в виде литников, прибылей и т. п., большей частью известен и может быть поэтому довольно точно рассортирован. Нужно лишь своевременно производить эту рассортировку.

Особый вид скрапа представляют собой «металлическая зола», удаляемая с поверхности расплавленного металла перед отливкой, капли металла, разбрасываемые во время отливки, остатки металла из бывших в употреблении тиглей, а также пыль, получающаяся при обработке на наждачных кругах.

Эта пыль, содержащая до 40% материала шлифовального круга, может расплавляться без предварительной очистки. Для переплавки пыли пользуются тиглями, которые непригодны для других целей. Плавку можно производить в печах

без тиглей, но при этом к шихте необходимо добавлять какое-нибудь шлакообразующее вещество для предохранения металла от окисления. Остальные металлические отбросы, остатки от плавки (козелки), содержащие иногда до 80% металла, а также шлак, золу, песок и мусор, размалываются



Фиг. 59. Схематическое изображение электромагнитного аппарата.

в шаровых мельницах (см. Том II). В этих аппаратах мельчайшие частицы металла отсеиваются от песка и грязи, после чего остатки металла проходят через магнитный сепаратор для отделения частиц железа от жеробеек, формовочных гвоздей и т. д. Большинство подобных сепараторов состоит из вращающегося барабана, в котором помещается неподвижное устройство, намагничиваемое при помощи электромагнита. Частицы железа сбрасываются на барабан, который вращается вместе с ними до тех пор, пока они

не попадут в немагнитную зону, после чего железо отстает от барабана и падает вниз. Остальные частицы выпадают еще ранее из барабана по другую сторону. На фиг. 59 схематически представлено устройство подобного сепаратора.

Обогащение может производиться, кроме того, другими способами, которые применяются при обогащении руды.

В меднолитейных мастерских в плавку поступает большое количество обрезков от латунных валков, листов, проволоки, труб, полос и т. п. Добавляя к этому материалу несколько процентов свинца и до 10% цинка, можно снова получить материал, годный для изготовления обычных латунных отливок.

В механических мастерских, обрабатывающих цветное литье, стружка состоит из белого металла, бронзы и т. п., которая должна быть использована. Для отделения бронзовой стружки от стружки белого металла прибегают к обычному просеиванию, пользуясь тем, что стружка бронзы более мелкая. Та часть стружки, которая после отсеивания содержит белый металл в большом количестве, расплавляется в котле. По расплавлении белого металла, частицы бронзы остаются еще не расплавленными и легко вычерпываются ковшем с отверстиями. Полученный белый металл, однако, содержит некоторое количество меди, так как небольшая часть бронзы все же растворяется, тем не менее, полученный металл может быть в той или иной мере использован после анализа и добавки свежего металла. Бронзовую стружку также расплавляют и производят анализ.

Расчет шихты для сплавов цветных металлов очень прост. В тех случаях, когда к металлу никаких определенных требований не предъявляется, шихту сплавляют по опыту или делают несколько пробных плавов, до тех пор, пока не получают металл требуемого качества и состава. При плавке металлов для получения точного сплава шихту рассчитывают

на основании состава и количества входящих в шихту металлов.

Если расплавляется легированный металл известного состава и к приготавливаемому металлу предъявляются определенные требования в отношении химического состава, то сплав вводят в таком количестве, чтобы в конечном металле не повысилось значительно содержание какого-нибудь компонента сплава. Процентное содержание всех остальных компонентов регулируется посредством добавления соответствующего количества другого металла.

Если, например, сплав содержит 80% меди, 12% цинка и 8% олова, а требуется получить сплав, состоящий из 85% меди, 10% цинка и 5% олова, то данного сплава берется 62%, согласно следующему расчету:

Данный сплав:	80%	меди	12%	цинка,	8%	олова
62% его составл.	49,6%	„	7,44%	„	4,96%	„
Нового металла						
нужно добавить	35,4%	„	2,56%	„	0,00%	„

Состав получен-
ного металла: 85% меди. 10% цинка 4,96% олова

Полученный состав совпадает с тем, который требовалось получить. Для компенсации потерь цинка, наиболее энергично выгорающего, в шихту вводится цинка на 10% больше расчетного количества.

Плавильные печи.

Обычно плавка цветных металлов производится в тигельных печах, реже—в специальных плавильных печах без тиглей и, как исключение, в тех случаях, когда требуется получить большое количество металла (свыше 2000 кг)—в пламенных печах. Горючим материалом служит кокс, уголь, нефть и иногда газ.

По конструкции тигельные печи разделяются на печи наклоняющиеся и неподвижные. В больших современных мастерских устанавливаются обычно наклоняющиеся печи. Преимуществом этих печей является, прежде всего, большое удобство выпуска металла. Кроме того, в наклоняющихся тигельных печах удлиняется служба тиглей, так как в неподвижных печах тигли вынимаются при помощи щипцов, которые, естественно, действуют разрушающе на прочность тиглей. Однако, для небольших литейных установок качающихся печей невыгодна.

Неподвижные тигельные печи часто устраиваются с особой камерой над шахтой. Такая камера служит для предварительного подогрева шихты перед загрузкой в тигель. От хорошей плавильной печи требуется, чтобы выплавленный металл не содержал окислов. Это относится в особенности к меди, при выплавке которой необходимо отсутствие закиси меди.

Тигельные печи для твердого топлива.

Из твердого топлива в тигельных печах применяется, главным образом, кокс. Антрацит также может быть использован. Обычный же каменный уголь не пригоден, так как он спекается уже при низкой температуре и не пропускает воздуха для горения.

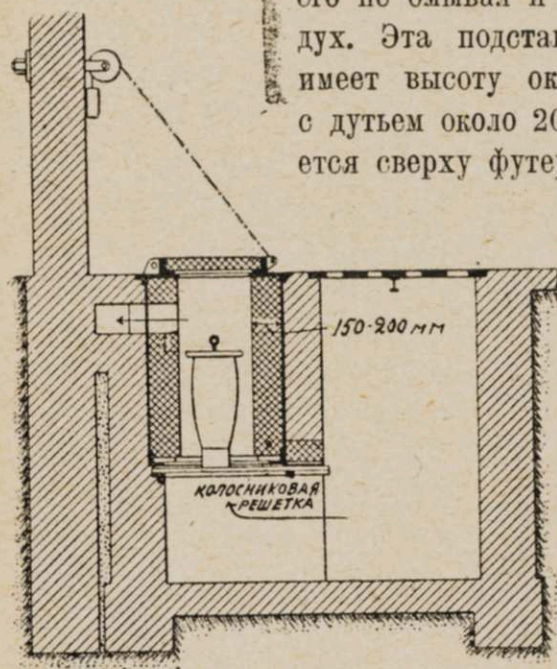
Тигельные печи для твердого топлива могут быть подразделены на печи самодувные и с дутьем. Печи с дутьем более предпочтительны, так как плавка в них происходит в три раза быстрее, а расход кокса, составляющий в хороших самодувных печах при плавке бронзы 50—60%, снижается до 20% от веса металла. Кроме того, в печах с дутьем тигли выдерживают большее число плавов, в виду меньшей продолжительности плавки.

Простейшие печи для твердого топлива представляют собою шахтные горны квадратного или круглого сечения.

Горны с шахтой круглого сечения в последнее время вытесняют квадратные горны, так как в последних коке, находящийся в углах шахты, мало используется. Подом шахты является колосниковая решетка, через которую проникает воздух для горения. Тигель устанавливается на особой подставке из огнеупорного материала, для того, чтобы

его не омывал и не студил холодный воздух. Эта подставка в самодувных печах имеет высоту около 80 мм, а в печах с дутьем около 200 мм. Шахта закрывается сверху футерованной крышкой, кото-

рая может открываться как дверца, сдвигаться в сторону или сниматься. На расстоянии 100 мм над верхним краем тигля устраивается горизонтальный канал, отводящий дымовые газы в трубу. Под колосниковой решеткой, набранной из отдельных полос, помещается зольная коробка.

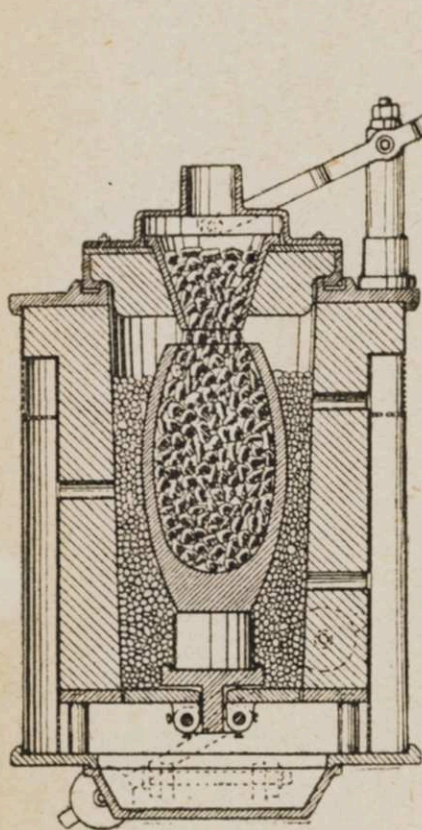


Фиг. 60. Самодувный тигельный горн.

Печи, предназначенные специально для плавки небольших количеств металла, особенно латуни, должны помещаться над полом, печи же для более крупных отливок устраиваются таким образом, чтобы верхний край печи находился на одном уровне с полом (см. фиг. 60).

Диаметр шахты должен быть на 60—80 мм больше диаметра тигля. Дымовая труба имеет высоту 8—12 метров при сечении $\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{4}$ площади шахты.

Обычно печи устраиваются емкостью в один тигель. При наличии нескольких печей, расположенных в ряд, каждая печь должна иметь особую дымовую трубу. Печи, рас-



Фиг. 61. Свободно стоящий тигельный горн с дутьем.

случае. поступает через колосниковую решетку. Давление дутья колеблется от 20—120 мм водяного столба. Для надлежащего направления воздуха при работе с дутьем зольная коробка должна быть закрыта.

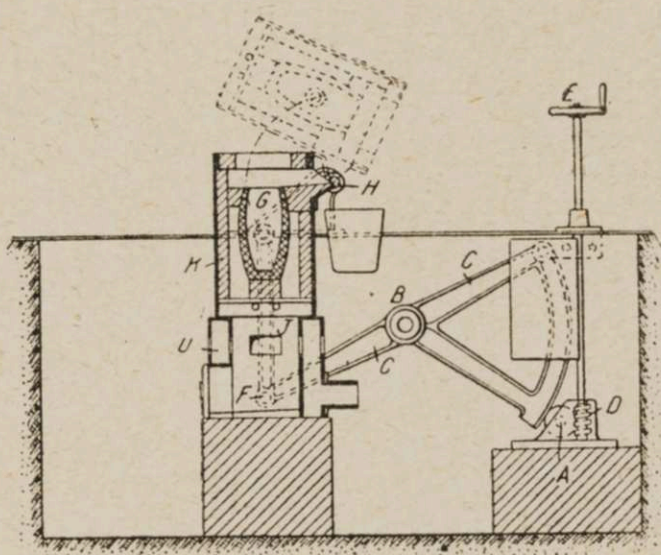
Такие простые печи могут устраиваться свободно стоящими. Кирпичная кладка в этом случае заключается в кожух из

положенные в виде круга, могут обслуживаться одной круглой трубой. При квадратной трубе к каждой стороне трубы могут подводиться дымовые каналы от одной печи.

Печь наполняется металлом и коксом сверху. Кокс необходимо время от времени проталкивать, для того, чтобы не образовались большие пустоты в слое кокса и тигель не омывался холодным воздухом. Тяга регулируется шиберами.

Для того, чтобы тигель не приваривался к подставке, последнюю необходимо посыпать боем кокса. Эти простейшие печи могут идти и на дутье, которое в этом

листового железа и вся печь помещается на подставке. Колосниковая решетка и зольная коробка при этом имеют обычную форму и размеры. На фиг. 61 изображена печь с дутьем, имеющая приспособление для подогрева воздуха и металла. Воздух вводится в пространство между кожухом и

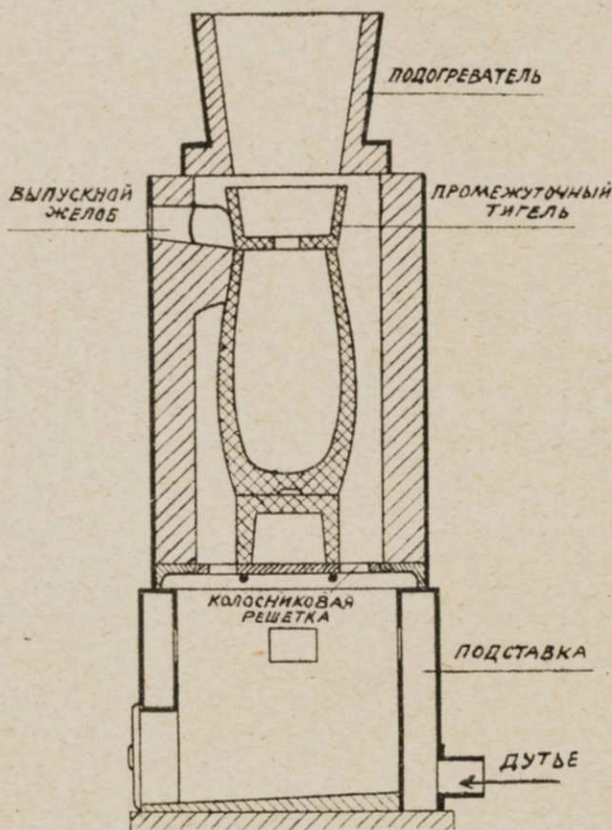


Фиг. 62. Наклоняющаяся тигельная печь.

футеровкой печи, в котором он и нагревается. В шахту печи воздух поступает через радиальные каналы в кладке. Загружаемый металл сначала заполняет воронку, устроенную в крышке печи, подогревается и проталкивается в тигель. Подставка для тигля покоится на балках, к которым прикреплены дверцы, открывающиеся книзу. Через дверцы остатки кокса и зола выбрасываются в зольную коробку, которая также открывается книзу.

Наклоняющиеся печи устанавливаются большей частью на полу мастерской. Подобно свободно-стоящим неподвижным печам, они также заключены в кожух. Опрокидывание печи производится различными способами—при помощи винтовой

передачи, или рычажного устройства, как показано на фиг. 62, или, наконец, подъемным краном. В этом случае печь снабжается цапфами и поднимается краном, подобно литейному ковшу.



Фиг. 63. Печь Пиа-Баумана (Piat-Baumann).

Французу Piat принадлежит идея устройства наклоняющихся тигельных печей. Конструкция печи Piat была усовершенствована Бауманном. В настоящее время имеется много различных конструкций подобных печей, но все они по существу являются видоизменениями печи типа Piat-Baumann. Конструкция этой последней схематически представлена на фиг. 63. Приспособление для наклона здесь не показано.

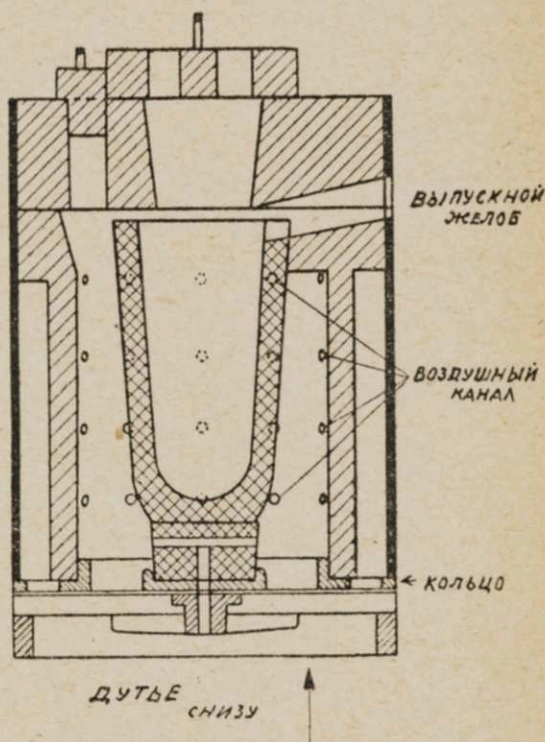
Печь покоится на неподвижной подставке с двойными стенками, в которой устроены 4 отверстия для подачи и распределения дутья (см. чертеж). Эта печь также снабжена приспособлением для подогрева металла. Для этой цели над основным тиглем установлен промежуточный графитовый тигель. Металл посту-

пает в этот промежуточный тигель из собственно подогревателя. Подогреватель помещается над печью и состоит из воронкообразного надставка, футерованного огнеупорным материалом. По мере того, как металл в основном тигле расплавляется и освобождается место для дальнейшей загрузки, шихта, находящаяся в промежуточном тигле, также плавится и стекает через отверстие в днище в большой тигель.

В подогревателе металл только начинает плавиться.

Недостатком подогрева металла, несмотря на рациональность такого устройства в отношении более полного использования топлива, является омывание металла газами.

Перед тем, как устанавливается промежуточный тигель и подогреватель, основной тигель закрыт крышкой, и печь заполняется коксом. После загрузки кокса тигель нагревается до красного каления, добавляется еще некоторое количество кокса, и тигель наполняется металлом. После



Фиг. 64. Печь Бассе-Зельбе (Basse & Selbe).

этого устанавливаются промежуточный тигель и подогреватель и в дальнейшем металл поступает уже через эти приспособления.

На фиг. 64 изображена в разрезе другая наклоняющаяся печь (Basse & Selbe) с приспособлением для подогрева дутья. Воздух поступает в печь через симметрично расположенные отверстия в кладке. Печь покоится на двух уголках. На уголках лежит стальная литая тарелка, на ней помещен стакан из графита или шамота, на котором и устанавливается тигель.

В крышке печи имеется пять отверстий, из которых четыре над узким пространством между кладкой и тиглем предназначены для загрузки кокса, а по середине для завалки шихты. Как видно из чертежа, печь имеет приспособление для подогревания загружаемого металла.

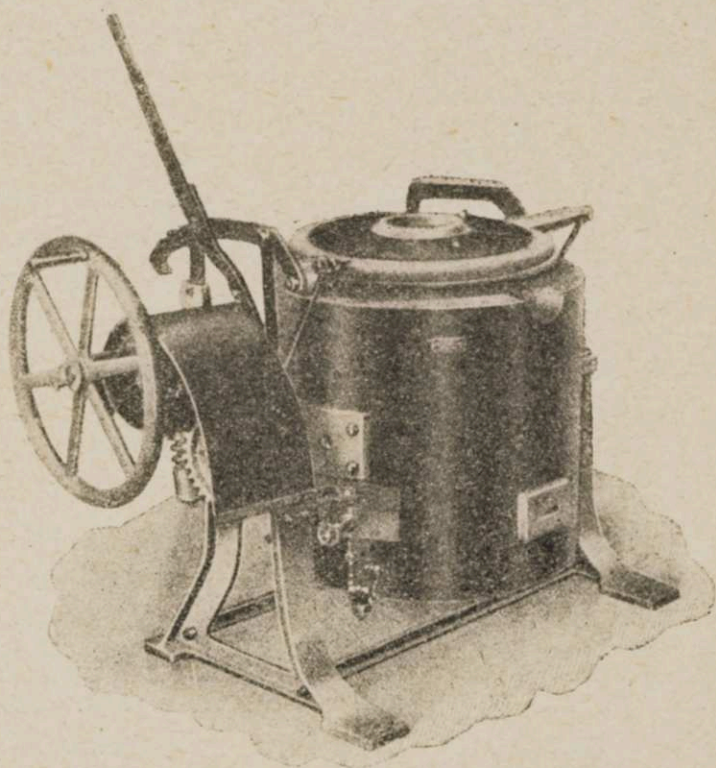
Тигельные печи на жидком топливе.

Тигельные печи на жидком топливе имеют следующие преимущества перед коксовыми печами:

1. Удобное и быстрое управление печью.
2. Отсутствие твердого топлива дает возможность поддерживать печь и цех в чистоте.
3. Доступность наблюдения за ходом плавки.
4. Меньшая окисляемость металла и отсутствие загрязнения серой.
5. Возможность точного регулирования нагрева.
6. Получение металла более высокого качества.
7. Возможность использования металла в случае прорыва через тигель.

Печи, отапливаемые коксом, должны ежедневно очищаться от шлака, в то время, как нефтяные печи этого не требуют. В нефтяных печах также отпадает подача и загрузка кокса. Нефть подается в печь через форсунку, и воздух может

регулироваться желаемым образом, что дает возможность изменять температуру в зависимости от хода плавки. Кроме того, в этих печах не требуется большого избытка воздуха, и пламя поэтому менее окислительное, нежели в коксовых печах.



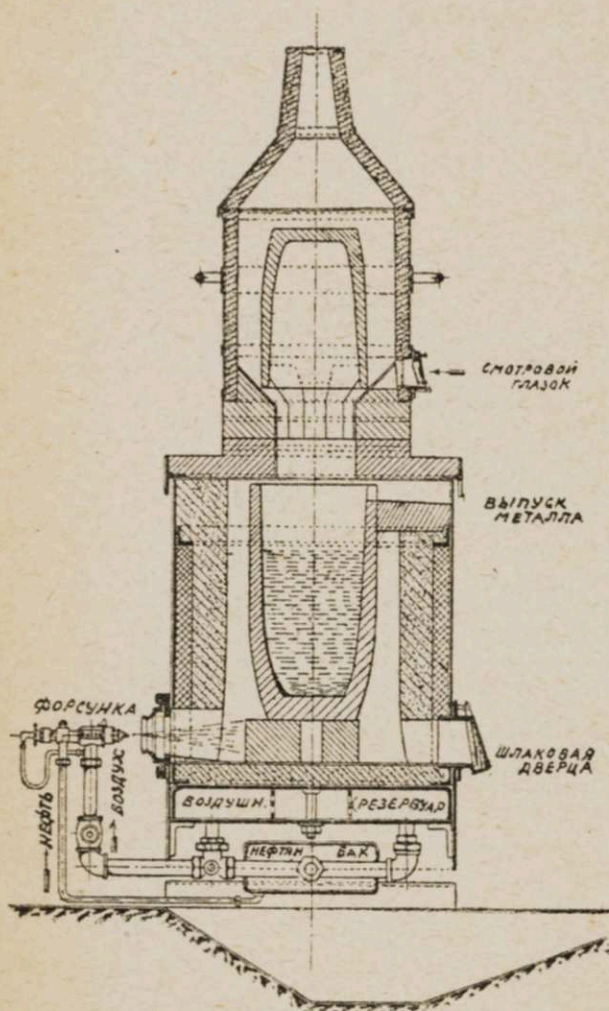
Фиг. 65. Наклоняющаяся нефтяная печь Экше (Eksjö).

Рабочее пространство печи свободно от кокса и золы, поэтому, в случае прорыва металла через тигель, что очень часто случается, металл не запутывается в горючем. Большинство нефтяных печей устроено таким образом, что вытекший из тигля металл можно тотчас же выпустить из печи.

Единственным недостатком нефтяных печей является необходимость подавать точное и определенное количество дутья, так как слишком большое количество воздуха окисляет металл.

Печи отапливаются обыкновенной нефтью, мазутом, смолой и т. д. На фиг. 65 изображена шведская печь для

жидкого топлива, построенная по типу печей американской конструкции. Печь устанавливается над полом, наклон печи производится при помощи штурвального колеса, зубчатой и винтовой передачи. Форсунка устроена таким образом, что пламя омывает все пространство между тиглем и футеровкой печи. Крышка печи поднимается при помощи передвижного рычага. Эта печь не имеет подогрева шихты.



Фиг. 66. Наклоняющаяся нефтяная печь
Бюсса (Buess).

Фиг. 66 представляет наклоняющуюся печь конструкции немецкой фирмы Buess. Эта печь имеет давление

дутья $1\frac{1}{2}$ —1 кг/см². Наклоняется печь аналогично предыдущей. Печь Buess имеет устройство для подогревания металла, при чем подогреватель представляет собой отдельную съемную часть. На подогреватель шихты может устанавливаться

тигель для прогрева перед отливкой. В целях лучшего нагрева, на подогреваемый тигель надевают колпак, футерованный огнеупорным материалом. Тигель и колпак устанавливаются после того, как металл в плавильном тигле расплавится, поэтому они не мешают наблюдению за печью. В колпаке, однако, имеется смотровой глазок.

Печь футеруется прочной и огнеупорной массой. Внутри кожуха имеется слой теплопроводного материала. Форсунка помещается снаружи печи; она снабжена кольцом с градуированной шкалой, которая позволяет точно регулировать количество воздуха и температуру печи. Под тиглем устроена шлаковая дверца; когда металл прорывается через тигель, нужно открыть эту дверцу и немного наклонить печь, после чего металл может быть выпущен.

Кроме того, печь снабжена приспособлениями для подогрева воздуха и нефти. Воздух подогревается в воздушном резервуаре, из которого воздухопровод проходит через нефтяной бак меньших размеров, в котором нефть подогревается проходящим нагретым воздухом.

Тигель, предназначенный для отливки, нагревается до белого каления, благодаря чему металл, выпускаемый в тигель, не охлаждается.

Для приведения печи в действие, открывают оба вентиля форсунки и зажигают смесь нефти и воздуха. Вначале печь производит незначительное нагревание. Это продолжается до тех пор, пока тигель не накалится до-красна, после чего форсунки отрегулировываются так, чтобы пламя было свободно от дыма и сажи.

При работе печи с большим избытком воздуха при плавке меди или медных сплавов, пламя приобретает зеленоватый оттенок. При плавке сплавов с большим содержанием цинка выделяются густые пары цинка или окиси цинка.

Нефть подается в печь под давлением. Давление производится либо пуском сжатого воздуха в нефтяной бак, либо

установкой последнего на 4—5 метров выше печи. Для подачи дутья применяются центробежные воздуходувки, воздуходувные машины с вращающимися поршнями или компрессоры, в зависимости от того давления, которое требуется при той или иной конструкции форсунок.

Форсунки являются наиболее важной частью нефтяных печей и существует много различных конструкций первых. Однако, все они имеют одни и те же цели: точное регулирование количества нефти и воздуха, хорошее распыление частиц нефти, тесное смешение нефти и воздуха.

Расход нефти в современных наклоняющихся тигельных печах средней величины составляет при плавке меди и бронзы 8—15 кг на 100 кг расплавленного металла. При первых плавках, когда печь еще не достаточно хорошо прогрета, расход топлива несколько выше.

Электрические тигельные печи.

Применение электрических печей для плавки цветных металлов в тиглях не имеет широкого распространения и находится еще в стадии опытов. Однако, существуют конструкции как неподвижных, так и наклоняющихся печей, которые дали удовлетворительные результаты, позволяющие надеяться на то, что электрические печи получат дальнейшее развитие и применение в особенности там, где имеется дешевая электрическая энергия. Небольшие неподвижные печи особенно удобны для опытных плавов, вследствие легкости установления в них определенного температурного режима.

Наклоняющиеся печи Эдиссоновской Компании дают лучшие результаты и являются более экономичными, чем большинство других печей.

Преимущества применения электропечей для плавки цветных металлов выражаются в следующем;

1. Плавка производится без подачи воздуха, чем устраняется окисление металла и уменьшается угар.
2. Быстрота плавки и возможность регулирования периода плавки в широких пределах.
3. Точное регулирование температуры.

Пламенные печи.

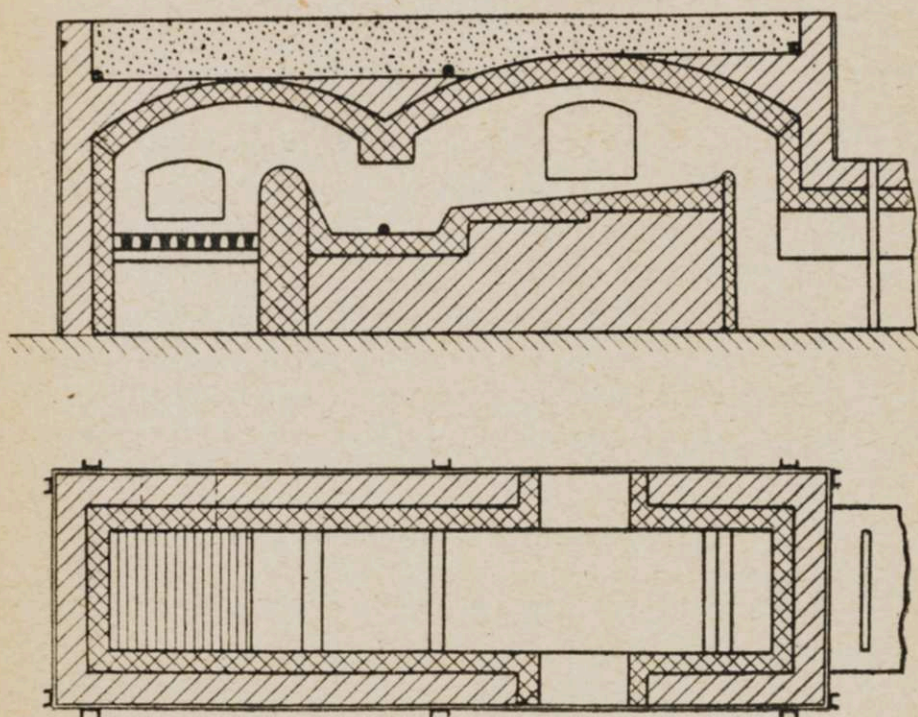
Тигельные печи применяются, главным образом, для небольших отливок. Для крупных отливок тигельные печи неудобны, так как в этом случае приходится пользоваться несколькими печами, сливая содержимое отдельных тиглей. Такой метод работы очень затруднителен в отношении техники разливки металла и в то же время не дает гарантии в получении металла надлежащего состава. Отливка крупных изделий обычно производится из пламенных печей.

Неподвижные пламенные печи.

Фиг. 67 представляет собою пламенную печь английского типа. Как видно из чертежа, печь состоит из топки с колосниковой решеткой и плавильного пространства. Продукты горения, поступая из топки в рабочее пространство печи, проходят порог. За порогом свод печи понижается, благодаря чему пламя прижимается к поду, способствуя лучшему нагреву металла. Для выпуска металла печь имеет надлежащее отверстие. Шихта подается в печь через боковые окна. Для загрузки топлива в топке устроены дверцы. Скорость дымовых газов в печи должна быть небольшой: в хорошо работающих печах скорость газов в топке не должна превышать 2—3 метров в секунду.

Недостатками таких пламенных печей являются: сильное окисление ванны, поглощение металлом газов и большая продолжительность плавки. Топливом для пламенных печей

служит хороший малосернистый каменный уголь, реже дрова или бурый каменный уголь. В последнее время получает распространение устройство пламенных печей, работающих на нефти. При этом, вследствие более восстановительной



Фиг. 67. Пламенная печь английского типа.

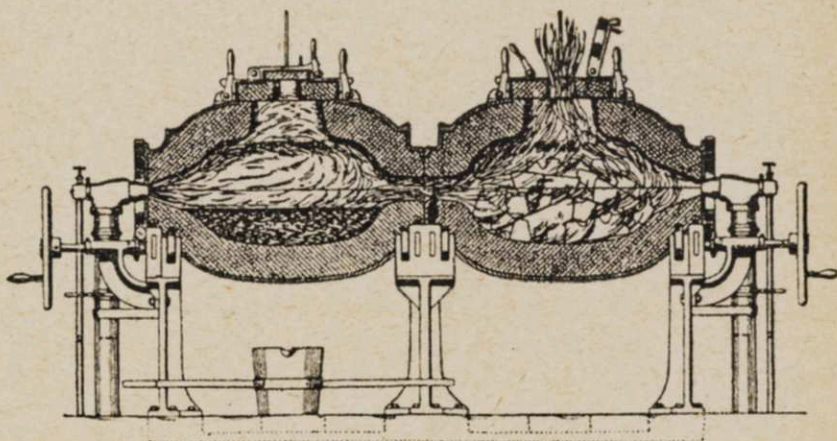
атмосферы печи, уменьшается угар и значительно сокращается продолжительность плавки.

Перед завалкой шихты печь должна хорошо прогреться.

Наклоняющиеся пламенные печи.

Упомянутые ранее «плавильные печи без тиглей» также являются подобием пламенных печей. Они всегда устраиваются наклоняющимися и предназначены для жидкого топлива.

На фиг. 68 изображена наиболее известная печь подобной конструкции *). Она представляет собой две спаренные печи или камеры, при чем в одной из них происходит подогрев шихты, тогда как в другой происходит собственно плавка металла. Обычно камеры работают попеременно, т.-е. камера, служившая для подогрева металла, является уже плавильной при следующей плавке, во они могут работать также и одновременно, независимо одна от



Фиг. 68.

другой. Такая сдвоенная печь снабжена с каждой стороны форсункой, сопло которой входит в отверстие, устроенное по оси печи. Камеры покоятся на восьми катках, которые поворачиваются при помощи штурвального колеса. Каждая камера состоит из двух частей: верхней и нижней, при чем верхняя часть, играющая роль свода,—съемная. Печь футерована огнеупорным материалом и заключена в кожух из литого железа. Для подачи и выпуска металла вверху печи имеется отверстие, которое во время плавки закрывается крышкой.

*) Так назыв. типа «Monarch».

По сравнению с тигельными печами печи описанной конструкции никаких преимуществ не имеют, за исключением того, что пламенные печи имеют большую емкость, нежели тигельные печи. Так как во время плавки в пламенных печах металл подвергается непосредственному воздействию пламени, необходимо следить за тем, чтобы в печи не было избытка воздуха и тем не создавалась окислительная атмосфера. Добиться этого довольно трудно, в особенности в печах, работающих с дутьем высокого давления. Поэтому результаты, полученные в подобных печах, еще в большей степени, чем в тигельных печах, работающих на жидком топливе, зависят от конструкции форсунки.

Тигли.

Тигли делаются из наиболее чистого графита и огнеупорной глины. Тигли для отливок из цветных металлов большей частью имеют форму, приведенную на фиг. 66.

Величина тигля характеризуется номером, который обозначает в килограммах вес расплавленного металла, который вмещается в тигель. Так, напр., тигель № 50 вмещает 50 кг и т. д. В Америке и в Англии каждая единица номера соответствует вместимости 3-х английских фунтов (0,45 кг). Следовательно, указанный номер будет соответствовать вместимости 150 англ. фунтов или 67,5 кг.

Плавка цветных металлов и сплавов.

Основным требованием при плавке цветных металлов и сплавов, помимо получения металла надлежащего состава, является чистота металла, отсутствие в нем примесей, газов и окислов. При плавке в тиглях металл испытывает меньшее химическое воздействие воздуха, горючего и дымовых газов.

Для уменьшения окисления металла, т.-е. угара, необходимо, как это уже указывалось, чтобы печь работала по возможности с наименьшим избытком воздуха. В предыдущем изложении указывалось влияние в этом отношении различных конструкций печей и качества горючего материала. При плавке в тиглях, в особенности при расплавлении металлической стружки, на дно тигля перед завалкой металла часто кладется слой битого стекла. Когда стекло расплавится, оно всплывает поверх металла и защищает его до некоторой степени от окислительного действия воздуха и газов.

Цветные сплавы особенно склонны поглощать газы, которые при затвердевании металла могут образовать пузыри в изделии. Кроме кислорода, металлом поглощается водород и сернистый газ. Исследования Нейп'а показали, что при нагревании медь поглощает водород еще до плавления. В пламенных печах и, до известной степени, в тигельных печах с подогревателями для шихты поглощение газов происходит более энергично, чем в тигельных печах без подогревателя, так как металл в первых более подвержен действию дымовых газов. Тигель не защищает, конечно, полностью металл от окисления, но во всяком случае при плавке в тиглях проникновение газов в металл довольно ослаблено по сравнению с пламенными печами.

Так как водород имеет большее сродство к кислороду, то плавку можно легко вести таким образом, чтобы водород сгорал. Большие трудности представляет удаление сернистого газа в тех случаях, когда печи отапливаются углем или коксом, который всегда содержит некоторое количество серы. В нефтяных печах этого недостатка не имеется.

Подобно чугуну, цветные металлы и сплавы должны получать при плавке некоторый перегрев для того, чтобы металл был достаточно жидкоподвижным.

При расплавлении металлов с различной температурой плавления, более трудноплавкий металл, как правило, за-

гружается первым, а более легкоплавкий вводится по расплавлении его. Медь и никкель могут загружаться одновременно при получении сплавов, содержащих не более 30% никкеля (см. Том I).

При плавке одной меди металл загружают в раскаленный до-бела тигель. Основным условием для изготовления отливок из меди является наличие хорошего исходного материала, свободного от серы. Во избежание окисления при плавке, металл должен покрываться слоем древесного угля.

Если в сплаве имеются олово и цинк, то цинк добавляется после расплавления олова. Свинец может быть введен одновременно с оловом. Цинк вводится всегда незадолго до отливки, во избежание излишнего угара. При введении добавок в расплавленный свинец, металл необходимо энергично перемешать.

В виду низкой температуры возгонки цинка при добавлении его в медь, при получении латуни, дельта-металла и т. п., от ведущего плавку требуется большая внимательность. Сильный угар цинка узнается по густому облаку паров цинка, вырывающемуся из печи.

Во избежание угара, цинк вводится в небольших кусках, предварительно подогретых до 200°C. Для подогревания куски цинка помещают на края печи и затем быстро проталкивают в расплавленную медь. Температура расплавленной меди достаточна для плавления цинка.

При введении олова в медь при получении бронзы, температура печи должна быть несколько понижена. В печах с искусственным дутьем это достигается уменьшением подачи воздуха.

Плавку алюминиевой бронзы лучше всего производить таким образом, чтобы алюминий добавлялся в предварительно расплавленную латунь. При получении сплавов бронзы, в которые кроме алюминия входит лишь незначительное количество других металлов, сначала расплавляют

алюминий, а затем вводят другие металлы или сплавы, соблюдая те же меры предосторожности, что и при плавке латуни.

При применении скрапа в виде старых отливок, литников и т. п., прежде расплавляют скрап, если только в сплаве не содержится меди, которая в подобном случае должна быть расплавлена первой. Остальные металлы, напр., свинец, олово и цинк, добавляются тотчас перед отливкой и плавятся теплом предварительно расплавленного металла.

При получении белых металлов, содержащих медь и сурьму, сначала сплавляются эти металлы, после чего только добавляется небольшое количество олова, для лучшего растворения сурьмы в меди. Этот сплав переливается затем в предварительно расплавленное остальное количество олова, составляющее большую часть сплава.

Расплавление стружки лучше всего производить таким образом, чтобы в тигле сначала расплавлялся скрап литого металла, и в получающуюся при этом жидкую металлическую ванну вводилась бы небольшими порциями стружка.

Если стружка расплавляется непосредственно в тигле, то плавка занимает больше времени и получается большой угар. Наилучший результат дает указанный способ при брикетированной стружке, так как в этом случае стружка скорее плавится и меньше окисляется.

Раскисление металла.

Всегда образующиеся во время плавки окислы удаляются из металлической ванны посредством присадки фосфора, марганца, кремния, магния или алюминия. Эти элементы соединяются с кислородом и образуют легкоплавкий шлак, который легко всплывает и удаляется. Наибольшее значение имеют фосфор и марганец.

Фосфор добавляется в виде фосфористой меди или фосфористого олова. Первая встречается на рынке с содер-

жанием фосфора в 5, 10 и 15%. В фосфорном олове содержится около 5% фосфора. При раскислении очень важно, чтобы в металл не вводилось излишнее количество фосфора, во избежание значительного содержания его в готовом металле. Раскисление при помощи этого элемента должно производиться так, чтобы в готовом металле содержание фосфора не превышало 0,1%. Более высокое содержание фосфора действует неблагоприятно на металл, уменьшая его прочность и увеличивая хрупкость.

Марганец добавляется в чистом виде или, лучше, в виде хромо-марганца (около 30% хрома и 70% марганца), марганцовистой меди с 30% марганца, марганцовистого цинка с 20% марганца и марганцовистого олова с 50% марганца. Применяются также титано-марганец (30—35% титана и 65—70% марганца) и боро-марганец, приблизительно с 30% бора. Титан и бор хорошо очищают металл, но они являются очень дорогим средством.

На практике бывает иногда трудно определить, какое количество кислорода поглощено металлической ванной, поэтому приходится, ради безопасности, вводить некоторое излишнее количество раскислителей. В подобных случаях лучше делать присадки марганца, нежели фосфора, так как избыток марганца в металле оказывает менее неблагоприятное влияние на его свойства.

Согласно Wüst'y, 1,5 кг фосфора оказывают такое же раскисляющее действие, как 7 кг марганца. Для кремния и алюминия соответствующие цифры будут 1,7 и 2,3.

Кремний добавляется в сплавах бронзы в виде 10, 20 или 30 процентной кремнистой меди. Кремний увеличивает стойкость металла от воздействия воздуха и влаги (так назыв. кремнистая бронза). Кремний делает металл более твердым, но не таким хрупким, как фосфор. Однако, содержание кремния в металле не должно превышать 0,25—0,5%.

Магний добавляется в чистом виде в количестве 0,05%. При добавлении его необходимо хорошо перемешать металл. Магний вводится в виде кубиков, которые прикрепляются к медному шесту при помощи медной проволоки и погружаются в металл, выпущенный в тигель или литейный ковш.

В последнее время магний приобретает все более и более широкое распространение в качестве наиболее удобного раскислителя при отливке чистой меди, так как он повышает ее электропроводность и дает более плотные, хорошие отливки, нежели другие присадки.

Иногда магний вводится в виде проволоки, наматываемой на деревянный шест, которым сильно перемешивают ванну. Магний добавляется также в виде сплава, состоящего из 90% меди и 10% магния. Для перемешивания металла очень удобен графитовый стержень. Для сгущивания образующейся окиси магния металлическая ванна покрывается толстым слоем (около 2 см) кислого шлака, размельченного в порошок.

В качестве шлакообразующих применяются иногда бура, поваренная соль или хлористый кальций. При плавке белых металлов ванну покрывают древесно-угольной мелочью для предохранения от окисления.

Заливка форм.

Заливка производится из тиглей или ковшей, предварительно подогретых. Тигли обходятся дороже, чем ковши, поэтому предпочитают ковши, кроме тех случаев, конечно, когда металл заливается из того же тигля, в котором он плавился. Обычно ковши смазываются глиной и покрываются во время просушки или после ее растворенной в воде бурой. Этот раствор образует глазурь, позволяющую после отливки легко удалять приставший металл, не причиняя

вреда обмазке. При заливке больших форм, требующих металла больше, чем из одного тигля, заливка не должна прекращаться при смене тиглей, а продолжаться по крайней мере хотя бы через один из литников.

При применении пламенной печи могут быть отлиты очень большие предметы непосредственно через желоб из печи.

В остальном заливка цветного литья вполне аналогична литью из чугуна.

ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ *).

Литьем под давлением называется процесс получения отливок путем впрыскивания жидкого сплава в разъемную металлическую форму, охлаждаемую водою и снабженную особыми выбрасывателями для быстрого и легкого удаления отливок из формы.

Получаемые этим способом отливки отличаются точностью, имеют ровную, гладкую поверхность и, — за исключением удаления литника и снятия грата, — в большинстве случаев не требуют никакой иной обработки. Все необходимые отверстия, выступы и даже резьба получаются в таких отливках в вполне законченном виде.

Началом развития этого производства послужило литье литер в книгопечатном деле, в котором с 1838 года стали применяться изобретенные Брайсом (Bruse) машины, снабженные металлическим насосом, действием которого расплавленный типографский металл вгонялся в разъемную форму. В 1885 году Отто Мергенталер (Otto Mergenthaler) применил тот же способ литья металла для сконструированной им наборной машины.

Те преимущества, которые представлял этот способ по сравнению с обычным литьем, и послужили причиной, побу-

*) За последнее время литье под давлением развилось настолько быстрым темпом, что ограничиться лишь сведениями о нем, помещенными Оскаром Бергманом в III томе «Горячей обработки металлов», было бы недостаточно. Это обстоятельство побудило Издательство поручить инж. Б. А. Юнгмейстеру написать главу о литье под давлением совершенно заново, с указанием наиболее современных сведений по этому вопросу.

дившей многие заводы (особенно заводы, выпускавшие свою продукцию в значительных количествах) применить литье под давлением для изготовления различных металлических изделий.

Изыскания, проделанные в этом направлении, увенчались успехом и сконструированные разными заводами машины начали перерабатывать сплавы, относящиеся к разряду наиболее легкоплавких и имеющих незначительную усадку. К таким сплавам относятся свинцовые и оловянные, которые, благодаря присадке различных металлов, имеют некоторый выбор в отношении прочности и твердости, отличаются малой усадкой и отливаются при температуре, не превышающей 250—350° С.

Остальные группы сплавов требовали для своей обработки более высоких температур, при которых машины, сконструированные для легкоплавких сплавов, уже не могли работать вполне удовлетворительно.

Понадобился целый ряд лет для устранения различных препятствий, прежде чем было установлено литье под давлением цинковых сплавов, которые, благодаря присадкам олова, меди и алюминия, а иногда и никкеля, отличаются значительной твердостью и представляют прочный и дешевый материал, с успехом применяемый и до настоящего времени в самых разнообразных отраслях промышленности.

Эти сплавы отливаются при температуре около 400—450° С и имеют большую усадку, чем свинцовые и оловянные сплавы.

Применение цинковых сплавов способствовало тому быстрому успеху, с которым литье под давлением стало развиваться в заграничной практике.

Несмотря на значительный выбор, который представляли три названные выше группы сплавов,—свинцовые, оловянные и цинковые,—его все же было недостаточно, и для многих отраслей промышленности требовались сплавы, обла-

дающие еще более высокими качествами. К таким сплавам относятся алюминиевые, латунные и бронзовые, и получение из них отливок под давлением представляло чрезвычайный интерес для большинства заводов. Поэтому все изыскания, производившиеся за последние годы в области литья под давлением, были сосредоточены главным образом на этих сплавах.

Установлению литья под давлением из этих групп сплавов препятствовали следующие обстоятельства: алюминиевые сплавы требовали для своего применения температуры около $650\text{—}700^{\circ}\text{C}$, медные— $850\text{—}1000^{\circ}\text{C}$.

В расплавленном состоянии эти сплавы оказывали весьма сильное разрушающее влияние на металл, из которого были сделаны части котлов и форм машин для литья под давлением.

Кроме того, алюминиевые и медные сплавы для хорошего заполнения форм требовали весьма высокого давления,—порядка 50—60 атмосфер,—между тем, как стенки котла, в котором находился сплав, нагретый до температуры $650\text{—}1000^{\circ}\text{C}$, не могли оказывать достаточного сопротивления деформирующему действию такого высокого давления.

Для преодоления этих препятствий пришлось не только произвести полное переконструирование машин для литья под давлением, но и изыскивать новые металлы для изготовления наиболее ответственных частей этих машин.

Несмотря на все затруднения установления литья под давлением из алюминиевых и медных сплавов, это производство все же было налажено, при чем алюминиевые сплавы начали применять примерно к концу мировой войны, а медные—за последние 2—3 года.

Будет ли положен предел в выборе сплавов для литья под давлением лишь применением указанных пяти основных групп сплавов, или удастся производить отливки и из самых тугоплавких металлов, как, например, из стали

и чугуна,—пока предрешить нельзя; разрешение этого вопроса принадлежит будущему.

Но и применение указанных пяти основных групп сплавов сделало литье под давлением настолько необходимым производством, настолько расширило возможности его использования, что в настоящее время редкая отрасль иностранной промышленности обходится без литья под давлением.

Помимо установки этого производства на заводах, выпускающих массовую продукцию, в целом ряде стран имеются отдельные заводы, изготавливающие отливки под давлением как полуфабрикат для различных машиностроительных, механических и электромеханических заводов.

Особенно широкое распространение литье под давлением имеет в автостроении, в изготовлении подшипников для различных машин и двигателей, в производстве пишущих, вязальных и других мелких машин, сепараторов, огнетушителей; в производстве всевозможных счетных механизмов, часов, электроизмерительных приборов, аккумуляторных пластин; оконных и дверных приборов и целого ряда всевозможных предметов домашнего хозяйства.

Производство литья под давлением, продолжая все время развиваться и совершенствоваться, постепенно вытесняет многие существовавшие ранее методы обработки.

Крупному успеху, с которым за сравнительно короткий срок так широко развилось литье под давлением, способствовали главным образом следующие преимущества этого способа:

1. Получение отливок в готовом виде, их точность и однородность.

2. Быстрое изготовление отливок.

3. Применение неквалифицированной рабочей силы для производства отливок, при их большой точности и иногда весьма сложной конфигурации.

4. Значительная разгрузка основного оборудования заводов и возможность использования его для другого производства.

5. Отсутствие, за исключением форм, всякого иного инструмента для производства отливок.

Вес отливок, изготавливаемых в настоящее время, может колебаться от нескольких грамм до нескольких килограмм. Установить максимальный вес отливок крайне затруднительно, так как машины для литья под давлением продолжают все время улучшаться и то, что казалось невозможным вчера, становится доступным сегодня.

Кроме металлических сплавов, для литья под давлением применяется и целый ряд изоляционных материалов, как, например: бакелит, тролит, казеин, целлон и пр. Эти материалы перерабатываются на таких же машинах, как и металлические сплавы и в таких же формах. Вся разница состоит в том, что металлические сплавы отливаются под давлением в жидком состоянии, тогда как изоляционные материалы доводятся нагревом лишь до состояния размягчения и тягучести, что является вполне достаточным для получения из них хорошей продукции.

Сплавы для литья под давлением.

При выборе и составлении сплава для литья под давлением следует обращать внимание на то, чтобы сплав соответствовал своему назначению, имел достаточную прочность, по возможности, небольшую усадку и не изменялся с течением времени.

При недостаточно умелом подборе отдельных составляющих элементов сплава, впоследствии могут произойти различные нежелательные явления. К последним относятся главным образом расслоение сплава при затвердевании (ликвация) и разрушение сплава под действием атмосферных условий, воды или пара (коррозия).

Во избежание этих явлений рекомендуется пользоваться готовыми, испытанными рецептами. Изготовление сплавов

производится не в самих машинах, а в особой плавильной печи с графитовым тиглем. При небольшом производстве литья из легкоплавких сплавов, составление их можно производить и в простом чугунном котле, нагревая таковой на горне или в заводской печи.

Разные сплавы при хранении и работе никогда не следует перемешивать между собой, так как часто прибавлением даже небольшого количества одного сплава в другой можно его совершенно испортить.

Сплавы никогда не следует перегревать; поэтому при работе надо, по возможности, пользоваться пирометрами.

Как уже указывалось выше, в настоящее время для литья под давлением применяются пять основных групп сплавов: свинцовые, оловянные, цинковые, алюминиевые и медные.

Все эти группы сплавов мы рассмотрим в отдельности.

I группа — свинцовые сплавы.

В литье под давлением свинцовые сплавы применяются или для заливки подшипников, или для изготовления таких деталей, которые должны отличаться газонепроницаемостью или противостоять разъедающему действию кислот.

Для придания сплавам со свинцовым основанием большей прочности, к свинцу, в качестве присадок, добавляются сурьма, олово и медь.

Наиболее употребительными являются следующие сплавы, приведенные в порядке процентного содержания свинца:

№№ по порядку	Составные части в процентах по весу.			
	Свинец	Сурьма	Олово	Медь
1	56	15	25	4
2	79	14	6	1
3	80	15	4	1
4	80	15	5	—
5	80	10	10	—
6	85	3	10	2
7	90	10	—	—

Сплавы от № 1 по № 4 включительно применяются для различных изделий, а от № 5 по № 8—для заливки подшипников.

II группа—оловянные сплавы.

Сплавы с оловянным основанием отличаются от свинцовых несколько большей прочностью. Отливки из оловянных сплавов имеют более красивую, блестящую поверхность.

В виду значительной стоимости, оловянные сплавы применяются или для изготовления небольших изделий, главным образом—деталей счетных механизмов, различных шестеренок и цифровых роликов, деталей электроизмерительных приборов, или же, наряду со свинцовыми сплавами, как антифрикционный металл более высокого сорта.

В качестве присадок к оловянному основанию добавляются свинец, сурьма и медь. От присадки свинца оловянные сплавы получают лучшую текучесть и дают лучшее заполнение формы. Присадка сурьмы и меди увеличивает прочность.

Присадку сурьмы рекомендуется делать в количестве 13—15%. Меньший процент сурьмы допускается лишь в антифрикционных сплавах. Увеличивать присадку сурьмы свыше 15% не следует, т. к. при большем процентном содержании сурьма впоследствии склонна из сплава выделяться. Присадка меди свыше 5-ти процентов значительно повышает точку плавления сплава.

(Эти замечания относятся также и к группе свинцовых сплавов).

Ниже приведена таблица наиболее распространенных оловянных сплавов, расположенных в порядке процентного содержания олова (см. табл. на стр. 188).

Первые четыре сплава применяются для различных изделий, остальные—как антифрикционный металл для подшипников. Для этой же цели употребляются и различные оловянные сплавы, известные под маркой „британские металлы «Foundry»“.

№№ по порядку	Составные части в процентах по весу			
	Олово	Свинец	Сурьма	Медь
1	40	44	13	3
2	50	33	13	4
3	60	23	13	4
4	75	8	13	4
5	80	10	10	—
6	86	—	8	6
7	88	—	4	8
8	90	—	5,5	4,5

Применение сплавов со свинцовым и оловянным основанием ограничено их сравнительно небольшой твердостью, прочностью и невысокой температурой плавления (от 170° С и выше).

В виду малочисленности в технической литературе сведений об исследовании сплавов, применяемых для литья под давлением,—чрезвычайно интересными являются труды Германского Государственного Хозяйственного Совета «RKW—Reichs Kuratorium für Wirtschaftlichkeit», опубликованные в Берлине в бюллетене № 18 за 1928 г.

С целью ознакомления с этими трудами ниже помещена таблица для сплавов с оловянным и свинцовым основаниями, а в дальнейшем изложении приведены таблицы цинковых и алюминиевых сплавов. Следует с сожалением отметить, что в указанном бюллетене не имеется сведений о сплавах с медным основанием, т. к. эти сплавы для литья под давлением стали применяться в Германии только со второй половины 1928 года и исследование их в RKW еще не закончено.

По данным RKW.

№№ спла- вов	Составные части				Сопротив. на разрыв. кг/мм ²	Удлинение в %	Твердость по Бринеллю кг/мм ²	Удельная ударная работа кг/см/см ²
	Оло- во	Сурь- ма	Медь	Сви- нец				
1	75	13	4	8	9,3	1,4	28,5	79
2	60	13	4	23	7,5	2,4	22,7	46
3	50	13	4	33	7,5	2,2	21,9	39
4	25	15	4	56	7,7	1,4	23,1	46

III группа — цинковые сплавы.

Цинковые сплавы имеют чрезвычайно широкое применение в производстве литья под давлением, так как представляют прочный и дешевый материал, пригодный для изготовления самых разнообразных изделий.

Для придания цинковым сплавам более высоких качеств прочности, а равно и для уменьшения усадки и растрескивания при остывании, — к цинковому основанию добавляется олово, медь, алюминий и никель.

Цинковые сплавы имеют матовую поверхность серебристого цвета, легко темнеющую на воздухе и делающуюся вскоре серой. Для придания более красивой поверхности отливки из цинковых сплавов могут никкелироваться после предварительного гальванического покрытия медью.

К недостаткам цинковых сплавов следует отнести склонность к изменению с течением времени однородности сплава, т. е. склонность к ликвации, понижающей прочность отливки, а также и склонность к изменению размеров отливки.

Поэтому к выбору цинковых сплавов нужно относиться особенно осторожно и не пользоваться случайными, непроверенными рецептами для их составления.

Ниже приведена таблица цинковых сплавов, расположенных в порядке процентного содержания цинка.

По данным RKW.

№№ спла- вов	Составные части.					Сопротивл. на разрыв кг/ мм ²	Удли- нение %	Твердость по Бринеллю кг/мм ²	Удельная ударная работа кг. см см ²
	Цинк	Олово	Медь	Алю- миний	Ник- кель				
51	71,5	25	3	0,5	—	10,4	3,8	36,6	146
52	76,5	20	3	0,5	—	13,1	1,3	49	130
53	77,3	18	4	0,2	0,5	14,9	2,1	51,4	37
54	85,7	10	4	—	0,3	17,3	0,9	34,3	80
55	86,7	10	3	0,3	—	12,1	0,5	46,7	89
56	87,5	8	4	0,5	—	9,1	0,4	66,5	41
57	91,5	5	3	0,5	—	11,0	0,6	52,5	62
71	91	—	4	5	—	26,2	0,25	107,3	124
72	93,5	—	4	2,5	—	18,9	—	85,8	166
73	93,5	—	2,5	4	—	23,8	—	94,5	177
74	93,6	—	2	4	0,4	20,6	0,4	104,5	109

IV группа—алюминиевые сплавы.

Алюминиевые сплавы отличаются высокими механическими качествами и малым удельным весом, делающими их применение крайне желательным. С другой стороны, высокая температура плавления этих сплавов, большое давление, необходимое для надлежащего заполнения формы, — делают работу с этими сплавами очень трудной, требующей долгого предварительного опыта. Тем не менее, заграничные заводы, особенно в Америке и Германии, с большим успехом отливают под давлением всевозможные детали различных машин и механизмов.

Для литья под давлением применяются алюминиевые сплавы с присадкой меди, никкеля и кремния. От присадки цинка в последнее время стали воздерживаться, т. к. алюминиевые сплавы, содержащие цинк даже в небольших ко-

личествах, склонны к образованию трещин при затвердевании.

Ниже помещена таблица алюминиевых сплавов, применяемых для литья под давлением.

По данным RKW.

№№ спла- вов	Составные части				Сопро- тивл. на разрыв кг/ мм ²	Удли- нение %	Твердость по Бринеллю кг/мм ²	Удельная ударная работа кг.см/см ²
	Алю- миний	Медь	Ник- кель	Крем- ний				
101	92,5	6	1,5	—	23,8	2,2	72,5	264,3
102	92	8	—	—	22,7	2,2	66	291,7
103	88,25	8	3,75	—	25,2	1,1	92,1	136
104	—	Silumin		11—13	22,5	0,5—1,7	84	57—177

V группа — медные сплавы.

Литье под давлением медных сплавов еще труднее алюминиевых, так как медные сплавы отливаются при очень высокой температуре, порядка 1000°С.

Сплавы с медным основанием стали применяться за границей только за последние 2—3 года и то очень немногими заводами. Так, в Америке фирма Дойлер (Doehler — Die Casting Co) работает с различными бронзами: марганцовыми, фосфористыми и пушечными. Состав своих сплавов эта фирма держит в большом секрете. Полученные недавно из Германии образцы отливок из латуни содержали 70% меди, 29% цинка и 1% различных примесей.

Можно с уверенностью отметить, что, с развитием применения алюминиевых и медных сплавов, литье под давлением, успешно конкурирующее и в настоящее время со многими другими способами обработки металлов, займет еще более высокое положение в промышленности.

Машины для литья под давлением.

Принцип действия.

Машины для литья под давлением, при большом разнообразии их конструкций, состоят из следующих основных частей:

1. Чугунного или стального котла, служащего для расплавления металла и впрессовывания его в форму.

2. Стальной разъемной формы, особой для каждого типа отливок.

3. Механизма, движущего форму, т.-е. закрывающего и раскрывающего ее во время работы машины.

Котлы литейных машин делаются такими, чтобы в них тем или иным способом можно было осуществить давление, необходимое для впрессовывания жидкого сплава в форму.

Наиболее простым случаем является давление, производимое поршнем от действия ручного рычага, почему мы применим этот тип котла при рассмотрении принципа действия машин для литья под давлением.

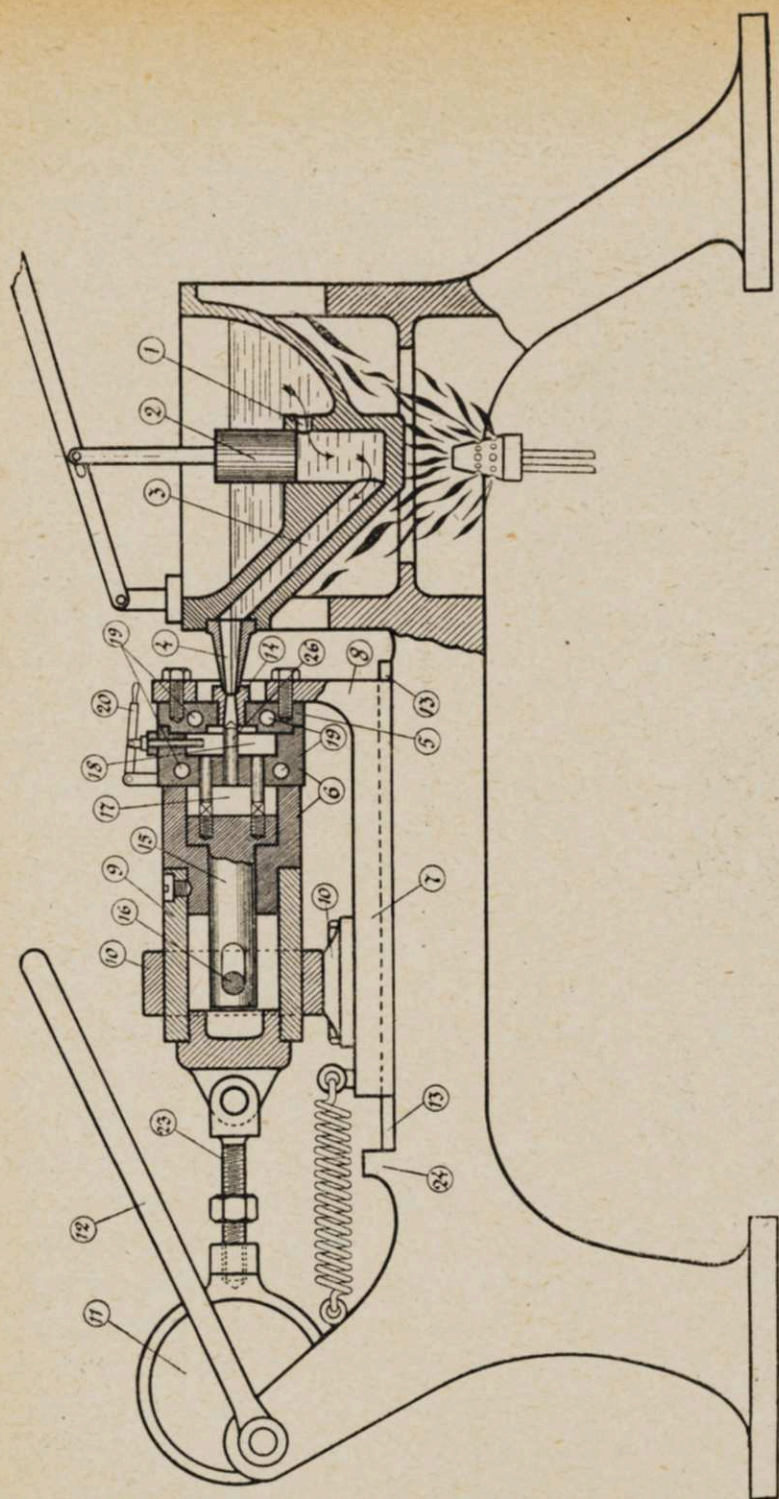
На фиг. 69 и 70 *) схематически изображена машина для литья под давлением.

В котле этой машины, обогреваемом снизу форсункой, находится расплавленный металл. В середине котла имеется небольшой цилиндр, в котором движется поршень (2).

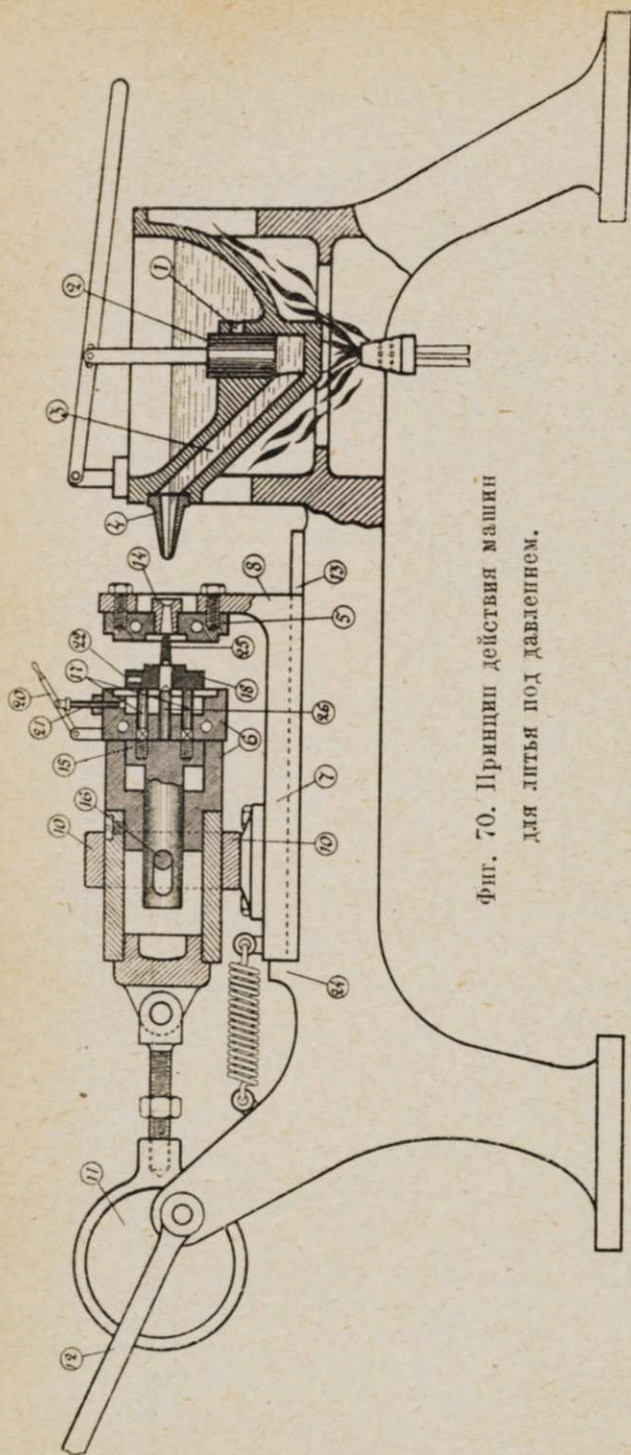
Если поршень, как показано на фиг. 69, поднять рычагом в верхнее положение, то жидкий металл пройдет в отверстие (1) в стенке цилиндра и заполнит все пространство под поршнем, равно и канал (3), ведущий к мундштуку котла (4).

При движении поршня вниз, отверстие в стенке цилиндра (1) закрывается самим поршнем и в цилиндре начнет

*) Все рисунки, помещенные в этой и последующих главах, взяты из книги инж. Б. А. Юнгмейстера — „Массовое литье под давлением“ — Изд. „Книга“ — 1927 г.



Фиг. 69. Принцип действия машин для литья под давлением.



Фиг. 70. Принцип действия машин для литья под давлением.

создаваться давление на расплавленный металл, который от этого будет стремиться выйти через канал в форму, плотно прижатую к мундштуку котла.

Форма делается разъемной из двух частей (5 и 6), пришлифованных одна к другой, и крепится к подвижной каретке машины (7), при чем часть (5) скрепляется болтами с угольником каретки (8), а часть (6) — с полый втулкой (9), проходящей через подшипник каретки (10).

Движение каретки и формы производится эксцентриком (11), действующим от рычага (12).

При движении рычага (12)

вправо от вертикального положения, каретка, скользя по салазкам станины (13), будет двигаться до тех пор, пока бруска формы (14) не упрется в мундштук котла (4).

При этом выбрасыватель формы (15) застопорится болтом (16), проходящим через подшипник (10) и встанет так, что штифты (17) войдут в стенку формы, как показано на рисунке.

Если теперь мы быстро надавим на рычаг поршня, то расплавленный металл пройдет из мундштука (4) через бруску (14) в форму, вытеснит из нее воздух и заполнит все пространство (18), точно соответствующее очертанию требуемой отливки.

Так как форма во время работы машины охлаждается водою, непрерывно протекающей по каналам (19), показанным на рисунке в разрезе, то отливка весьма быстро затвердевает.

Если мы поднимем рычаг (20) и связанный с ним стержень (21), дающий в отливке отверстие (22) с вертикальной осью (см. фиг. 70), то отливку можно легко вынуть из формы. Для этого следует повернуть рычагом (12) эксцентрик (11) влево; тогда каретка (7), связанная с эксцентриком болтом (23), начнет двигаться влево до тех пор, пока не дойдет до упора (24). При этом форма отодвинется от мундштука котла и от дальнейшего движения эксцентрика произойдет раскрытие формы по линии разъема, так как часть формы (5), прикрепленная к угольнику каретки (8), остановится одновременно с самой кареткой, а другая часть формы (6), прикрепленная к полой втулке (9), будет двигаться влево, скользя в своем подшипнике. Когда болт (16), проходящий сквозь подшипник, упрется в правый край прорези выбрасывателя (15), то выбрасыватель остановится, тогда как часть формы (6) будет продолжать свое движение. От этого штифты (17) выбрасывателя будут выдвигаться из своих гнезд, вытолкнут готовую отливку из левой части формы

и она вместе с литником (25) упадет на станину машины. После этого поворачивают рычаг (12) вправо, закрывают форму, подводят ее к мундштуку котла и повторяют весь процесс снова.

В машине, схематически изображенной на фиг. 69 и 70, давление на расплавленный металл производится поршнем, но имеется и другой тип машин, в которых вместо поршня применяется давление сжатого воздуха от особо установленного компрессора.

В зависимости от того, как осуществляется давление на расплавленный металл — поршнем или сжатым воздухом — и сами машины разделяются на два главных типа:

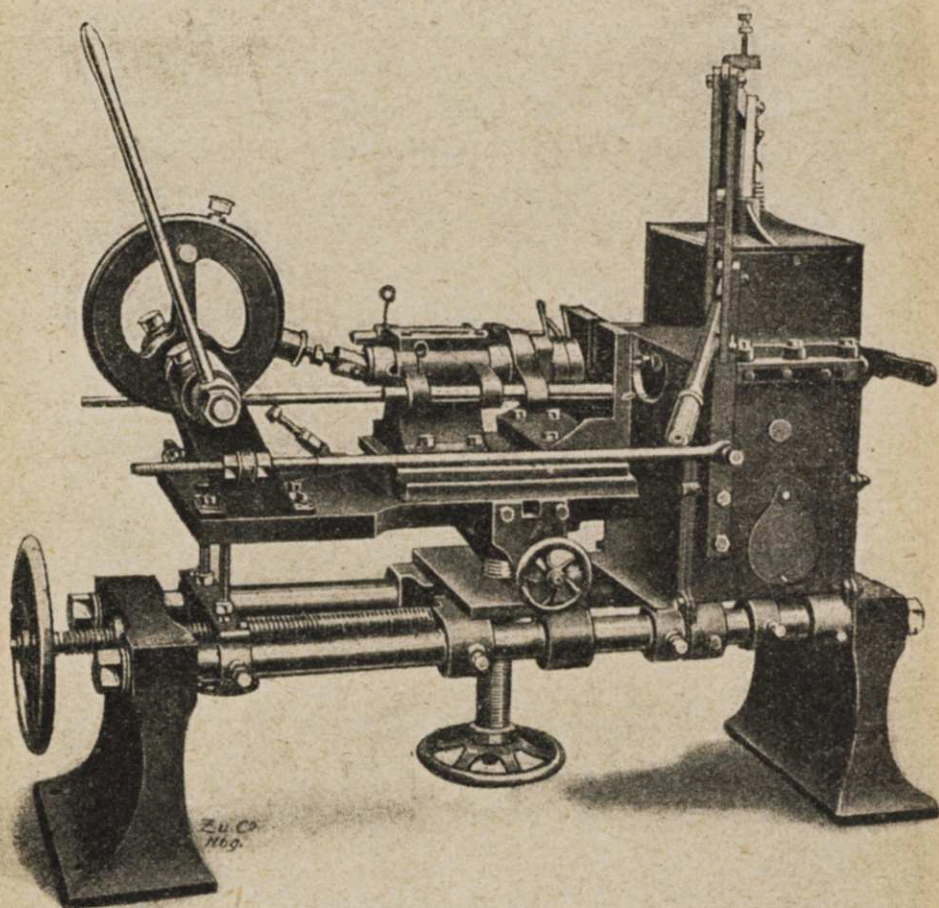
- 1) Машины с поршневым давлением.
- 2) Машины с компрессорным давлением.

Движение форм в машинах обоих типов может совершаться различными способами: или от действия ручного рычага, как мы это видели на фиг. 69 и 70, или от действия двигателя, управляемого рабочим, или, наконец, совершаться вполне автоматически. Все эти способы движения формы мы рассмотрим в дальнейшем, при изучении двух основных типов — поршневых и компрессорных — машин для литья под давлением.

Поршневые машины.

Первой появившейся в продаже машиной для литья под давлением была поршневая машина американской фирмы «Soss Manufacturing, Brooklyn, U. S. A.» Котел этой машины отапливался форсункой и имел цилиндр, поршень которого приводился в действие ручным рычагом. Канал, подводящий сплав к мундштуку, располагался значительно ниже уровня сплава в котле, поэтому, чтобы металл не вытекал из мундштука в то время, когда форма к нему не была прижата, мундштук закрывался особым вентилям. Такие машины

ныне вышли из употребления, и потому мы на них не остановимся.



Фиг. 71. Ручная поршневая машина фирмы Бр. Эккерт.

Для лучшего ознакомления с поршневыми машинами мы рассмотрим ряд современных типов различной конструкции.

Ручная поршневая машина фирмы Бр. Эккерт в Нюрнберге (Gebr. Eckert. Nürnberg):

Эта машина изображена на фиг. 71. Котел ее, вместимостью около 25 кг, делается из чугуна. В верхней части котел имеет фланец прямоугольной формы, которым котел вставляется в кожух и крепится к нему двумя болтами. При такой конструкции котел, в случае надобности, может быть легко вынут из машины. Кожух в нижней части имеет отверстие, в которое вставляется керосиновая форсунка или газовая горелка. В верхней части кожуха имеется втулка с ребрами, служащая направляющей для штока поршня.

Цилиндр котла имеет вставную буксу, предохраняющую от износа стенки цилиндра и дающую возможность применять поршни разного диаметра, в зависимости от величины отливок. Чугунный поршень цилиндра имеет в верхней части заточенную головку, которой он и вкладывается в соответствующую прорезь штока, чем достигается возможность смены поршня во время работы машины, если это понадобится.

Движущий механизм машины сконструирован так, что площадка, на которой находится подвижная каретка с эксцентриком, может перемещаться по трем взаимно перпендикулярным направлениям. Этим достигается возможность применения форм различной величины и конструкции.

Действие этой машины совершенно аналогично действию машины, изображенной на фиг. 69 и 70, почему мы и не будем останавливаться на более подробном его рассмотрении.

Ручные поршневые машины пригодны для свинцовых, оловянных и наиболее низкопроцентных цинковых сплавов. Вес отливок, изготовленных на этих машинах, может колебаться от нескольких грамм и, примерно, до 1 кг. Более тяжелые детали нельзя отливать на ручных поршневых машинах по следующим причинам: для правильного заполнения формы расплавленным металлом требуется известное давление, которое может колебаться в зависимости от рода сплава и очертания отливки. Расплавленный металл, попадая в про-

странство между холодными стенками формы, быстро густеет. Чтобы металл не застыл до заполнения всей формы, необходимо, чтобы скорость его истечения была достаточно большой. Но, в свою очередь, скорость истечения металла находится в прямой зависимости от давления на металл. Отсюда следует, что чем тоньше стенки отливки и чем большее протяжение имеют эти стенки, тем давление на металл должно быть выше.

Низшим пределом давления для литья следует принять, примерно, 10 атмосфер, так как меньшее давление не даст достаточно быстрого заполнения форм сплавом, тем более, что металл впрессовывается в форму через узкий мундштук котла.

Исходя из этих соображений, нетрудно установить наибольший диаметр поршня для ручных машин и определить максимальный вес для отливок. Примем максимальное усилие, с которым рабочий может нажать рычаг поршня $p = 30$ кг; обозначим плечи рычага от шарнира до оси поршня через a и от шарнира до рукоятки через b . Это отношение $\frac{b}{a} = n$ обычно делается около 4. По правилу рычага второго ряда мы можем написать

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot H \cdot a = p \cdot b; \text{ или } \frac{\pi d^2}{4} \cdot H = p \frac{b}{a},$$

где H — давление, передаваемое на металл.

Подставляя численные величины, найдем:

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot 10 = 30 \cdot 4; \text{ отсюда } d = \sqrt{\frac{30 \cdot 4 \cdot 4}{\pi \cdot 10}} = 3,89 \text{ см.}$$

Следовательно, в ручных поршневых машинах диаметр поршня не должен превышать примерно 3,89 см. Установив максимальный диаметр поршня, легко определить и максимальный вес отливок, которые можно производить на ручных поршневых машинах.

Ход поршня в ручных машинах не превышает 10 см, так как дальнейшее увеличение хода повлекло бы за собой увеличение плеч рычага и уменьшение их отношения, т.-е.

или вызвало бы неудобство в работе машины, или уменьшило бы давление на поршень. Приняв, таким образом, максимальный ход поршня $h = 10$ см, вычислим максимальный объем металла, вытесняемого из котла за один ход поршня:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 3,89^2}{4} \cdot 10 = 118 \text{ см}^3.$$

Вес такого объема будет для разных сплавов различен. Так, для свинцовых сплавов, удельного веса около 10, такой объем будет равен примерно 1180 гр. Для оловянных и цинковых сплавов тот же объем будет весить меньше, соответственно их удельному весу.

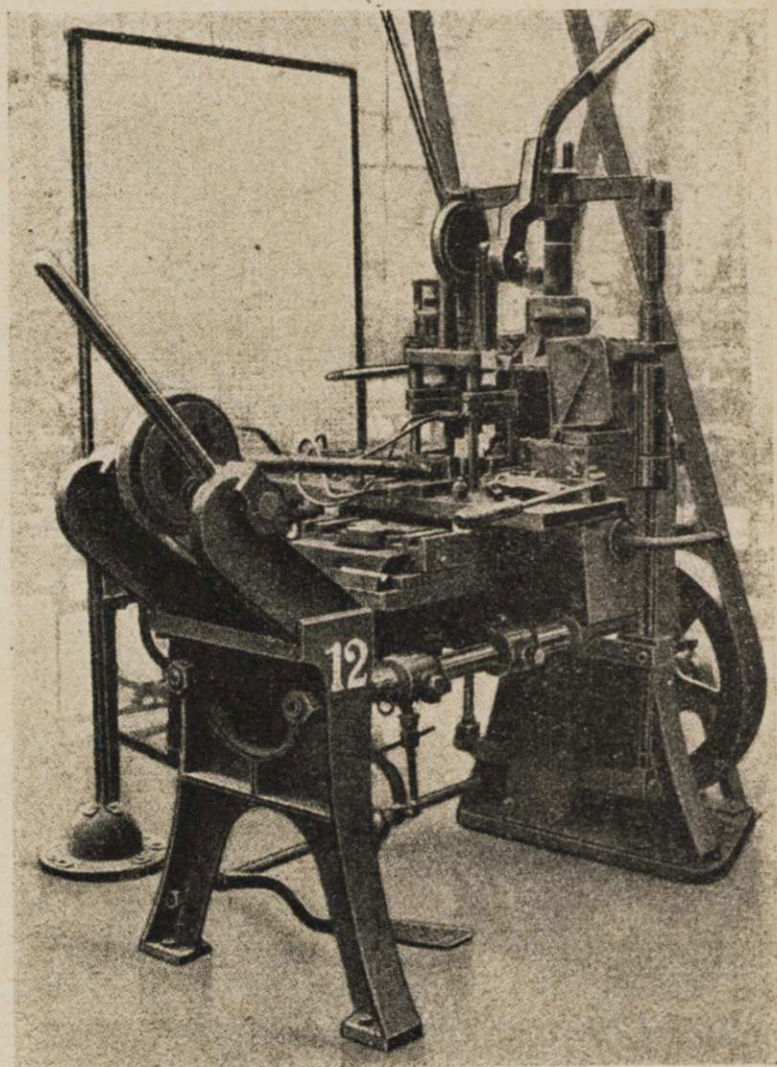
Весь вытесняемый поршнем металл нельзя вогнать в форму; часть его остается в канале, идущем к мундштуку, часть — в самом мундштуке и литнике; поэтому вес отливки можно принять равным не более 75% веса всего вытесняемого за один ход поршня металла.

Из приведенной выше формулы $\frac{\pi d^2}{4} \cdot H = Pn$ следует, что $H = \frac{Pn \cdot 4}{\pi d^2}$, т.е., что давление H , передаваемое на металл, при одном и том же усилии рабочего P , обратно пропорционально квадрату диаметра поршня. Поэтому, в случае необходимости получения давления на расплавленный металл выше 10 атм, диаметр поршня приходится делать по возможности меньшим, но при этом неизбежно уменьшается и предельный вес отливки.

Следует принять во внимание, что все отливки должны отливаться за один ход поршня и рассчитывать на заполнение формы в несколько ходов нельзя, так как такие отливки от неправильного выхода воздуха будут иметь много раковин, что в значительной степени повлияет на их внешность и прочность.

Для получения в поршневых машинах отливок весом выше 1 кг, ручное движение поршня заменяется механиче-

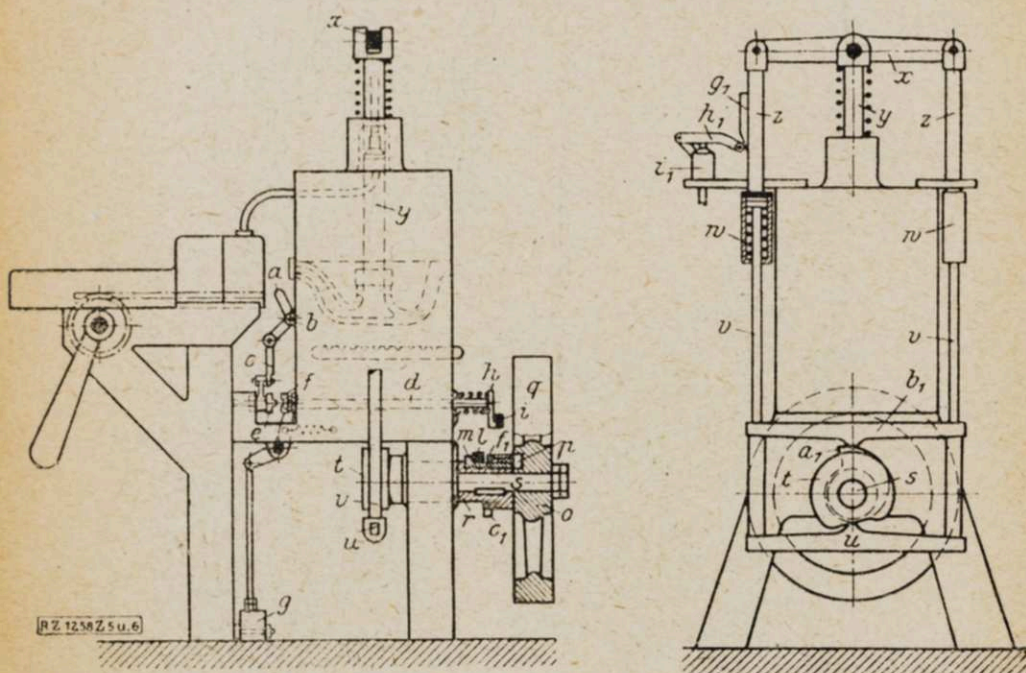
ским — или от привода, или от действия особого двигателя, действующего сжатым воздухом и установленного непосред-



Фиг. 72. Приводная поршневая машина фирмы «Фумаг».

ственно над цилиндром котла. Для ознакомления с этими машинами мы рассмотрим каждый указанный тип отдельно.

Приводная эксцентриковая машина с поршневым давлением фирмы «Фумат» (Fertigguss und Metallwerk-Actiengesellschaft «Fumag», Berlin, Tempelhof). Главной особенностью этой машины (фиг. 72) является приводной эксцентриковый механизм, передающий давление на поршень котла. Механизм этот сконструирован так, что



Фиг. 73. Принцип действия приводной поршневой машины фирмы «Фумат».

до тех пор, пока форма не будет плотно прижата к мунштуку котла, его нельзя привести в действие; кроме того, как только форма заполнится металлом, поршень, во избежание поломки станины, останавливается в своем движении благодаря наличию особых буферных пружин.

Принцип действия этой машины изображен на фиг. 73. Поршень цилиндра котла (y) приводится в действие от приводного шкива (q), вращающегося на валу (s), который установленными на нем кулачками (t и a₁) передает посту-

пательное движение вниз и вверх раме (b_1) вместе с прикрепленными к ней тягами (v), идущими к коромыслу (x). Тяги (v) сделаны составными и имеют посередине регулирующие буферные пружины. Когда форма будет заполнена, поршень (y) остановится и дальнейшее опускание рамы (b_1) для проворачивания вала с кулачками будет совершаться за счет растяжения буферных пружин (w).

Для того, чтобы избежать возможности работы поршня в то время, когда форма не прижата к мундштуку, машина имеет приспособление, заключающееся в следующем: когда форма подводится к мундштуку, она поворачивает рычаг (a) вокруг оси (b) и рычагом (c) отодвигает от вала (d) запорную муфту (e). Только после этого возможно, нажимая ногой на педаль (g), повернуть валик (d) и включить им сцепляющий механизм приводного шкива (q). Этот механизм по своему устройству аналогичен с пусковым механизмом эксцентриковых прессов и при нажатии педали дает только один ход поршня.

Для лучшего заполнения формы фирма «Фумаг» ставит на машину насос (i), который отсасывает из формы воздух в то время, когда поршень начинает подавать в нее расплавленный металл. Для приведения в действие насоса, на одной из тяг (z) имеется выступ (g_1), который при опускании тяги (z) действует на рычаг (h_1) насоса (b_1), соединенного с формой трубопроводом.

Механизм, движущий форму этих машин, в отличие от механизма фирмы Бр. Эккерт, имеет два рычага. Одним рычагом, при помощи эксцентрика, совершается закрытие и раскрытие формы и подведение ее к мундштуку котла; другим рычагом производится лишь исключительно действие выбрасывателя, выталкивающего отливки из формы.

Так как поршень приводится в действие ножной педалью, то наличие двух рычагов движущего механизма не отражается на скорости работы этой машины, на которой, по данным фирмы, можно производить до 800 отливок в час.

При литье деталей свыше 1—1,5 кг становится затруднительным также и ручное движение формы, так как при этом, с одной стороны, сами формы могут получить большие размеры, с другой стороны, такие отливки требуют большого усилия для выбрасывателей. Поэтому для отливок весом свыше одного кг применяется не только механическое движение поршня, но и механическое движение формы.

Обычно для механического движения формы устанавливается гидравлический или воздушный двигатель.

Гидравлические двигатели работают более плавно, не производя ударов при закрытии формы. Воздушные двигатели работают быстрее, но при этом получается более сильный удар при закрытии формы и подведении ее к мундштуку.

Для ознакомления с поршневыми машинами для отливок весом свыше 1—1,5 кг мы рассмотрим одну из крупных американских машин.

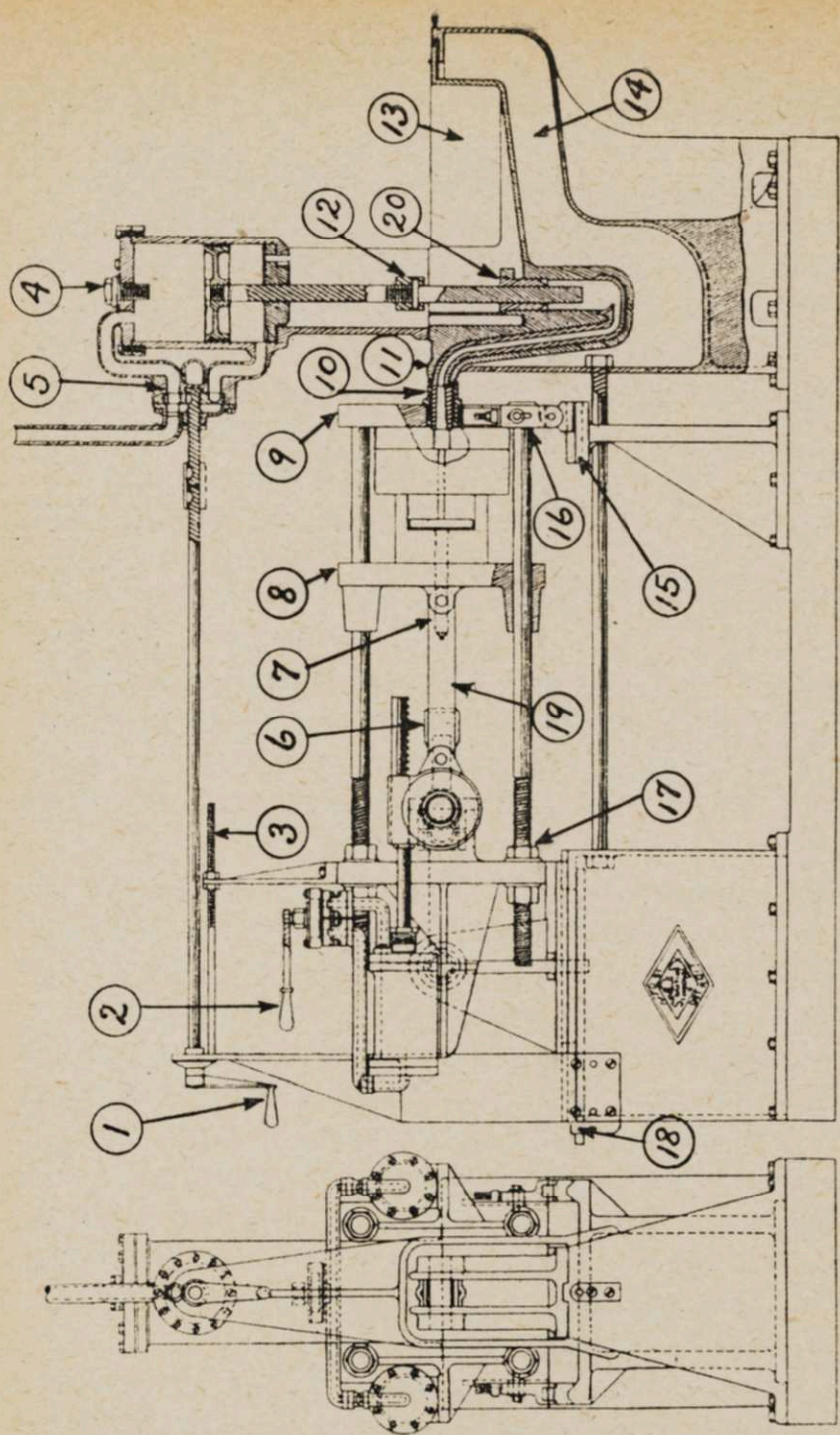
Американская поршневая машина «Компани Симплекс в Детройте». Simplex Casting Machine Co, Ins. Detroit, Michigan (фиг. 74).

В этой машине усилие на поршень (20), находящийся в котле с расплавленным металлом (13), передается от воздушного двигателя (цилиндр диаметром 8", ход поршня 8"); работающего при давлении от 2-х до 6-ти атмосфер. Благодаря соотношению диаметров поршней воздушного цилиндра и металлического насоса, давление на металл получается от 30 до 120 атм.

Соединение штоков обоих поршней (12) сделано разъемным, поэтому поршень металлического насоса, в случае необходимости, можно быстро вынуть и заменить новым.

Котел машины, вместимостью 200 кг, сконструирован так, что представляется возможность быстро вылить расплавленный металл, почему для перехода с одного сплава на другой никакой перестановки котлов не требуется.

Котел снизу обогревается форсункой, при чем горячие газы отводятся по каналу (14).



Фиг. 74. Поршневая машина Компании Симплекс в Детройте.

Мундштук котла и облицовка канала, по которому проходит из котла расплавленный металл, сделаны из особого металла, остающегося твердым при t° до 1000°C . Состав этого сплава фирма не публикует.

Механизм, движущий формы в этой машине, приводится в действие от двух горизонтально расположенных воздушных двигателей (цилиндр диаметром 5", ход поршней 5"), работающих также при давлении от 2-х до 6-ти атмосфер. Штоки обоих поршней имеют на концах гребенки, передающие движение кривошину, связанному с ним шатуну (6), а равно и плите, к которой крепится левая часть формы.

Правая часть формы крепится к другой плите (9). При движении поршней от указанного на рисунке положения влево, плита (8), а равно и прикрепленная к ней левая часть формы, будут также двигаться влево; форма раскроется и при дальнейшем движении, благодаря остановке выбрасывателей от болта (7), произойдет выталкивание готовой отливки.

Рычаги, управляющие движением насоса для металла (1) и механизма, движущие форму (2), сконструированы так, что произвести давление на металл при незакрытой форме невозможно.

Пуск сжатого воздуха в цилиндр двигателя насоса для металла производится дисковым клапаном (5), управляемым рычагом (1). Конструкция клапана такова, что при обратном движении поршня часть сжатого воздуха проникает через отверстие в клапане в верхнюю часть цилиндра, создавая воздушную подушку, предохраняющую от поломок поршень и головку цилиндра. Кроме того, имеется упорный винт (4), ограничивающий подъем поршня.

Эта машина дает отливки весом до 3-х кг, обслуживается одним рабочим и имеет большую производительность.

Общие замечания о работе поршневых машин.

Рассмотренные нами поршневые машины пригодны для литья различных сплавов первых трех групп: свинцовых, оловянных и цинковых. При этом следует отметить, что наиболее твердые цинковые сплавы, требующие сравнительно большого давления, на ручных поршневых машинах перерабатываются с трудом и для них предпочтительно применять машины с механизированным поршневым давлением.

Остальные группы сплавов—алюминиевые и медные—на поршневых машинах перерабатываться не могут. Это происходит главным образом потому, что алюминиевые и медные сплавы, как уже указывалось выше, требуют высокого нагрева, при котором работа поршня становится мало удовлетворительной; кроме того, в расплавленном состоянии эти сплавы действуют на поверхности поршня и цилиндра, образуя на них твердые соединения, которые окончательно прекращают работу машины.

Многие фирмы искали выхода из этих затруднений и стремились различными усовершенствованиями добиться возможности применения поршневых машин для литья хотя бы алюминиевых сплавов.

Но все эти попытки окончились неудачей и в настоящее время поршневые машины для литья сплавов с рабочей температурой выше 500°C совершенно не применяются.

Для таких сплавов нужны машины, в котлах которых нет никаких подвижных, взаимно сопрягаемых частей. Такими машинами являются исключительно машины с компрессорным давлением.

Компрессорные машины.

Компрессорные машины отличаются от поршневых машин только конструкцией котла. Механизмы, движущие форму у этих машин, совершенно аналогичны рассмотренным выше

механизмам поршневых машин и могут приводиться в действие как ручными рычагами при небольших отливках, так и воздушными или гидравлическими двигателями при отливках значительного веса.

Поэтому, при рассмотрении нами компрессорных машин, главное внимание будет уделено изучению котлов этих машин.

Котел компрессорной машины представляет собой герметически закрытый резервуар, наполненный жидким сплавом и обогреваемый снизу форсункой или газовой горелкой.

Сжатый воздух подводится через пусковой клапан от баллона, емкостью в 100—200 литров, находящегося в непосредственной близости от котла машины. Баллон соединен трубопроводом с компрессором высокого давления и имеет редукционный клапан, дающий возможность поддерживать в баллоне, во время работы машины, определенное давление, зависящее в каждом отдельном случае от рода сплава, величины и конфигурации отливки.

Для того, чтобы имелась возможность отливать все группы сплавов, компрессор обычно рассчитывается на 60 атм.

Каждая компрессорная машина, в зависимости от величины и формы отливки и рода сплава, потребляет различное количество сжатого воздуха, которое для расчета мощности компрессора можно принять около 4—6 куб. метров в час на одну литейную машину средних размеров.

Котлы компрессорных машин находятся в весьма невыгодных условиях работы, подвергаясь, с одной стороны, сильному нагреву пламени форсунки, с другой стороны—сменному усилению давления сжатого воздуха, быстро меняющемуся от одной атмосферы до максимального рабочего давления порядка нескольких десятков атмосфер.

Это обстоятельство заставляет придавать котлу форму, представляющую наивыгоднейшее сопротивление внутреннему давлению, по возможности уменьшать размеры котла и делать его из наиболее стойкого материала.

При расчете прочных размеров котлов компрессорных машин необходимо иметь в виду, что сопротивление стали на разрыв быстро падает с повышением температуры нагрева, потому допускаемое напряжение материала следует назначать весьма осторожно.

На фиг. 75 показан разрез компрессорного котла, отлитого из стали.

Давление сжатого воздуха передается через канал (1) и происходит лишь в то время, когда открывается пусковой клапан, установленный на трубопроводе сжатого воздуха. Этим давлением находящийся в котле расплавленный металл будет вгоняться в трубку (2), подводиться к мундштуку котла (3) и через него впрессовываться в форму.

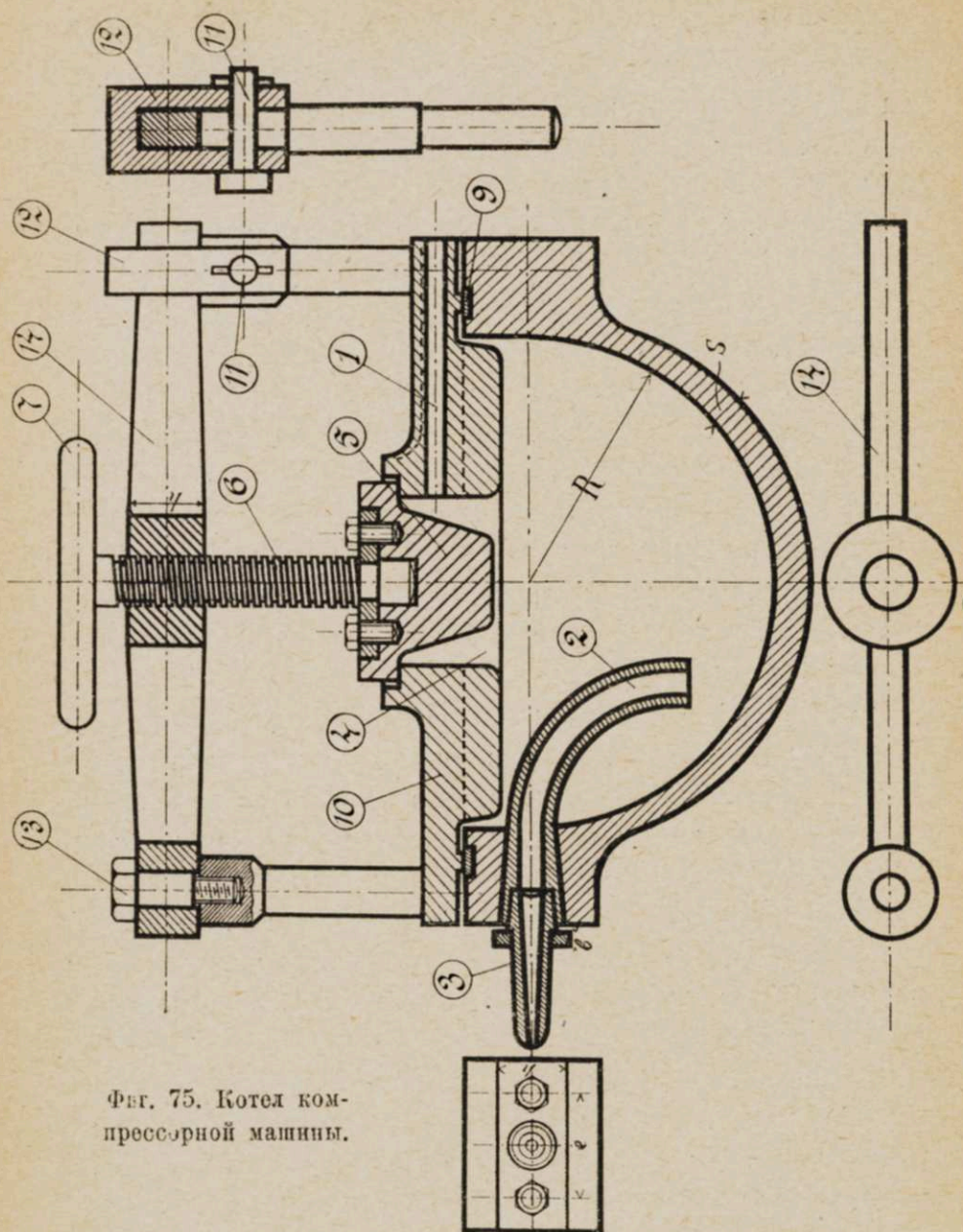
Для пополнения котла металлом служит загрузочное отверстие (4), крышка которого (5) может подниматься при вращении винта (6) с прямоугольной нарезкой, имеющего сверху маховичок (7).

Пополнение котла сплавом производится периодически, по мере надобности, при чем сплав загружается в большинстве случаев расплавленным, а не кусками, как в поршневых машинах.

Это вызывается тем обстоятельством, что при загрузке котла нерасплавленным металлом отдельные твердые куски, не успев окончательно расплавиться, могут при работе, под ударами большого давления, погружаться в сплав, попадать в трубу (2), в мундштук (3), забивать их и останавливать работу машины.

В поршневых машинах это обстоятельство не может иметь места, т. к. отверстия, через которые жидкий сплав проходит в цилиндр, делаются небольшими, располагаются на достаточной глубине и куски не успевшего расплавиться металла, плавающая на поверхности под спокойным атмосферным давлением, не мешают работе котла.

Крышка котла компрессорной машины (10) крепится 6-ю или 8-ю болтами (на чертеже не показанными), при чем,



Фиг. 75. Котел ком-
прессорной машины.

для совершенной плотности соединения, между крышкой и котлом прокладывается кольцо из красной меди (9), толщиной 3—4 мм, расположенное в соответствующем пазу.

Крышка загрузочного отверстия (5) такого кольца не имеет и плотность ее соединения с крышкой котла достигается лишь тщательной шлифовкой.

На фиг. 75 приспособление для крепления крышки загрузочного отверстия показано совмещенным с плоскостью разреза, проходящей через мундштук и канал, подводящий воздух.

В действительности это приспособление ставится под углом 90° к оси мундштука котла и на рисунке показано условно для большей наглядности.

При работе компрессорной машины для получения каждой отливки требуется поднятие в котле соответственного давления, которое, после заполнения формы, должно быть доведено до давления в одну атмосферу, так как иначе, после отодвигания заполненной формы от мундштука, металл из котла, находясь под большим давлением, продолжал бы бить струей из мундштука. Следовательно, для получения отливки, в котел каждый раз должен быть пущен сжатый воздух, который, по заполнении формы, опять выпускается в атмосферу.

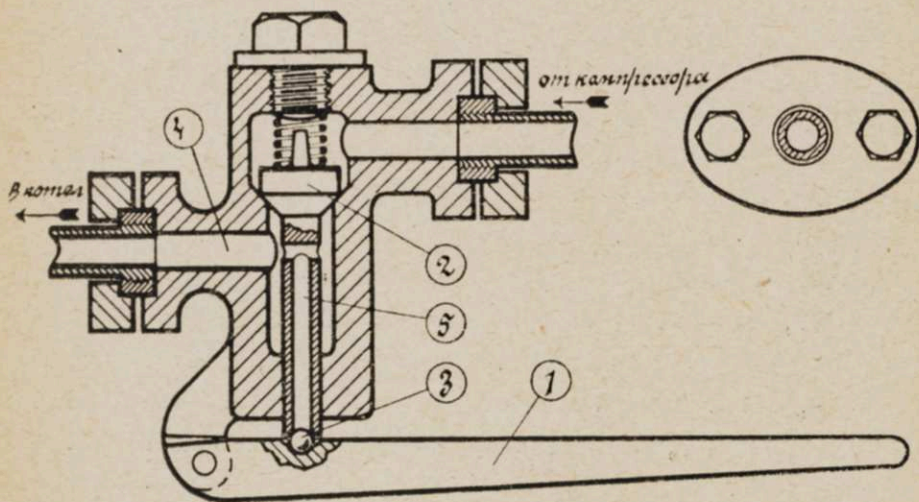
Для экономичного расходования сжатого воздуха вредное пространство котла, т.-е. то пространство, которое не заполнено жидким сплавом, следует делать по возможности минимальным, а пусковой клапан, для уменьшения вредного пространства в трубопроводе, ставить по возможности ближе к котлу машины.

Устройство пускового клапана для сжатого воздуха показано на фиг. 76.

Действие этого клапана происходит следующим образом: поднимая рычаг (1), мы будем поднимать и клапан (2) при помощи упирающегося в его нижний конец стального каленого шарика (3), вдавленного в гнездо рычага (1).

При поднятии клапана (2), сжатый воздух пройдет между клапаном и стенками корпуса в канал (4) и из него в котел через канал (1), фиг. 75.

Когда под давлением воздуха металл из котла проникнет в форму и заполнит ее, следует, не отодвигая формы, понизить давление в котле до атмосферного; для этого рычаг (1)—фиг. 76—должен быть опущен вниз. От давления сжатого воздуха, действующего на верхнюю часть клапана совместно с действием пружины, клапан (2) снова сядет в свое гнездо.



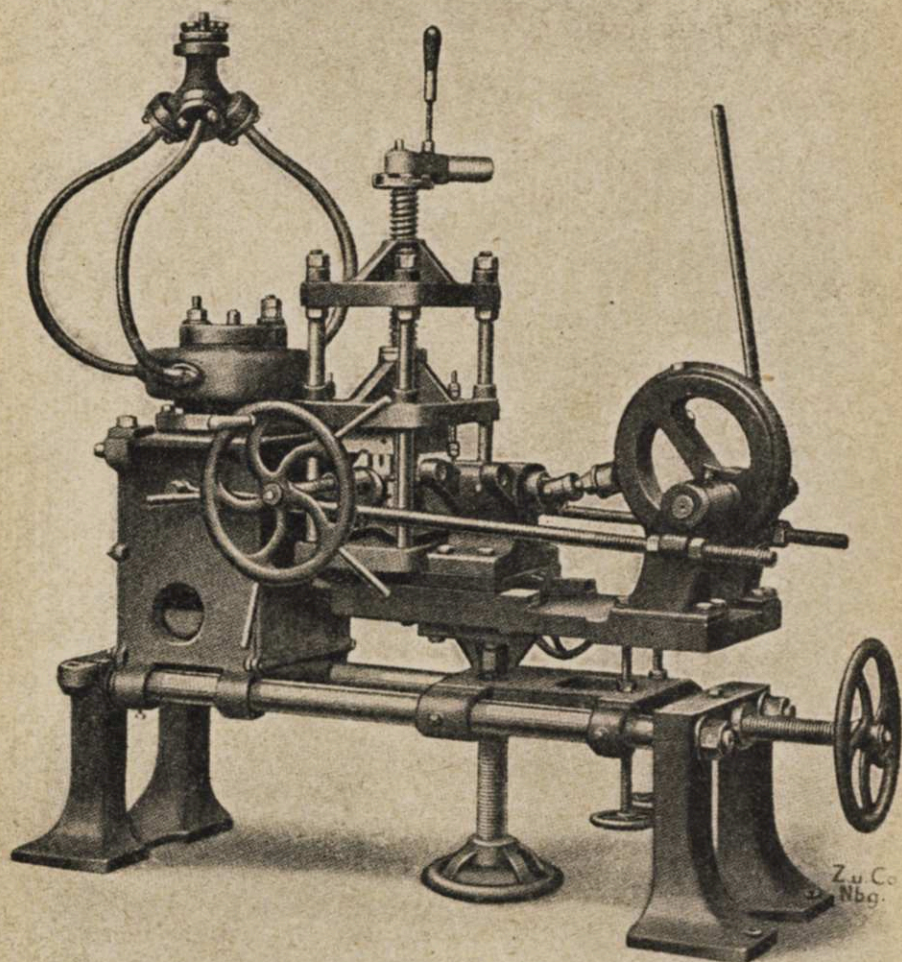
Фиг. 76. Пусковой клапан для сжатого воздуха.

При дальнейшем опускании рычага (1), шарик (3) отойдет от нижнего конца клапана (2) и откроет его канал (5), предоставляя сжатому воздуху из котла выйти в атмосферу. Только после этого может быть произведено отодвигание формы от мундштука котла, ее раскрытие и выталкивание выбрасывателями готовой отливки.

Ознакомившись с устройством котла машины, перейдем к рассмотрению самих машин.

Ручная компрессорная машина Бр. Эккерт. На фиг. 77. изображена компрессорная машина с ручным механизмом для движения формы, совершенно таким же, какой применяется фирмой Эккерт и для поршневых машин. На машине установлена горизонтальная форма.

В этой машине давление сжатого воздуха передается в головку котла, несколько отличной от рассмотренного нами



Фиг. 77. Ручная компрессорная машина фирмы Бр. Эккерт.

на фиг. 75 формы, по трем трубкам, которые, как предполагалось при конструировании машины, дадут более равно-

мерное давление на поверхность расплавленного металла при начале впуска и выпуска воздуха. Это обстоятельство имеет значение при литье алюминиевых сплавов, имеющих небольшой удельный вес и требующих при работе большого объема сжатого воздуха.

Но, несмотря на все ожидания, эта машина не дала хороших результатов и для своего назначения—литья алюминиевых сплавов—оказалась не вполне пригодной.

Машины этого типа, но с подводом сжатого воздуха по одной трубке и с котлом, подобным изображенному на фиг. 75, с успехом применяются для производства отливок небольшого веса, примерно до 300 грамм из различных легкоплавких сплавов первых трех групп.

Компрессорная машина для алюминиевых сплавов. В 1928 году фирма Бр. Эккерт выпустила для литья алюминиевых сплавов новый тип машины, изображенной на фиг. 78.

Эта машина может производить алюминиевые отливки весом до 2-х кг.

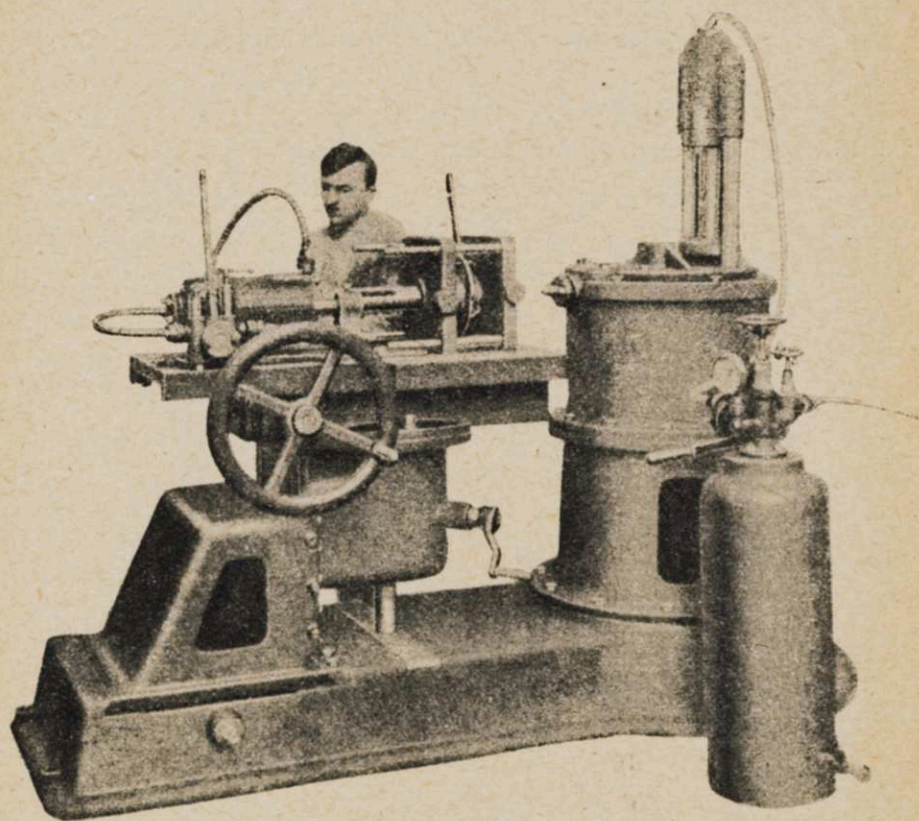
Котел этой машины представляет стальной тигель, опущенный в соляную ванну, нагреваемую снизу форсункой. Такая конструкция котла применена для получения более ровного нагрева сплава, помещающегося в тигле, и, кроме того, для предохранения стенок котла от перегорания под непосредственным действием пламени форсунки.

Загрузочное отверстие котла закрывается поршнем под действием сжатого воздуха, для чего сверху котла установлен небольшой цилиндр.

Это устройство сделано исключительно для того, чтобы избежать применения болтов в креплении крышки загрузочного отверстия, так как при той высокой температуре, которая нужна при работе с алюминиевыми сплавами, прочность болтов, подверженных сильному нагреву, становится не вполне надежной.

Сжатый воздух подводится к котлу машины через пусковой клапан из баллона, питаемого компрессором высокого давления.

Механизм, движущий форму этой машины, приводится в действие гидравлическим двигателем. Для установки формы



Фиг. 78. Компрессорная машина для алюминиевых сплавов фирмы Бр. Эккерт.

машина снабжена двумя червячными винтами, позволяющими перемещать подвижную каретку механизма в различных направлениях.

Существует еще целый ряд компрессорных машин других типов, останавливаться на которых, за недостатком места в настоящей главе, не представляется возможным.

Большой интерес представляют компрессорные машины для литья медных сплавов, но они до сего времени держатся в таком строгом секрете, что выяснить их конструкцию, не приобретя машины, является пока невозможным.

Формы для литья под давлением.

Формы для литья под давлением делаются металлическими разъемными, снабжаются выбрасывателями для выталкивания готовых отливок и имеют каналы для водяного охлаждения. Те части формы, которые соприкасаются с расплавленным металлом, следует делать стальными, калеными и полированными; менее ответственные части форм можно изготавливать из железа и чугуна.

Чем выше рабочая температура сплава, тем в худших условиях находится форма, главным образом те ее части, которые дают очертания отливки. Постоянная смена напряжений—то от нагревания горячим сплавом, то от охлаждения водой, постепенно понижает свойства металла, из которого сделана форма, и разрушает его поверхность. Этим обстоятельством ограничивается срок службы форм.

Для сплавов с низкой рабочей температурой формы обычно служат долгое время и ими можно изготовить очень большое количество деталей. Так, например, на одном из Ленинградских заводов из оловянных сплавов в одной форме было отлито свыше 150 000 деталей, при чем сама форма вполне сохранилась и продолжает исправно работать. На том же заводе из цинкового сплава в одной форме было отлито свыше 40 000 деталей, что также не отразилось на качестве самой формы.

Для сплавов с высокой рабочей температурой формы являются менее долговечными и срок службы их в значительной степени зависит от качества стали, из которой сделаны наиболее ответственные части формы. Отличительной

чертой литья под давлением является получение точных однородных отливок с гладкой и ровной поверхностью, почему и форма для получения таких отливок должна быть изготовлена с особой тщательностью, с привлечением к работе по их изготовлению самых опытных инструментальщиков.

Перед тем, как приступить к конструированию формы для какой-либо детали, эта деталь по возможности должна быть изменена таким образом, чтобы отливка ее под давлением была наиболее удобной. Для этого деталь должна иметь достаточные закругления углов и переходов; поверхности, перпендикулярные к разъему формы, должны иметь необходимую конусность.

Ниже помещена таблица с указанием различных величин, которые должны быть приняты при конструировании форм.

По данным RKW.

С п л а в ы	Допуски		Толщина стенки		Радиус закругления не менее <i>мм</i>	Минимальн. конусность		Отверстия диаметра <i>d</i>		
	в 0/0 от раз- меров	по не менее, чем <i>мм</i>	по возм не ме- нее <i>мм</i>	не бо- лее <i>мм</i>		По- верх- ности в 0/0	Штиф- ты от вы- соты	Миним. диаметр. <i>мм</i>	Глубина	
									непрех.	проходн.
Оловянные и свинцовые. .	$\pm 0,050/$	$\pm 0,01$	0,75	2,5	0,5	0,10/0	0,20/0	0,45	3 <i>d</i>	10 <i>d</i>
Цинковые. . .	$\pm 10/0$	$\pm 0,03$	1,5	2,5	0,5	0,20/0	0,40/0	0,75	3 <i>d</i>	6 <i>d</i>
Алюминиев. .	$\pm 0,250/$	$\pm 0,05$	2,0	3,5	1,0	0,5—10/0	1,00/0	3,00	? <i>d</i>	3 <i>d</i>

В пояснение этой таблицы следует отметить, что большой допуск для цинковых сплавов указан из тех соображений, что размеры отливок из цинковых сплавов могут с течением времени несколько изменяться, не переходя, однако, $\pm 10/0$ всех основных размеров.

Минимальная толщина стенок ограничена указанными размерами потому, что, при более тонких стенках, расплавленный металл, попадая в узкое пространство между холодными стенками формы, быстро застывает, не успев заполнить всего пространства. В исключительных случаях, особенно, когда стенки имеют небольшое протяжение, толщину их можно делать и несколько менее, чем указано в таблице.

Второй предел для толщины стенок дан из соображений получения наиболее однородных по плотности отливок. Там, где возможно, прочность стенки лучше и экономичнее усиливать ребрами и приливами, чем утолщать стенку свыше указанных размеров по всему протяжению. Вторым пределом указан лишь как желательный и, в случае необходимости, его можно значительно повысить.

Радиус закруглений следует делать по возможности большим как для лучшего обтекания формы расплавленным металлом, так и для более легкого выталкивания отливок из формы; для последнего также применяется и конусность внутренних и наружных поверхностей отливки и штифтов для ее отверстий.

Правильное заполнение формы расплавленным металлом имеет чрезвычайно большое значение; от этого зависит прочность отливки и ровность ее поверхности. Металл, заполняя форму, должен вытеснить весь находящийся в форме воздух, не вгоняя его внутрь отливки, так как иначе в ней получатся раковины и одутловатости.

Поэтому при конструировании форм необходимо точно наметить: 1) поверхность разъема формы,

2) направление в форме расплавленного металла и

3) выход воздуха.

Поверхность разъема формы должна быть намечена так, чтобы готовая отливка вместе с литником после раскрытия формы оставалась в той ее части, в которой имеются выбрасыватели.

Расплавленный металл, проходя через отверстие литника, подводится через одну или несколько узких щелей к поверхности отливки в том месте, где получаемые от наличия этих щелей приливы будет всего легче удалить. Для выхода воздуха между стенками формы, по линии разъема, расшлифовываются такие же щели, толщиной в одну или несколько сотых долей мм, в тех местах, где удаление получаемого от этого грата также не вызовет затруднений.

Для практического ознакомления с расположением литников для различных отливок в дальнейшем будет приведен ряд примеров типовых форм.

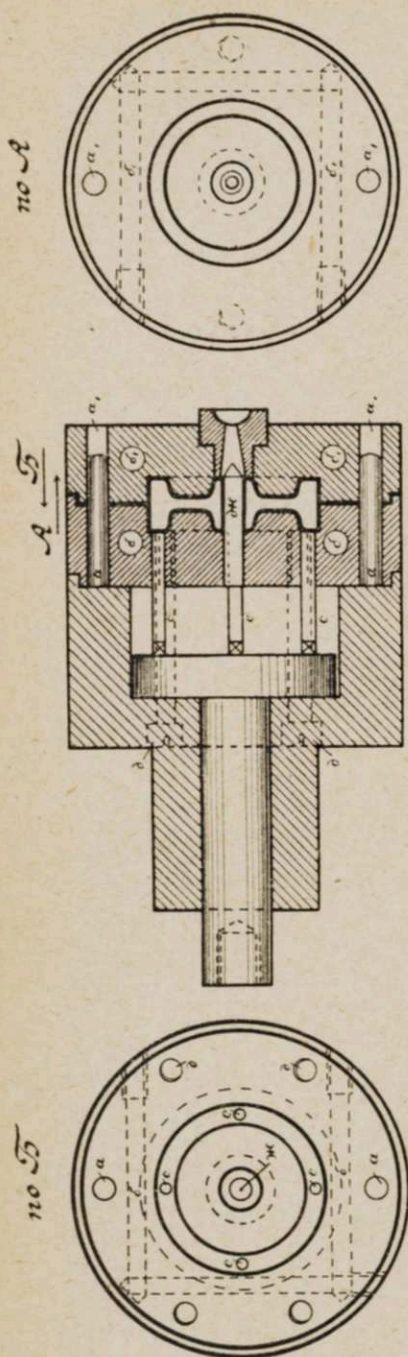
В зависимости от того, как сконструирована в форме поверхность разъема — вертикально или горизонтально — и сами формы носят название вертикальных и горизонтальных. Преобладающее большинство машин имеет горизонтальные расположения мундштука и движение форм, которые должны раскрываться по вертикальной плоскости. Поэтому вертикальные формы имеют наибольшее распространение и к горизонтальным формам прибегают лишь в исключительных случаях, тем более, что для их раскрытия движущие механизмы машины приходится снабжать особыми приспособлениями.

В дальнейшем изложении оба типа форм будут рассмотрены в отдельности.

1. Вертикальные формы.

Наружные очертания формы, а равно способ движения выбрасывателей имеют второстепенное значение при уяснении правильности конструирования форм для литья под давлением и связаны исключительно с конструкцией движущего механизма машины, особой для каждой фирмы.

Поэтому, при рассмотрении типовых форм, мы остановимся на одном из самых простых принципов крепления форм к движущему механизму и способе движения выбрасы-



Фиг. 79. Форма для колес и шкивов с центральным отверстием.

вателей, аналогичных с рассмотренными нами на фиг. 69 и 70.

Формы, приведенные ниже, имеют лишь то различие с формой, помещенной на указанных рисунках, что хвостовики их выбрасывателей делаются короче и имеют отверстие с винтовой нарезкой, в которую ввинчивается серья с прорезью для болта (16); эта серья имеет с левой стороны регулирующий винт, устанавливаемый таким образом, чтобы в требуемый момент движения формы он уперся в болт, проходящий через подшипник (16) и тем самым начал выбрасывание отливки штифтами (17).

1. Форма для колес и шкивов с центральным отверстием (фиг. 79).

Питание формы металлом происходит следующим образом: проходя через буксу литника, металл проходит в зазор между стенкой отверстия буксы и конусом штифта (жс), дающего центральное отверстие отливки. Расходясь от

центра к периферии, металл заполняет всю пустоту между двумя частями формы и вытесняет воздух в особые щели, прошлифованные в левой части формы в радиальном направлении (на чертеже не показано).

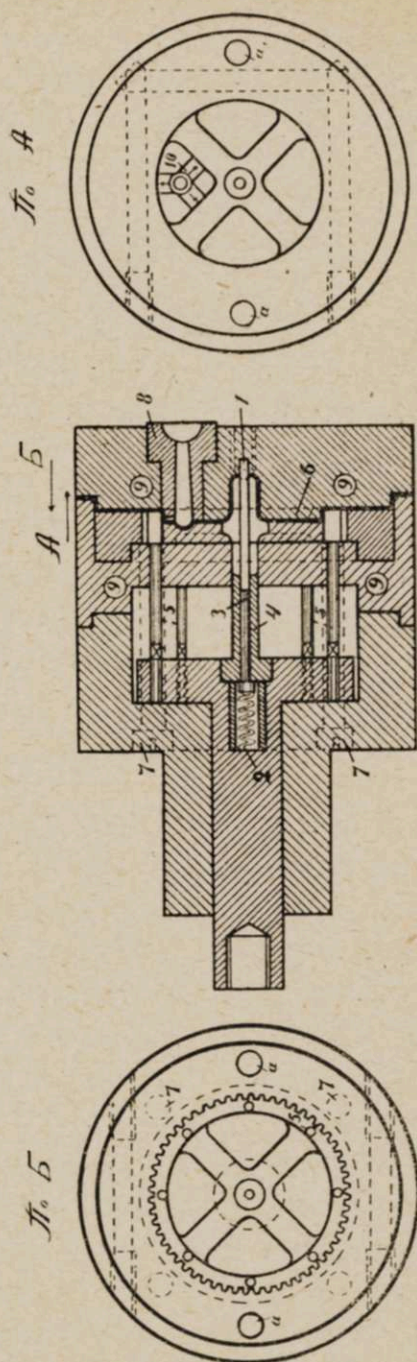
При закрытии формы обе части строго центрируются двумя направляющими штифтами (а).

После разъема формы готовая отливка вместе с литником остается в левой части формы и удаляется из нее штифтами выбрасывателя (с). Отделение от готовой отливки литника и снятие грата не представляет особых затруднений.

Обе части формы охлаждаются водою, проходящей по каналам (б и б₁).

2. Форма для зубчатых и гладких колес с залитыми в них стальными осями (фиг. 80).

Стальная ось (1), точно калиброванная, вставляется в левую часть раскрытой формы. Для сохранения известных допусков по длине



Фиг. 80. Форма для зубчатых и гладких колес с стальными осями.

оси имеется пружина (2), соединенная с штифтом (3), проходящим через центральный штифт выбрасывателя (4).

Зубцы колеса выфрезерованы в планке (6), прикрепленной к левой части формы четырьмя штифтами (7).

Канал для литника (10) помещается между спицами колеса, и металл, пройдя через буксу литника, расходится по трем направлениям, указанным стрелками. При такой системе питания получается возможность легкой отломки литника почти без заметных следов на поверхности обода и спиц.

Готовая отливка, вместе с литником, при раскрытии формы, остается в левой ее части и удаляется выбрасывателем, имеющим 8 штифтов (5), расположенных по окружности обода и один штифт (4), расположенный в центре.

Обе части формы центрируются двумя направляющими штифтами (а) и охлаждаются водою по каналам (9).

По тому же принципу изготавливаются формы для заливки различных осей в штампованные металлические диски.

3. Форма для отливки пустотелого кольцевого сегмента (фиг. 81).

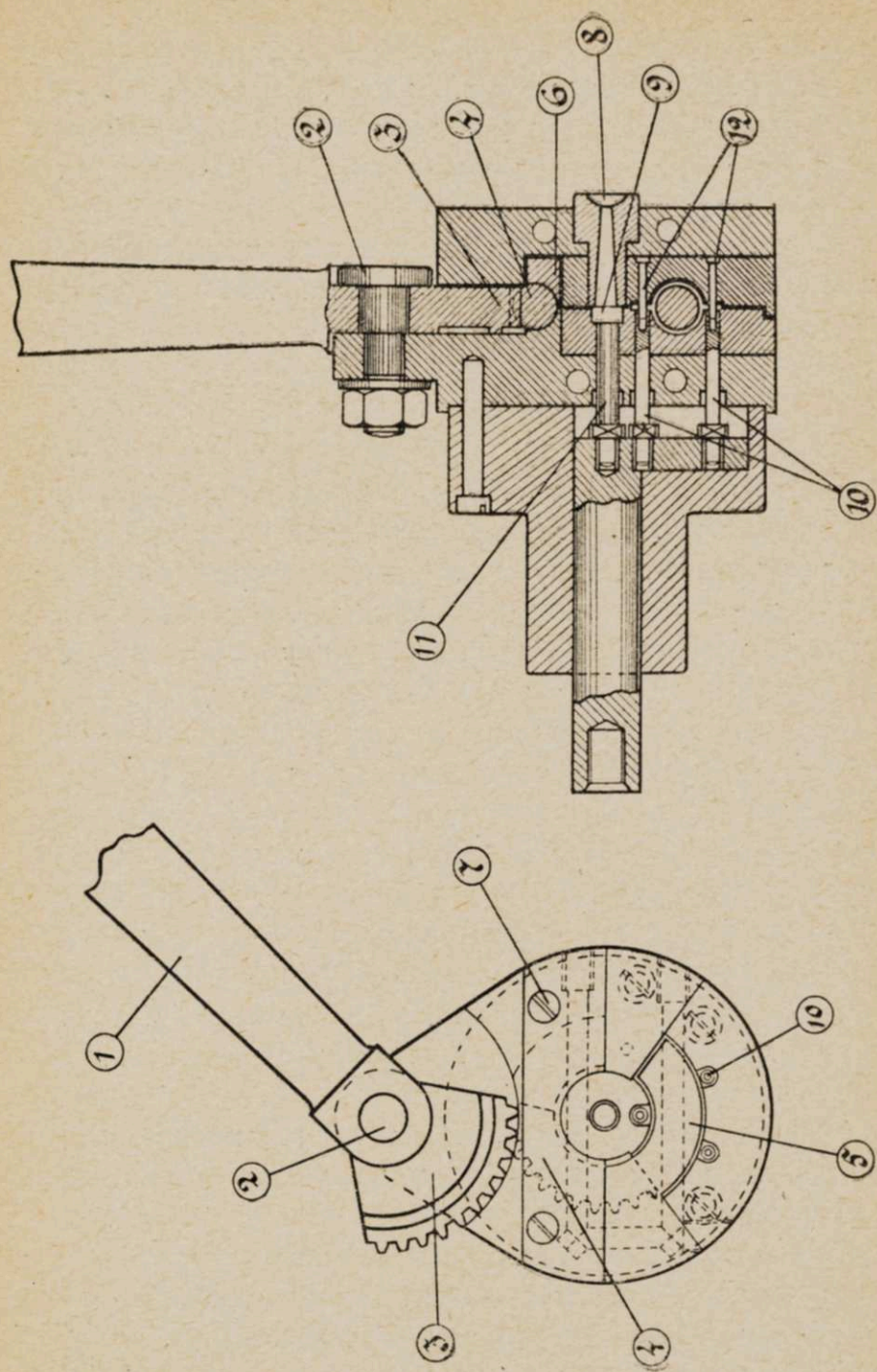
При отливке детали (5), изображенной в разрезе на фиг. 81, является необходимым устройство особого зубчатого сцепления для выдвигания кольцевой шишки после заливки формы.

Осуществляется это следующим образом:

Рычаг (1), вращающийся на оси (2), оканчивается зубчатым сектором (3), сцепленным с зубцами кольцевой шишки (4), имеющей гладкий цилиндрический конец, дающий внутреннее очертание отливки (5).

Расплавленный металл проходит через буксу (8), заливает углубление (9) и по узкой щели заполняет всю пустоту отливки.

После раскрытия формы отливка остается вместе с литником в левой части формы. Для удаления отливки рычаг (1) поворачивают влево, заставляя кольцевую шишку (4) выйти из отливки (5). После этого начинает действовать выбрасыватель,



Фиг. 81. Формы для отливки пустотелого кольцевого сегмента.

имеющий три штифта (10) и один штифт (11) для одновременного выталкивания из левой части формы отливки и литника.

Отверстия в лапках отливки получаются благодаря штифтам (12), входящим при закрытой форме в направляющие отверстия штифтов (10).

Обе части формы, так же, как и в предыдущих примерах, центрируются двумя направляющими штифтами на чертеже не показанными.

4. Форма для отливки деталей с наружной резьбой (фиг. 82).

Получение готовой резьбы в отливках составляет одно из преимуществ литья под давлением. Но так как для получения внутренней резьбы приходится применять резьбовые пишки, которые из готовой отливки должны каждый раз вывинчиваться, то внутренняя резьба применяется сравнительно редко и то для сплавов с небольшой усадкой.

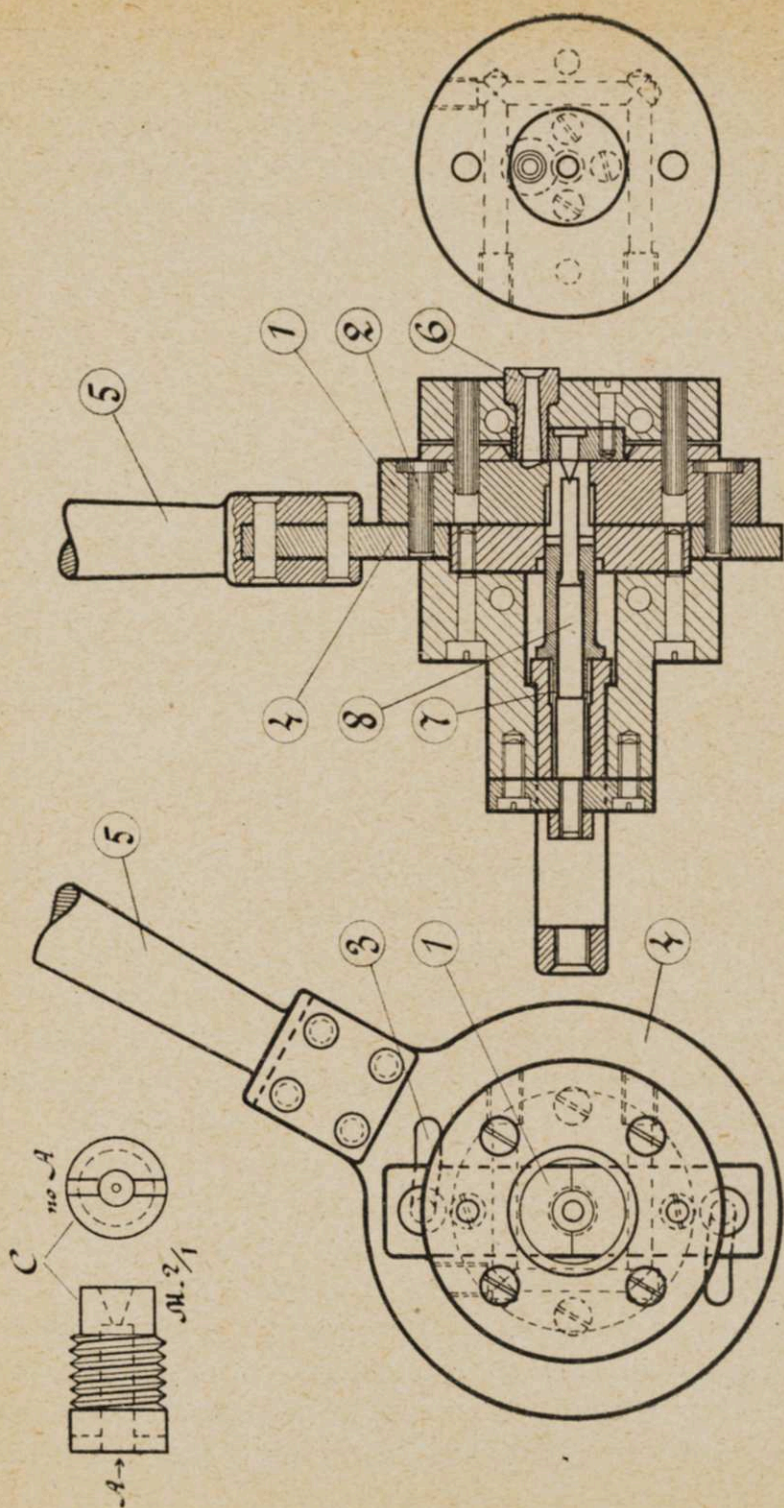
Получение наружной резьбы не создает особых затруднений и ею пользуются в самых широких пределах.

Так как для получения наружной резьбы ее приходится отливать между разъемными пластинами, то диаметр резьбы не следует делать очень малым, иначе, от быстрого застывания металла в узком отверстии, резьба может получиться не вполне чистой. Нижним пределом диаметра наружной резьбы следует считать для свинцовых, оловянных и цинковых сплавов—8 мм и для алюминиевых сплавов—12 мм.

На фиг. 82 изображена форма для отливки детали С, имеющей наружную резьбу. Главной особенностью такой формы является приспособление для разъема пластин, дающих очертание резьбы.

Это приспособление состоит в следующем:

Две пластины, пришлифованные одна к другой, имеют отверстие с резьбой, центр которого находится на линии разъема пластин. К этим пластинам плотно пригнаны штиф



Фиг. 82. Форма для отливки детали с наружной резьбой.

ты (2), проходящие через прорези (3) диска (4), снабженного рычагом (5) для вращения этого диска вокруг оси, проходящей через центр формы. Прорези (3) сделаны эксцентрично и потому, при движении рычага (5) влево, прорези (3) будут отводить штифты (2) вместе с прикрепленными к ним пластинами (1), которые начнут раздвигаться, скользя в своих направляющих.

Отливка деталей совершается в следующем порядке:

Форма движущим механизмом машины закрывается и прижимается к мундштуку котла. При этом пластины (1) должны быть сжаты поворотным рычагом (5) до отказа.

После этого пускают расплавленный металл, который, — через буксу (6) и соответствующий величине отливки канал, шлифованный в форме, — заполняет углубление для отливки, а равно и винтовую нарезку ее поверхности.

После этого форма отодвигается от мундштука котла, раскрывается; затем поворотом рычага (5) отливка освобождается из пластины (1) и выталкивается выбрасывателем (7).

Штифт (8), расположенный внутри выбрасывателя и неподвижно скрепленный с хвостовиком формы, служит для образования в отливке цилиндрического отверстия.

Формы, сконструированные по такому же принципу, но имеющие не две, а пять пластин, движущихся между пятью неподвижными секторами, применяются для отливки цифровых роликов для различных счетных механизмов.

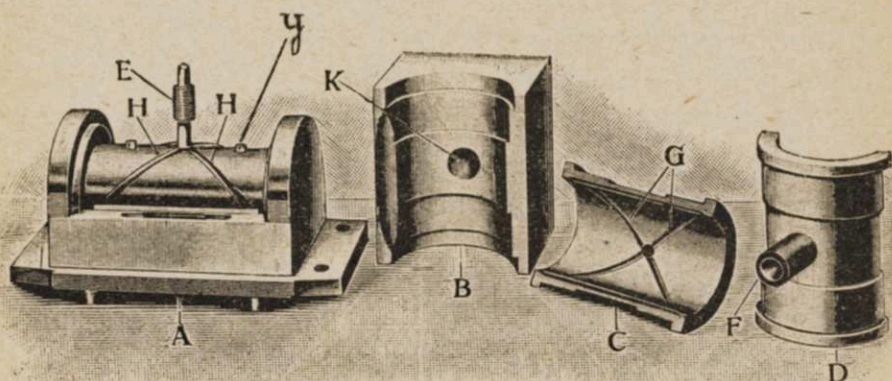
5. Формы для отливки вкладышей подшипников. Фиг. 83.

Литье под давлением имеет широкое применение в производстве подшипников, при чем, для небольших механизмов и машин подшипники могут отливаться полностью; для более крупных механизмов и машин-двигателей производится или заливка антифрикционным металлом бронзовых вклады-

шей или же отливаются самые вкладыши из легкоплавких сплавов.

Форма для отливки таких вкладышей показана на фиг. 83 и состоит из двух основных частей—*A* и *B*.

Заливка производится через отверстие в части *B*, при чем расплавленный металл, обтекая шишку *E*, ввернутую



Фиг. 83. Форма для отливки вкладных подшипников.

в часть *A*, заполняет все пространство между двумя сложенными частями формы *A* и *B*, соответствующее очертанию вкладыша.

При раскрытии формы, готовый подшипник *D* (или вид снизу *C*) будет вытолкнут штифтами выбрасывателя *У*. Перед этим должна быть вывернута шишка *E*, при чем резьба на ее поверхности даст готовую нарезку во втулке *F* вкладыша, для завинчивания масленки.

Каналы для смазки *O* получаются на вкладыше готовыми, благодаря выступам в форме *H*, и вкладыш после отливки не требует никакой дополнительной обработки.

Система выбрасывателей, а равно и каналы для водяного охлаждения в этой форме делаются такими же, как и в рассмотренных ранее формах.

II. Горизонтальные формы.

В вертикальных формах подведение их к мундштуку котла, закрытие и открытие, а равно и действие выбрасывателей производится движущим механизмом машины.

В горизонтальных формах плоскость разъема параллельна плоскости движения каретки механизма. Поэтому при горизонтальных формах роль эксцентрика и движущего механизма сводится лишь к прижатию формы к мундштуку котла для впрессовывания металла и удалению от мундштука после заполнения формы. Раскрытие и закрытие формы, а равно и действие выбрасывателей, производится при горизонтальных формах особым приспособлением, устанавливаемым на подвижной каретке машины. Такие приспособления, применяемые различными фирмами, работают по одному и тому же принципу и потому мы рассмотрим приспособление для установки горизонтальных форм, показанное на машине фирмы Эккерт, фиг. 77. Приспособление это состоит из чугунного основания, прикрепленного к подвижной каретке.

В основание ввернуты четыре колонны, на которых крепится крышка с проходящим в середине ее винтом с прямоугольной нарезкой. Верхний конец винта имеет рукоятку с храповым колесом; нижний конец винта крепится заплечками к подвижной чугунной плите, которая, при вращении винта, может двигаться вверх или вниз, скользя по колонкам, как по направляющим. К этой подвижной плите прикрепляется болтами верхняя часть формы, а к основанию приспособления — нижняя часть формы. Нижняя часть формы имеет шлиц, в котором устанавливается горизонтальная доска с штифтами выбрасывателя. По углам этой доски ввинчиваются четыре длинных болта, свободно проходящие через подвижную плиту.

Процесс отливки в горизонтальных формах происходит в следующем порядке:

Форма закрывается вращением центрального винта, при чем доска с выбрасывателями опускается в нижнее положение.

Действием эксцентрика подвижного механизма форму вместе со всем приспособлением прижимают к мундштуку, выпрессовывают расплавленный металл, после чего форму отводят от мундштука. Затем, вращением центрального винта, форму раскрывают, поднимая подвижную плиту вместе с прикрепленной к ней верхней частью формы. Поднимаясь кверху в известном положении, подвижная плита дойдет до верхних гаек четырех болтов доски выбрасывателей, потянет их кверху и тем самым штифты выбрасывателей вытолкнут отливку из формы.

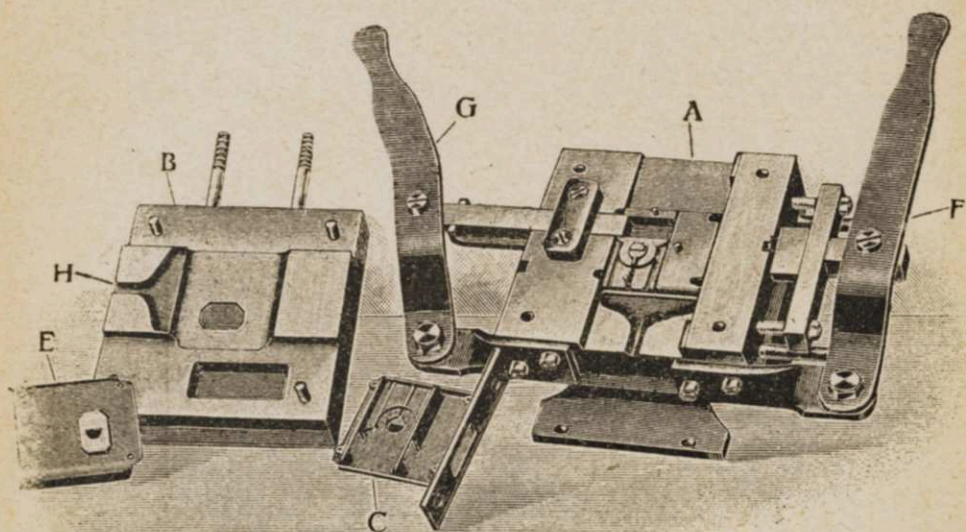
На фиг. 77, кроме приспособления для горизонтальных форм, показан еще маховик для вынимания из отливки шишки, направленной по линии, перпендикулярной к движению формы. В виду сложности работы с горизонтальными формами, применение их допускается лишь в тех случаях, когда для отливок нельзя сконструировать вертикальных форм, работа с которыми производится значительно легче и быстрее.

Форма для отливки врезных замков. Фиг. 84.

На фиг. 84 показана горизонтальная форма для отливки корпусов для врезных замков (с). Нижняя часть формы *А* имеет два рычага *G* и *Г'*, выдвигающих шишки для соответствующих прямоугольных прорезей в полках отливки *с*; снизу видна доска выбрасывателей с двумя отверстиями для болтов. Верхняя часть формы *В* центрируется при закрытии формы четырьмя направляющими штифтами. Канал для литья *Н* проходит по плоскости разъема формы.

Отливка *с* выталкивается из нижней части формы семью штифтами выбрасывателя, из которых три расположены в средней части отливки, а четыре по краям; последние

имеют отверстия и в них проходят шпильки, дающие цилиндрические отверстия в четырех приливах по краям корпуса замка, в которых впоследствии нарезается резьба для крепления винтами крышки замка *E*.



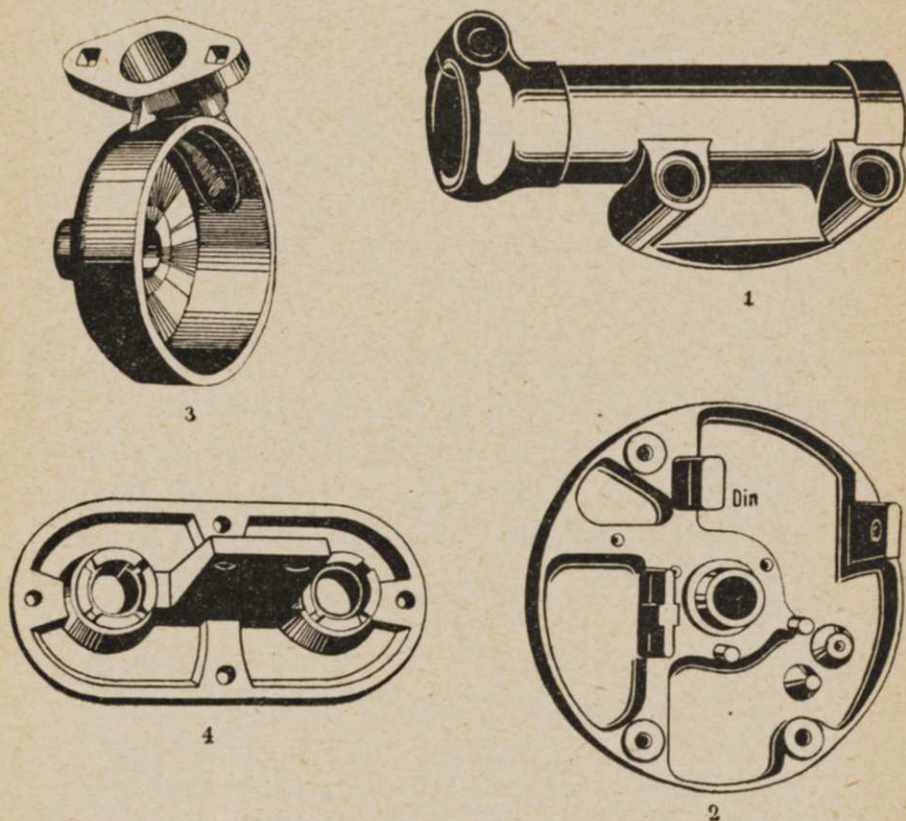
Фиг. 84. Форма для отливки корпусов врезных замков.

Общие замечания.

Отличительным качеством литья под давлением является быстрое получение отливок сложных очертаний. Поэтому несколько выгодно отливать под давлением сложные детали, настолько нерационально применять этот способ для простых деталей, которые можно изготовить на обычных штамповочных прессах или на револьверных и винторезных автоматах.

Кроме того, в виду большой стоимости форм, литье под давлением не выгодно применять в тех случаях, когда требуется изготовить незначительное количество деталей.

Литье под давлением следует рассматривать как принадлежность массового или серийного производства изделий



Фиг. 85. Образцы алюминиевых отливок фирмы «Фумаг».

и в этом случае, разумно использованное, оно является действительно незаменимым методом обработки металлов.

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ.

Изготовление художественных отливок в технике литейного дела представляет собою совершенно особенную отрасль производства. Под названием «художественное литье» подразумеваются не только художественные отливки в прямом смысле слова, но также различные предметы массового производства, служащие украшениями. Подобные предметы отливаются обычно из цинка, а затем окрашиваются под бронзу.

Художественное литье в прямом смысле имеет целью изготовление из металла какого-нибудь художественного произведения, сделанного художником из какого-нибудь другого материала. Обычно в этом случае делается только одна отливка. В качестве металла для таких отливок почти всегда применяется бронза, поэтому часто художественное литье носит название бронзового литья.

По самому старому методу формовка производилась следующим образом: предмет формовался из глины, которая покрывалась толстым слоем воска, из которого художник лепил то или иное изображение. После этого форма осторожно покрывалась тонким слоем тонко размельченной, хорошо промытой глины. Далее, форма окружалась слоем более крупной и пористой глины, смешиваемой с лошадиным навозом для избежания трещин во время просушки формы и для выхода литейных газов. Большие формы помещались в железный кожух и состояли из нескольких частей, которые, если это требовалось, могли просушиваться каждая по отдельности.

При просушке и отжиге формы воск плавился и стекал, освобождая пространство, соответствующее отливаемому предмету, которое затем и заполнялось металлом. После отливки форма разбивалась и изделие освобождалось.

Этот способ формовки еще сохранился в некоторых художественных литейных мастерских. Однако, наиболее принятым методом является описываемый ниже. Художник ле-

пит из гипса то или иное изображение, по которому делается также из гипса форма. Форма должна состоять из нескольких частей. Шишка делается несколько меньших размеров, нежели модель оригинала. Части формы покрываются внутри слоем воска, соответствующим толщине изделия. После этого форму и шишку составляют вместе, оставляя некоторый промежуток между внешней поверхностью шишки и слоем воска на форме. Этот промежуток заполняется смесью гипсового порошка, песка, кирпичной муки и воды. Когда смесь высохнет, форма снова разнимается, устанавливаются литники и каналы для воздуха, наполняемые воском. Форма окружается кожухом и формовочной массой и окончательно просушивается, воск при этом вытекает, освобождая место для металла.

Третий способ формовки применяется при изготовлении форм для обычной машинной формовки. По оригиналу из огнеупорной массы изготавливается форма для шишки. С внутренней стороны формы смазываются маслом. От шишки отскабливается слой определенной толщины, соответствующий толщине отливаемого предмета, и получается требуемое пространство для металла.

Формовка художественных отливок требует большого опыта, тщательности и искусства. Состав и свойства формовочных материалов имеют большое значение. Глина должна быть тощей, во избежание трещин при сушке. Форма просушивается сначала воздухом, только затем в сушильной печи. Температура сушки должна повышаться очень медленно. Форме необходимо придавать совершенно гладкую поверхность, во избежание оставления воска после расплавления, так как в случае пористости или неровности формы, расплавленный воск проникает в поры и препятствует выходу возникающих при отливке газов.

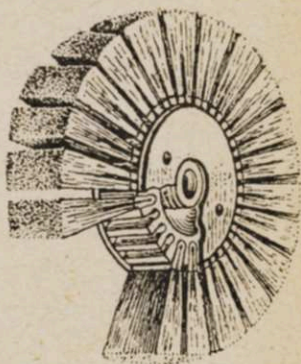
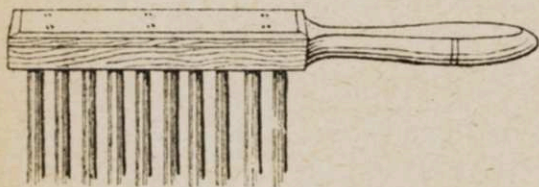
Для полной гарантии в удалении влаги, просушка формы должна происходить в течение продолжительного времени.

При художественном литье отливка должна быть так безукоризненно выполнена, чтобы в дальнейшем предмет не подвергался никакой механической обработке.

ОЧИСТКА ОТЛИВОК.

После отливки изделие должно быть очищено от приставших к его поверхности формовочных материалов, литников, заливок и т. д. Если поверхность изделия при дальнейшей обработке покрывается другим металлом, например, посредством гальванизации, никкелирования и т. п., то необходимо особенно тщательно удалить литейную пленку.

Удаление шишек в отливках производится либо вручную при помощи зубила, лома, либо машинным путем, т.-е. пневматическими молотками или пескоструйными



Фиг. 86 и 87. Стальные щетки.

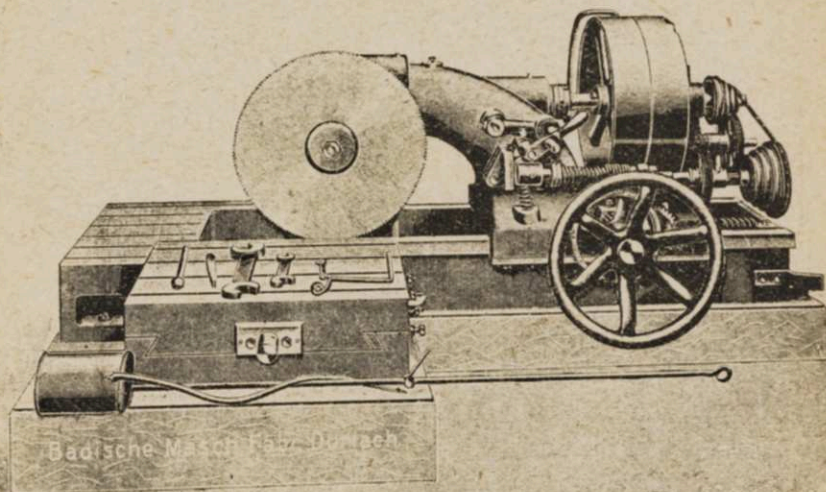
аппаратами. Очистка от пригоревшего песка производится вручную при помощи стальных щеток соответствующей формы (см. фиг. 86), либо посредством наждачных кругов или травлением в кислотах. Подобная очистка также может быть произведена механически-вращающейся стальной щеткой (фиг. 87). Стальные щетки сделаны из отдельных пучков проволоки из пружинной стали. По изнашивании они могут заменяться новыми.

Небольшие отливки очищаются во вращающихся барабанах. Пескодувки же применяются как для крупных, так и для мелких отливок. Литники и заливки обрубаются молотками, зубилами и т. д. Место излома зашлифовывается или шлифуется. Прибыль отрезается машинной пилой (фиг. 88) или на станках *).

*) В последнее время на многих заводах с успехом применяется автогенная резка прибылей, литников, заливок и пр. при помощи ацетилена, блаугаза и др. *Прим. перев.*

Для обрезки литников и заливо в некоторых литейных пользуются специальными обрубочными прессами (фиг. 89). Как видно из рисунка, пресс напоминает обычную машину для резки металлов, подобно тем, которые применяются в механических мастерских.

Заливы и другие неровности, возникающие при отливке, вследствие того, что части формы были недостаточно плотно

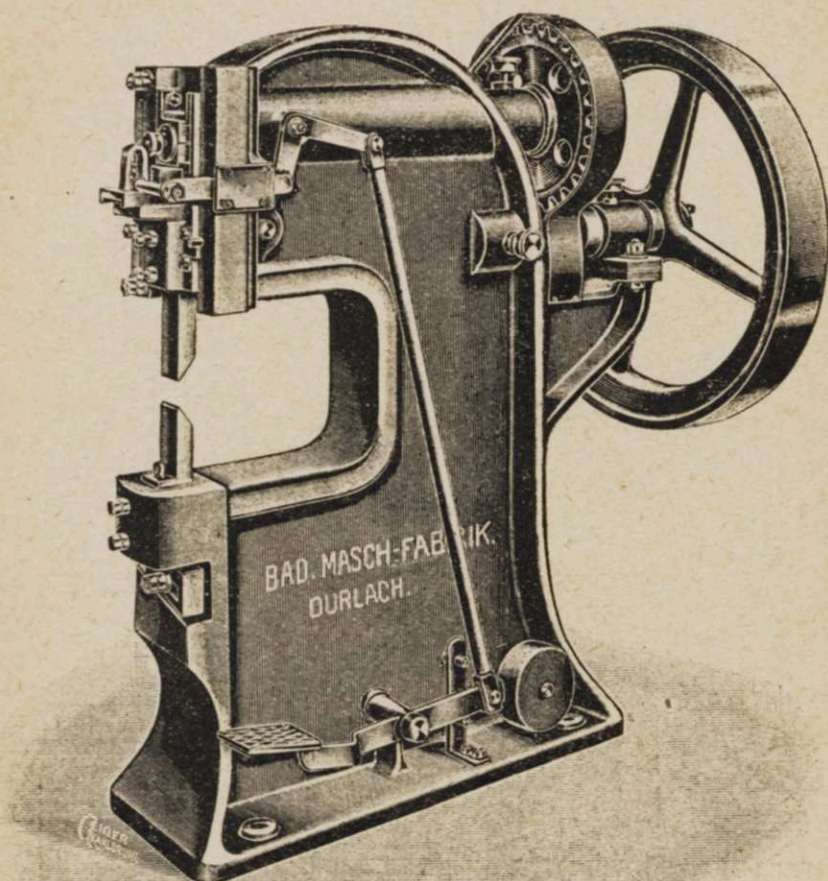


Фиг. 88. Механическая пила.

составлены, обрубаются молотком или зубилом, опиливанием или обработкой на наждачном круге. Для небольших отливок, легко перемещаемых, применяются неподвижные наждачные точила. При работе с наждачными кругами необходимо устраивать приспособления для отсасывания пыли. Для обработки крупных отливок применяются переносные шлифовальные машины, с ременной передачей, пневматические или действующие с помощью электромотора.

Пузыри и раковины, образующиеся в изделии в мало ответственных отливках заполняются особым цементом, так

называемым «железным цементом» *). После затвердевания цемент должен быть достаточно твердым, прочным, хорошо приставать к изделию и быстро затвердевать. На рынке



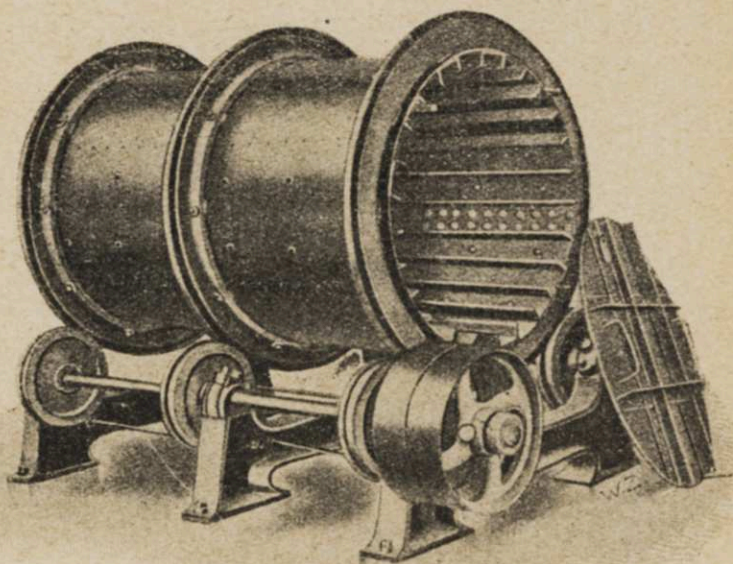
Фиг. 89. Обрубной пресс.

имеется несколько различных сортов подобного «железного цемента». Применения цемента рекомендуется по возможности избегать, но в некоторых случаях пользоваться им можно.

*) Подобные дефекты отливок обычно завариваются при помощи электрической или термитной заварки. *Прим. перев.*

Очистительные барабаны.

Обычные очистительные барабаны состоят из барабана, сделанного из листового железа. Для вращения барабана имеются различные устройства, при чем барабаны могут вращаться в обычных подшипниках или катиться на четырех — шести катках. В первом случае на оси помещается

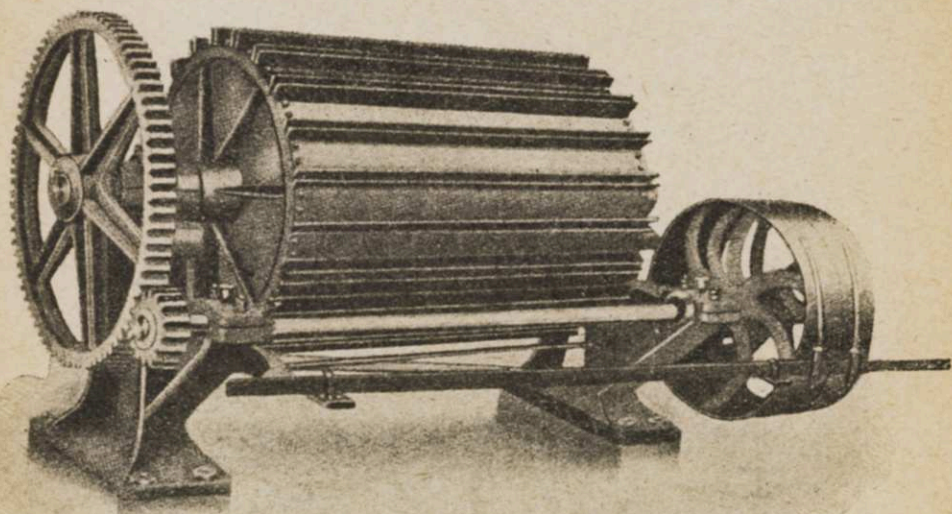


Фиг. 90. Барабан для очистки литья с катками.

зубчатое колесо, находящееся в соединении с какой-либо передачей, например, ременной. При наличии катков, последние приводятся во вращение вместе с барабаном. В барабанах первого рода одна из цапф делается большего диаметра и пустотелой для возможности присоединения к барабану отсасывателя пыли, поэтому эти барабаны предпочитают. Оба вида показаны на фиг. 90 и 91.

Для ускорения очистки в барабан помещается грубый песок, лучше всего кварцевый песок или еще лучше — острая,

мелкая стальная обсечка. Однако, в очистительных барабанах трудно доступные части изделия недостаточно хорошо очищаются, в то время как острые, выдающиеся части довольно значительно стачиваются. Тонкие детали или части сложной формы могут быть даже сломаны. Во избежание этого недостатка, барабан должен вращаться с небольшой

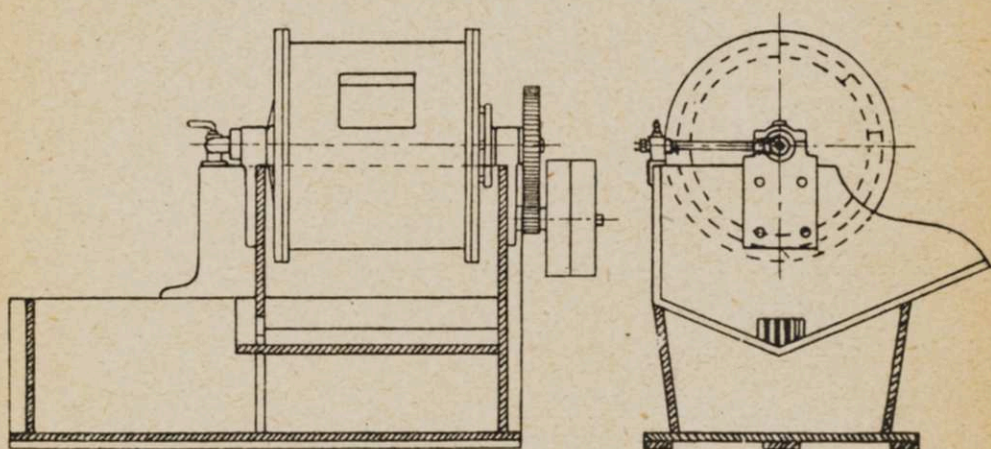


Фиг. 91. Барабан для очистки литья.

скоростью: 20—50 оборотов в минуту или меньше. Во избежание поломки изделий, в барабан рекомендуется помещать отливки более или менее одинаковой величины.

Для очистки мелких отливок из цветных металлов применяется «отмачивание». При этом способе изделия получают красивую осветленную поверхность. Очистительные барабаны вращаются в чане, наполненном водой. Нижняя часть барабана находится в воде, которая проникает в него из чана через небольшие отверстия в стенках барабана. Грязь собирается на дне чана и выпускается из него время от времени через один из устроенных для этой цели кранов.

Изображенный на фиг. 92 аппарат отличается от описанного тем, что вода попадает в барабан через одну из цапф (пустотелую). Вынутое из барабана мокрое изделие помещается на подставку с отверстиями.



Фиг. 92. Барабан для отмачивания литья.

Травление отливок.

Очистка отливок посредством травления, несмотря на свои очевидные преимущества, не получила широкого применения, вследствие неудобств, связанных с употреблением кислот.

Для травления чугунных отливок применяются кислоты—серная или плавиковая. Недостатком употребления серной кислоты является то, что она действует на чугун только в тех местах, которые обнажены. Части, покрытые песком, остаются почти нетронутыми. Кроме того, серная кислота способствует ржавлению чугуна. Особенно большие затруднения представляет обработка отливок серной кислотой, когда изделие должно быть покрыто другим металлом. В этом случае ржавчина образует прослойку между металлами, лишая изделие однородности.

Фтористо-водородная (плавиковая) кислота растворяет песок, но очень медленно окисляет чугун (фтористо-водородная кислота не может быть сохраняема в стеклянной посуде). Травление фтористо-водородной кислотой все же является более совершенным, так как оно мало зависит от толщины слоя песка. Наиболее употребительный раствор серной кислоты состоит из 1 части 66-процентной серной кислоты и 2-х частей воды.

Травление серной кислотой можно производить двумя способами: обрызгиванием изделия или погружением его в кислотную ванну. Первый способ применяется для больших отливок, а второй—для мелких. После обрызгивания изделие погружается в горячую воду для удаления кислоты, после чего снова промывается водой.

При пользовании кислотной ванной изделие должно находиться в ней от 3—15 часов, в зависимости от толщины слоя песка, после чего оно только обмывается горячей водой. Наиболее чистая поверхность получается в тех случаях, когда перед промывкой изделие успевает высохнуть.

В качестве сосудов для травильной ванны употребляются баки или деревянные корыта, обитые внутри свинцовыми листами, или чашки из глины.

Фтористо-водородная кислота употребляется в виде раствора 1 части 30-ти процентной кислоты и 10—15 или 20 частей воды. Более слабый раствор кислоты требует более продолжительного травления, но дает лучшие результаты. После травления, продолжающегося $1\frac{1}{2}$ —1 час, изделие промывается водой.

Травильные баки для плавиковой кислоты делаются дубовыми и обмазываются внутри асфальтом. Если является необходимость применения травильных корзин, то они должны быть сделаны из эбонита или дерева без всякой металлической обивки. Когда имеется небольшое количество предметов, они могут быть повешены на медной проволоке. Про-

должительность травления может быть сокращена при помощи нагревания ванны до 65° С.

В отношении травления, независимо от того, происходит ли оно в серно-кислотной или фтористо-водородной ванне, могут быть приведены следующие руководящие указания.

Весь приставший песок перед травлением должен быть очищен щетками. Если требуется уменьшить действие кислоты на металл, то после промывки изделия горячей водой его погружают в горячую известковую воду, состоящую из раствора 2,5 кг извести в 170 литрах воды.

При травлении удобнее всего пользоваться тремя баками, из которых один служит травильной ванной, другой—содержит чистую воду, а третий—раствор извести. Для подогревания бак снабжен паровым обогревом.

Окончательную просушку изделия лучше всего производить в опилках.

При приготовлении травильного раствора кислота осторожно вводится в перемешиваемую воду. Как правило, вода не должна добавляться в кислоту, так как в этом случае всегда происходит бурная реакция с большим выделением тепла, которое энергично обращает воду в пар. Происходит выплескивание кислоты и обслуживающие рабочие могут получить серьезные ожоги.

Фтористо-водородная кислота также вызывает ожоги. В случае повреждения, обожженное место необходимо смочить раствором извести или аммония. При травлении необходимо всегда иметь резиновые перчатки.

Травление имеет то преимущество, что зерна песка, попадающие в мельчайшие неровности в изделии, могут быть удалены. После травления изделие приобретает матовый оттенок.

Пескодувные устройства.

Различные типы и системы пескодувных устройств.

Аппараты для очистки отливок посредством обдувки песком могут быть различного рода. В отношении конструкции и назначения их можно разделить на 4 главных типа:

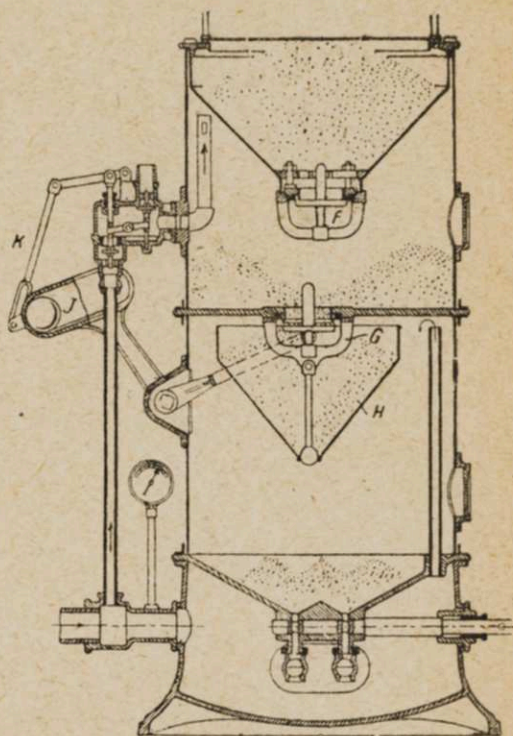
1. Пескодувки для крупных отливок.
2. Пескодувки с вращающимся столом для средней величины отливок.
3. Пескодувки с вращающимся барабаном для небольших предметов.
4. Пескодувки со столом, совершающим поступательно-возвратное движение—для длинных предметов, труб, колонн, радиаторов и т. п.

Распыление песка производится сжатым воздухом давлением от 0,4—7 атмосфер. Дутье подается обычно компрессором, реже — воздуходувкой или вентилятором высокого давления. Высокое давление применяется преимущественно при продувке изделия, которое должно покрываться другим металлом или подвергаться эмалировке. Сравнительно высокое давление требуется также при удалении шишек.

Действие пескоструйных аппаратов состоит в том, что песок при помощи воздуха (или реже—пара) выбрасывается на предмет, подлежащий обработке. Существуют различные системы подачи песка. Из них можно выделить 4 главных типа: система давления, компоунд, всасывания и действия силы тяжести.

В аппаратах, работающих под давлением, песок смешивается сжатым воздухом в особом резервуаре и подается на изделие через шлангу с соплом. В резервуаре песок всегда находится под давлением воздуха. При загрузке в резервуар новой порции песка пескодувку приходится останавливать, если не имеется специальных приспособлений. Резервуары для

песка обычных пескоструйных аппаратов состоят из двух камер. Простейшую конструкцию резервуара представляет бак из листового железа, разделенный на две части. Обе камеры могут находиться под давлением воздуха. Посредством крана в подводной трубке верхняя камера может выключаться. Когда нижняя камера опорожняется, поворачивается кран, давление воздуха в верхней камере падает, клапан *F* (фиг. 93) открывается под действием тяжести лежащего на нем песка, и песок поступает сначала в камеру. Как только последняя заполнится песком, снова поворачивают кран и пускают воздух, давление которого закрывает клапан и открывает подобный же клапан, соединяющий верхнюю и нижнюю камеры. Песок поступает в нижнюю камеру и подается в шлангу.



Фиг. 93. Пескодувка, устроенная по принципу давления.

Изображенный на фиг. 93 аппарат имеет устройство для автоматического закрывания и открывания крана в воздухоподводящей трубке. Это приспособление состоит из рычага с противовесом *I* и воронки *H*. Когда воронка заполнится песком, она опускается и открывает при помощи тяги *K* впускной воздушный кран. К клапану прикреплен стержень, нижняя часть которого заканчивается шариком, прикрываю-

щим отверстие в дне воронки. Как только воронка падает, песок просыпается в камеру, а воронка снова поднимается противовесом.

Количество песка, выбрасываемого из шланги, зависит от давления воздуха и диаметра сопла. Количество песка регулируется краном, подводящим дутье в нижнюю камеру. Внутренний диаметр сопла увеличивается по мере его изнашивания, поэтому давление воздуха несколько уменьшается.

В аппаратах системы компоунд воздух подается двойным путем. Часть воздуха имеет невысокое давление и служит для подачи песка к соплу, к которому включается главная струя воздуха, распыливающая песок с силой, требуемой для очистки изделия. Преимущество системы компоунд состоит в том, что подводящие песок и воздух устройства изнашиваются при этом меньше, нежели при обычной системе давления. Однако, аппараты компоунд менее экономичны, чем аппараты обычной системы давления. Система прямого давления имеет еще и то преимущество, что шланги могут протягиваться до 80 м от аппарата, в то время, как при системе компоунд это весьма затруднительно.

Пескоструйные аппараты с присасыванием песка являются наиболее старой системой. В этих аппаратах сжатый воздух подается через приспособление, похожее на инжектор, которое производит всасывание песка под влиянием получающегося разрежения. Эта система применяется теперь реже.

В машинах с подачей песка под действием собственного веса песок падает в шланги под действием собственного веса, а затем подхватывается струей сжатого воздуха.

Очистка пескодувными аппаратами имеет большие преимущества. Очищенное таким способом изделие приобретает чистую, осветленную поверхность. Очистке легко могут подвергаться изделия самой различной и сложной формы. Кроме того, острые и выдающиеся части отливки не стачиваются

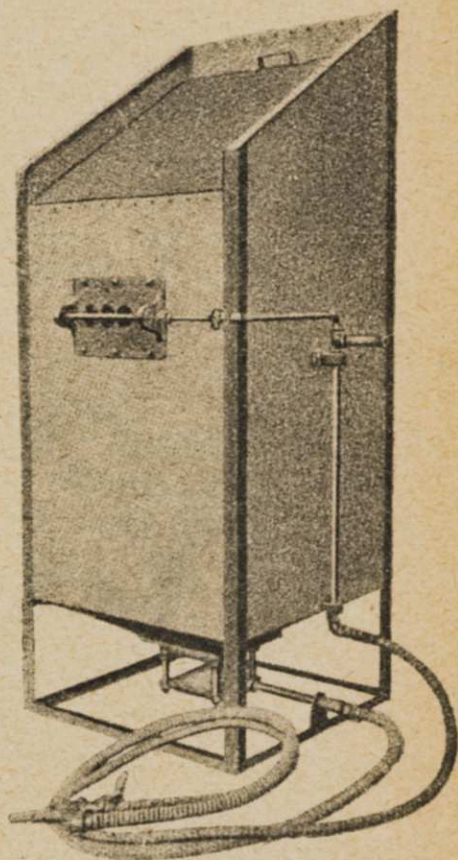
при обработке. Широкому распространению пескодувных аппаратов способствует возможность удаления литейной пленки (корки), что имеет очень большое значение для предметов, подвергающихся дальнейшей обработке. Литейная пленка иногда бывает очень твердой, в особенности в изделиях, отлитых всырую. К литейной пленке часто привариваются частицы песка, что чрезвычайно затрудняет и усложняет дальнейшую обработку. Снятие пленки другими способами продолжается значительно дольше и труднее, нежели при очистке изделия в пескодувных аппаратах.

В тех случаях, когда изделие должно покрываться другими металлами, очистка изделия в пескодувных устройствах особенно желательна.

Аппараты с свободной струей.

Отличительной особенностью этих простейших пескодувных аппаратов является то, что очистка изделия производится при помощи гибкого шланга с соплом, который может направляться на очищаемый предмет, подобно пожарному рукаву.

Фиг. 94 представляет простейший пескодувный аппарат со свободной струей, работающей системой всасывания.



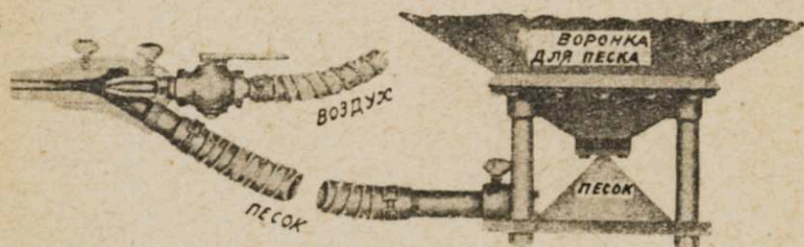
Фиг. 94. Пескодувка с свободной струей.

Аппарат особенно удобен для очистки алюминиевых, бронзовых, латунных и других цветных, а также чугунных отливок, к которым песок мало приваривается. Для очистки применяется сухой песок или гравий, подобно применяемому в строительном деле. Песок просеивается через сито, помещающееся в верхней части резервуара для отделения крупных частиц и примесей. Годный для употребления песок падает затем через отверстие в дне резервуара и всасывается через шланг, к мундштуку сопла. Фиг. 94 показывает выходное отверстие в днище вместилища и всасывающее приспособление, устроенное наподобие инжектора.

Аппараты со свободной струей могут применяться и для очистки небольших отливок. В этом случае очистка производится в специальном небольшом шкафу с отверстиями для введения шланга и подлежащих очистке изделий. Для наблюдения за ходом очистки имеется глазок. Во время работы руки рабочих должны быть защищены резиновыми перчатками. Встречаются также подобные пескоструйные аппараты с неподвижным соплом, укрепленным в самом шкафу.

Аппараты с вращающимся столом.

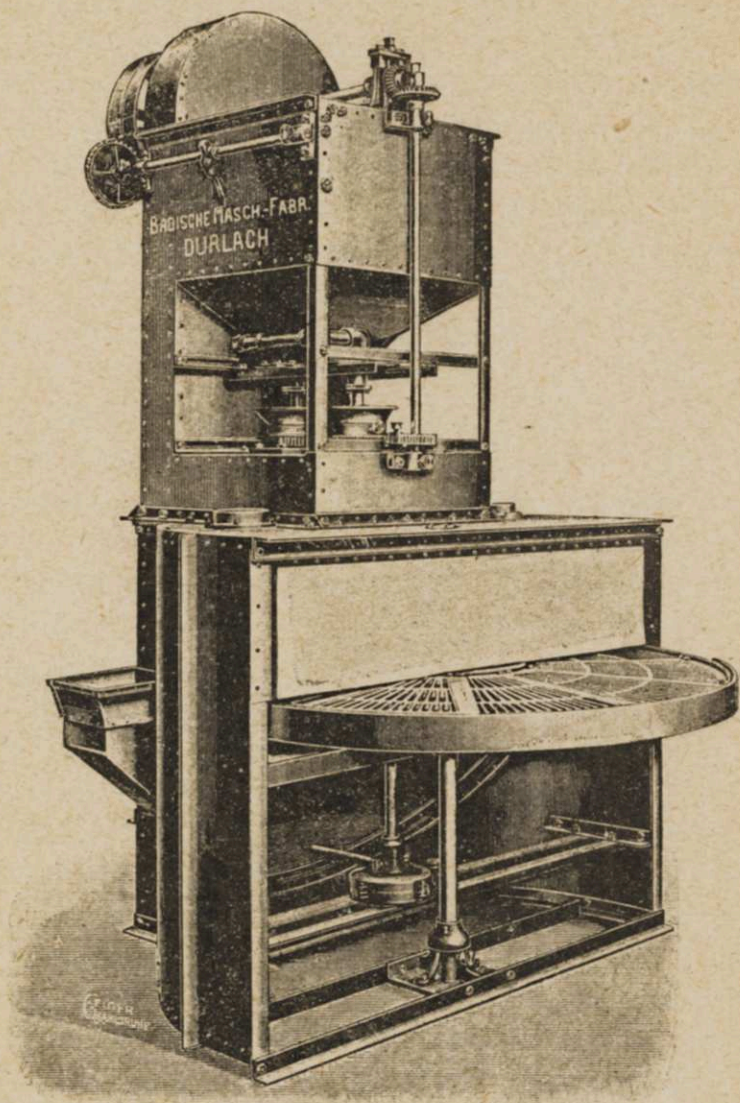
Наиболее употребительными аппаратами для очистки отливок являются пескоструйки с вращающимся столом. В этих



Фиг. 95. Детали всасывающего устройства.

аппаратах можно выключать сопла над столом и присоединять обычный шланг для обдувки свободной струей.

Фиг. 95 и 96 изображают подобные аппараты. Вращающийся стол имеет прорезы, через которые удаляется использованный



Фиг. 96. Пескодувка с вращающимся столом.

песок, поднимаемый при помощи элеватора снова в резервуар. Возникающая при работе пыль высасывается эксгаустером. Под столом помещается неподвижное сито для отделения больших

предметов, напр., формовочных гвоздей и т. п. Над пескодульными мундштуками расположено встряхивающееся сито, в которое попадает использованный песок, поднимаемый элеватором.

Предназначенное для очистки изделие помещается на вращающийся стол, который разделен на две части резиновой занавеской. Одна половина стола находится под действием струи песка. Резиновая завеса препятствует проникновению возникающей пыли в мастерскую. Стол медленно вращается, и когда обдутье детали выходит из-под занавески, их легко можно снять и заменить новыми, не останавливая стола. Мундштуков может быть один, два или три, в зависимости от величины стола.

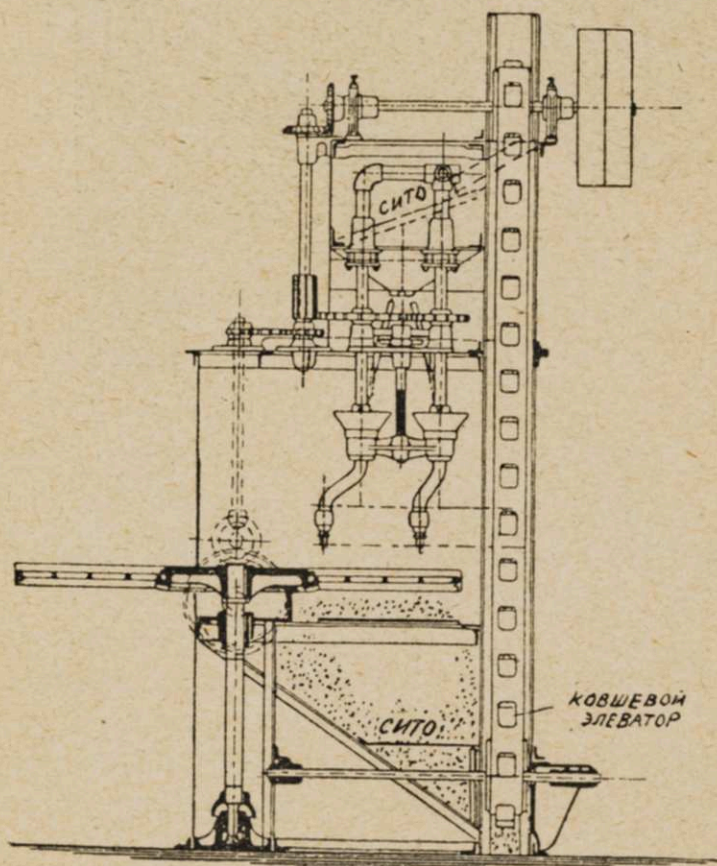
Сопла устраиваются неподвижными, скользящими и вращающимися. Аппараты с вращающимися мундштуками можно считать наилучшими, так как при этом все точки стола могут подвергаться обдувке.

При вращении стола детали, лежащие у периферии, двигаются быстрее, нежели изделия, помещенные ближе к центру, поэтому, при равномерном распределении песка по всей поверхности стола, изделия, расположенные ближе к периферии, будут хуже очищены, нежели детали, менее удаленные от центра. Этот недостаток устраняется различным путем, напр., увеличением давления в соплах, обслуживающих часть стола, удаленную от центра. При вращающихся мундштуках струя перемещается более быстро у центра стола и более медленно у периферии, соответственно различным скоростям вращающихся частей стола. Благодаря такому устройству получается более равномерная обдувка. Если аппараты устроены по принципу давления, то песок подается сначала в резервуар давления.

Аппараты с вращающимся барабаном.

Эти аппараты состоят из очистительного барабана, наполненного изделиями до половины своего объема. На изде-

лие направляется одна или несколько струй песка, в то время, как барабан медленно вращается. Существует несколько конструкций этих аппаратов. Описываемый ниже довольно значительно отличается от наиболее часто встречающихся типов. Последние строятся, подобно вышеописан-

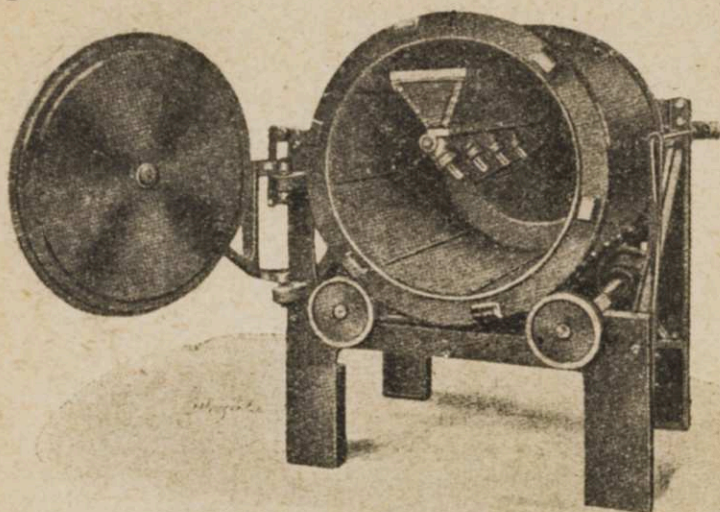


Фиг. 97. Пескодудка с вращающимся столом.

ным аппаратам, с той лишь разницей, что вместо стола у них барабан, и сопло имеет поступательно-возвратное движение по направлению оси барабана.

Аппарат, изображенный на фиг. 98, представляет собою барабан, состоящий из наружного и внутреннего кожуха. В пространстве между наружным и внутренним кожухами устроено

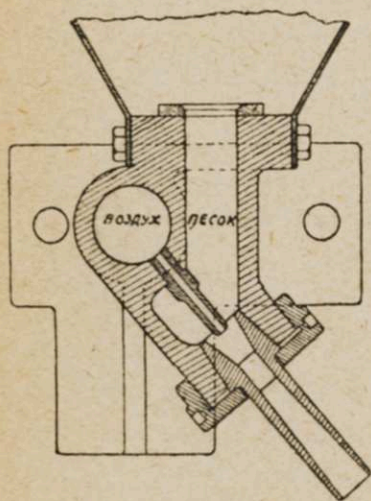
несколько перегородок, прикрепленных к наружному кожуху, которые захватывают использованный песок и при дальнейшем



Фиг. 98. Пескодувный вращающийся барабан.

вращении барабана подвигают песок наверх, откуда он падает вниз в песочную воронку. Песок используется таким образом многократно. Образующаяся пыль высасывается эксгаустером.

Крышка барабана неподвижно прикреплена к станине. Песочная воронка с соплами расположена по оси барабана. Мундштуки расположены на расстоянии 150—200 мм от изделия.



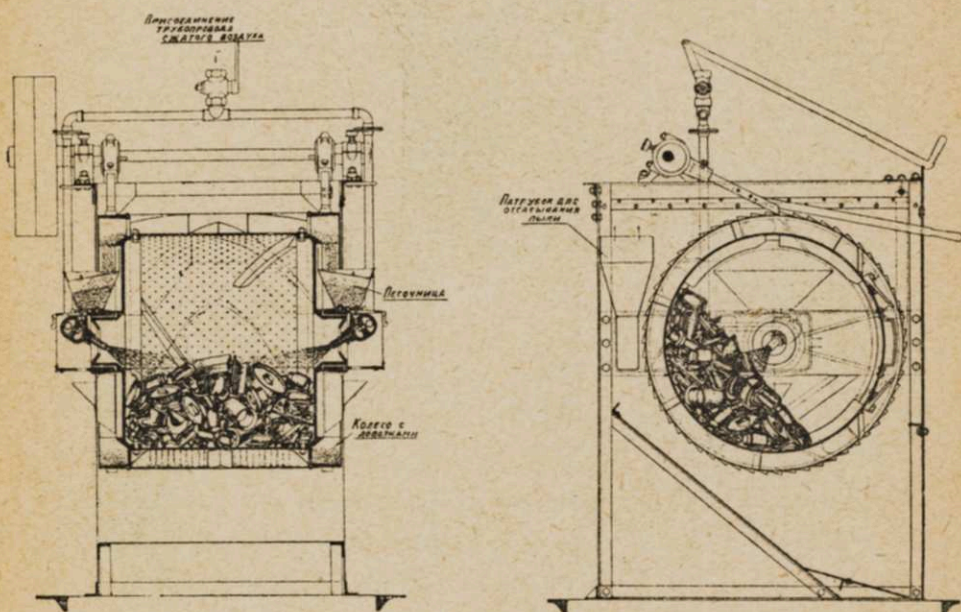
Фиг. 99. Детали воронки и сопла.

Песочная воронка имеет сито для отделения грубых частиц, формовочных гвоздей и т. п. Песок и изделия загружаются и вынимаются через днище барабана, устроенное в виде дверцы. Скорость вращения барабана равна 5-ти оборотам в минуту.

Фиг. 99 представляет устройство сопла в песочной воронке. Как видно из рисунка, подача песка в этом аппарате происходит под действием силы тяжести.

Для очистки можно пользоваться обычным песком, но значительно лучшие результаты дают размолотые стальные опилки.

На фиг. 100 приведена другая конструкция аппарата с вращающимся барабаном.



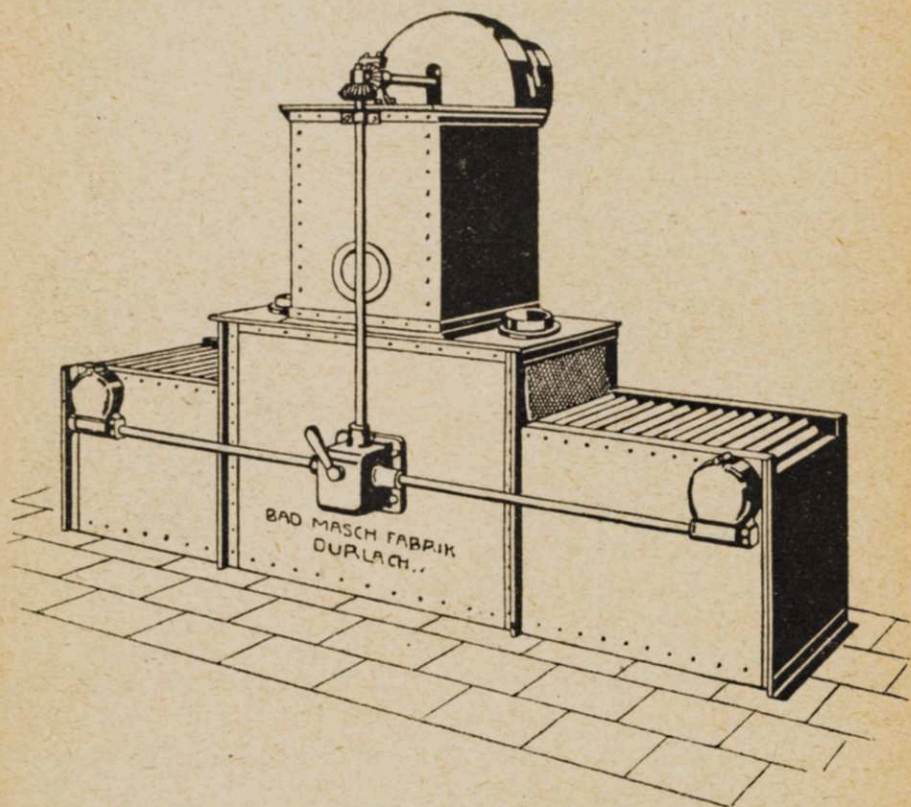
Фиг. 100. Пескодувный аппарат с вращающимся барабаном.

Аппараты со столом, совершающим поступательно-возвратное движение.

Фиг. 101 изображает аппарат, специально предназначенный для очистки длинных предметов.

Изделия укладываются на один или два длинных стола, состоящих из вращающейся бесконечной цепи, составленной из железных стержней. Изделие укладывается на стол с одной стороны аппарата. Очистка происходит при помощи

четырёх струй песка, две из которых продувают снизу и две — сверху. Одного прохода через аппарат оказывается обычно достаточно для полной очистки изделия. Если же изделие недостаточно очищено, то можно пустить столы в обрат-



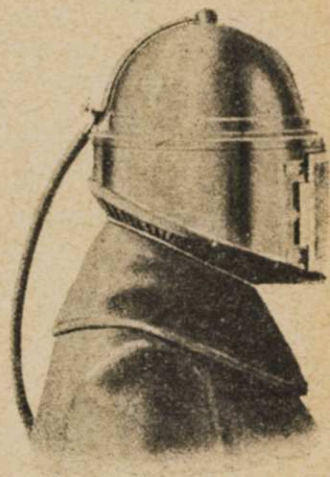
Фиг. 101. Пескодувный аппарат с поступательно-возвратным движением.

ном направлении и повторить продувку еще раз. Машину обслуживают два человека, по одному с каждой стороны. Эти машины делаются также со столом, движущимся в поступательно-возвратном направлении. Стол поκειται на кагках, которые, двигаясь в обратном направлении, приводят стол в поступательно-возвратное движение.

Устройство для удаления пыли в пескодувных аппаратах.

Работа аппаратов со свободной струей сопровождается большим образованием пыли, поэтому, в целях охраны рабочих от вредного действия пыли, работу нужно производить на открытом воздухе. Необходимо также следить за тем, чтобы рабочие имели защитные маски, закрывающие лицо (фиг. 102).

Для удаления пыли существуют различные приспособления. Обычно устраивается камера из листового железа, в которой и производится обдувка. В камере на одной высоте с полом устраивается круглый верстак, на который помещаются обдуваемые изделия. Рабочие во время работы находятся в камере. Пыль высасывается при помощи сильного вентилятора. Верстак устроен в виде решетки, чтобы песок падал вниз в яму, из которой может быть поднят, напр., при помощи элеватора, обратно в резервуар для песка.



Фиг. 102. Защитная маска.

При другом устройстве рабочие могут находиться перед камерой, во время работы наблюдая за струей песка через оксшечко в стенке камеры. Камера делается переносной и посредством подъемного крана может быть поставлена, где потребуется обдувка.

Если работа происходит в обычном помещении, то необходимо устраивать такую сильную вентиляцию, чтобы количество воздуха, равное объему помещения, могло быть высасываемо в одну минуту.

При работе остальных описанных выше аппаратов в мастерской пыли не образуется. Пыль уносится непосред-

ственно эксгаустером, при чем для энергичного высасывания пыли необходимы мощные эксгаустеры. Эти эксгаустеры могут захватить с собой также крупные годные зерна песка, во избежание чего устраиваются перед выходным отверстием решетки, перегородки и т. д.

Если не хотят пыль отводить наружу, то пользуются фильтрующим аппаратом, в котором насыщенный пылью воздух проходит через фильтр, задерживающий пыль. Такие фильтрующие аппараты снабжены автоматическим механизмом, который время от времени стряхивает пыль, падающую при этом вниз в особое вместилище, откуда она может быть, по мере надобности, удалена.

Более дешевым способом удаления пыли является выпускание ее из эксгаустера в бассейн с водой. Для полной уверенности в том, что никакие крупные зерна песка не попали в эксгаустер, на трубопроводе устанавливается сепаратор.

Эти устройства являются необходимыми только в тех случаях, когда нельзя пыль выпускать наружу. В обрубных мастерских пыль всегда образуется в большом количестве, так как не только истираемые части песка обращаются в пыль, но и на литом изделии всегда имеются мельчайшие частицы формовочных материалов, угля и т. п.

ЛИТЕРАТУРА

к томам II и III.

См. также список литературы в конце Тома I, стр. 243—250.

Общие сочинения по технологии металлов и литейному делу.

- В. А. Аронович.* Как избежать брака в литейных серого чугуна.
А. Виноградов. Чугун, как литейный материал ('23).
А. П. Гавриленко. Механическая технология металлов. Часть II. Литейное дело. Формовка и отливка. Очистка литья (4-ое изд., '24—'26).
М. Евангулов. Технология металлов. Литейное дело ('24).
М. Евангулов. Работа литейщика ('25).
Заметки о сталистом чугуне ('25).
К. Ирресбергер. Литейное дело (Плавка в вагранках) ('25).
Э. Керк. Вагранка ('01).
В. С. Кнаббе. Чугуно-литейное дело. Том I (1900).
В. С. Кнаббе. Литейное дело ('01).
П. А. Косовский. Рабочий справочник по чугуно-литейному и модельному делу ('26).
Лозе. Механизация литейного дела ('26).
А. Людике. Механическая технология. Часть I. Придание формы, основанное на отливкости и пластичности ('23).
И. А. Одинг. Чугун, как литейный материал ('27).
В. Постриганев. Производство чугуна ('26).
Е. Прегер. Обработка металлов. Часть I. Металлы и сплавы. Литейное дело ('27).
Е. Прегер. Формовка и литье. Вып. I: Формовые материалы и ручная формовка по моделям. Вып. II: Машинная шаблонная формовка и изготовление шишек. Вып. III: Плавильные печи, вспомогательные приборы литейной ('21—'27).
М. Пузанов и О. Каценбогин. Практика чугуно-литейного дела (Уход за вагранкой и составление шихт) ('21).
Г. Троицкий. Шихтовка, плавка и уход за вагранкой ('25).
Р. Штейн. Литейное дело ('13).
В. Язвickий. Чугун, железо, сталь ('25).
E. Brütisch. Selbstkostenberechnung in der Giesserei ('26).
Deutsches Giesserei-Taschenbuch (Изд. R. Oldenbourg).
Dworzak-Korsinsky. Lehr- und Hilfsbuch der Eisenstahlgiesserei ('27).
Max Escher. Das Formen und Giessen von Metallen ('26).
A. Förster. Eisen- und Stahlgiesserei.
Giesserei-Handbuch herausgegeben vom Verein Deutscher Eisengießereien (2-ое изд., '26).
H. Hermanns. Taschenbuch für Hütten- und Giessereileute ('27).
F. W. Hesse. Die Formerei (2-ое изд., '25).
C. Irresberger. Kuppelofenbetrieb (2-ое изд., '23; есть русский перевод—см. выше).

- C. Irresberger.* Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Band II. ('27).
A. Kaiser. Formmaschinen ('29).
Klingenstein. Gusseisen-Taschenbuch ('26).
F. Kögler. Taschenbuch für Berg- und Hüttenleute ('24).
E. Kothny. Gesunder Guss. Eine Anleitung für Konstrukteure und Giesser, Fehlguss zu verhindern.
U. Lohse. Amerikas Giessereiwesen (есть русский перевод—см. выше).
A. Messerschmitt. Die Technik in der Eisengiesserei und praktische Wissenschaft (4-oe изд., '09).
Meyer. Das Gießen und die Giessereieinrichtungen.
G. Meyersberg. Perlitguss ('27).
Paul Oberhoffer. Das technische Eisen. Konstruktion und Eigenschaften ('25).
B. Osann. Lehrbuch der Eisen- und Stahlgießerei (5-oe изд., '22).
F. Pinoff. Gattierungs-Vorschriften. Ein Taschenbuch für den Gebrauch in Eisengiessereien ('26).
E. Preger. Metallbearbeitung. Teil I: Die Werkstoffe. Formerei und Giesserei (русский перевод—см. выше).
R. Saladin und K. Laudien. Wie konstruiere ich ein Gussstück? ('25).
R. Schmidt. Der Poterieguss und seine formmaschinenmässige Herstellung ('13).
E. Schott. Die Metallgiesserei ('20).
Erhard Stahl. Metallgiesserei. Hilfsmittel, Arbeitsverfahren, Erzeugnisse und Kalkulationsregeln (2-oe изд., '26).
G. H. Stier. Verhütten und Gießen.
B. Weber. Fabrikation des Hartgusses ('13).
T. G. Bamford and Harris Harold. The Metallurgist's Manual.
Simpson Bolland. The Iron Founder.
H. M. Boylston. An Introduction to the Metallurgy of Iron and Steel.
Joseph G. Horner. The Modern Ironfoundry ('23).
W. J. Keep. Cast Iron ('06).
R. Moldenke. The Principles of Iron Founding ('14).
R. H. Palmer. Foundry-Practice. A Text-Book for Molders, Students and Apprentices (2-oe изд.).
David W. Payne. The Founder's Manual ('20).
W. A. Richards. A Text-Book of Elementary Foundry Practice.
William Roxburgh. General Foundry Practice.
R. Church Seymour. Analyses of Pig-Iron (1900 и '02).
J. M. Tate and O. Stone. Foundry Practice (3-е изд.).
R. E. Wendt. Foundry Work ('23).
Th. D. West. American Foundry Practice (нем. пер. Schott'a, '10).
Th. D. West. Moulder's Text-Book.
Th. D. West. Metallurgy of Cast Iron ('07).
T. Levoz. Quelques vérités sur la mise en pratique des petits convertisseurs Bessemer ('05).
G. Derouet. Fascicules technologiques du mouleur-fondeur (Fasc. 1—7).
J. Rouelle. La fonte. Elaboration et travail ('21).
A. Massenz. Il fonditore di tutti i metalli (6-oe изд., '26).
L. Mugnani. Manuale pratico di fonderia in ghisa, ghisa malleabile, alluminio, silumin, duralluminio, bronzo, ottone, leghe speciali (2-oe изд., '28).

- J. Rodriguez Alonso.* Tratado de siderurgia ('23).
C. Serrano. Tecnología industrial. Tomo I. Moldería y forja (2-oe изд., с атласом, '25).
S. Malmberg. De viktigaste metallerna och deras legeringar ('25).
O. Bergman och P. Johansson. Metallernas framställning och egenskaper ('21).
Lennart Elfman. Metallernas framställning, egenskaper och användning (3-е изд., '23).
Gunnar Lindqvist. Gjutning (2-oe изд., '23).

Печи и огнеупорные материалы для них.

- А. П. Гавриленко.* Механическая технология металлов, ч. III.
М. Г. Окнов. Топливо и его сжигание.
В. Френкель. Краткий курс металлургии на физико-химической основе.
И. П. Залесский. Заводские топки и печи.
К. Блазер. Теплота в заводском деле.
А. С. Ломшаков. Испытание паровых котлов.
Г. З. Нессельштраус. Пирометры в заводском деле.
L. Babu. Traité théorique et pratique de métallurgie générale.
Le Chatelier. H. Leçons sur le Carbon.
Emilio Damour. Industrial Furnaces (пер. с франц.).
F. T. Havard. Refractories and Furnaces. Properties, Reparation and Application of Materials Used in the Construction and Operation of Furnaces.
A. Humboldt Sexton. Fuel and Refractory Materials ('21).
W. Trinks. Industrial Furnaces (2 тома, '25 и '26).

Модельное дело.

- В. Акимов.* Технология дерева со столярным, токарным, плотничным и модельным производствами ('26).
Р. Левер. Модельное дело ('27).
Г. Ж. Мак-Каслин. Модельное дело ('28).
Н. Одинг. Модельное дело ('27).
Fr. und Fe. Brobeck. Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei ('28—'29).
Häntzschel-Clairmont. Die Praxis der Modelltischlerei (2-oe изд.).
R. Löwer. Modelltischlerei. Teil 1. Allgemeines. Einfachere Modelle. Teil 2. Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen, (русс. пер. см. выше).
Herbert J. Mc Caslin. Wood Pattern-Making (русс. пер. см. выше).
Edward M. Mc Cracken and Chas. H. Sampson. Pattern-Making.
G. H. Resides and H. Diemer. Wood Turning. Uses of Wood-Working Machines and Pattern-Making ('11—'12).
Fr. W. Turner and D. G. Town. Pattern-Making.
R. F. Yates. Model Making including Workshop Practice, Design and Construction of Models (2-oe изд., '27).
Valentin Goffi. Manual del modelista mecanico, del carpintero y del ebanista (2-oe изд.).

Формовочные материалы и их подготовка.

- H. Fischer.* Mischen, Rühren, Kneten ('23).
H. Fischer. Technologie des Scheidens, Mischens und Zerkleinerns ('20).
C. Irresberger. Die Formstoffe der Eisen- und Stahlgiesserei. Ihr Wesen, ihre Prüfung und Aufbereitung ('20).
J. Vilalta y Ubach. Tratado de arenas y tierras para la fundición ('10).

Ковкий чугун.

- Г. Н. Воронин.* Ковкий чугун ('26).
А. Мамлеев. Производство изделий из ковкого чугуна ('24).
Erdmann Kothny. Stahl- und Temperguss. Ihre Herstellung, Zusammensetzung, Eigenschaften und Verwendung ('26).
Engelbert Leber. Die Herstellung des Tempergusses und die Theorie des Glühfrischens ('19).
R. Moldenke. The Production of Malleable Castings ('11).
S. J. Parsons. Malleable Cast Iron (2-ое изд.).
H. A. Schwartz. American Malleable Cast Iron ('22).

Литье под давлением.

- А. Ульман.* Отливка металлов под давлением (перевод избранных глав) ('27).
Б. А. Юнгмайстер. Массовое литье под давлением. I. Машинны. II. Формы. III. Сплавы ('27).
A. Uhlmann. Der Spritzguss (2-ое изд., '25; русск. пер.—см. выше).

Производство отливок из цветных металлов и сплавов.

- Ф. Вюст.* Медно-литейное дело ('03).
Joseph G. Horner. Brassfounding. A Practical Treatise.

Очистка литья.

- R. Schmidt.* Die moderne Gussputzerei mit besonderer Berücksichtigung des Sandstrahlgebläses ('13).

Журналы

(помимо указанных в конце Тома I).

- Berg- und Hüttemannisches Jahrbuch (Wien).
 Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen in Sachsen (Freiburg).
 Kruppsche Monatshefte.
 Transactions of the American Foundry Association (Chicago).
 Bulletin of the Institution of Mining and Metallurgy (London).
 Journal of the Institute of Metals (London).
 Metal Industry and the Iron Foundry (London).
 Chemical and Metallurgical Engineering (New-York).
 Metal Industry (New-York).
 Mining and Metallurgy (New-York).
 Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineering (New-York).
 Age de Fer (Paris).
 La Métallurgie (Paris).
 Jernkontorets Annaler.

ОГЛАВЛЕНИЕ III ТОМА.

Производство чугунных отливок.

	Стр.
Материал для чугунных отливок	3
Составление шихты	13
Шихты для важнейших изделий	17
Отливки для деталей машин	18
Рыночное литье	20
Изложницы для стали	22
Отливка из отбеленного чугуна	23
Огнестойкие отливки	25
Кислотоупорные отливки	26
Смешение чугуна после расплавления	26
Расчет шихты	27
Вагранки	29
Конструкция вагранок	29
Плавка в вагранке	42
Размеры вагранок	49
Загрузочные устройства	54
Воздуходувные машины и приборы для измерения дутья	61
Отливка	73
Литейные ковши	76
Отливка чугуна в колонки	81
Пороки чугунного литья	85
Испытание чугунных отливок	89

Ковкий чугун, его свойства и производство.

Производство ковкого чугуна	94
Свойства ковкого чугуна	96
Формовочные материалы	99
Формовка	99
Основные материалы для производства ковкого чугуна	100
Плавка ковкого чугуна	106
Заливка форм	113
Отжиг (томление) ковкого чугуна	114
Испытание ковкого чугуна	120

Производство стальных отливок.

	Стр.
Введение	123
Формовочные материалы	124
Припылы для форм	125
Формовка	125
Плавка стали	126
Плавка в мартеновской печи	126
Малый бессемеровский процесс	129
Плавка стали в тиглях	140
Ожиг стального литья	142
Пороки стального литья и их причины	145
Заливка форм	151

Производство отливок из цветных металлов и сплавов.

Формовочные материалы	154
Припылы	154
Формовка	155
Материалы для стального литья	156
Плавильные печи	159
Тигельные печи для твердого топлива	160
Тигельные печи на жидком топливе	166
Электрические тигельные печи	170
Пламенные печи	171
Неподвижные пламенные печи	171
Наклоняющиеся пламенные печи	172
Тигли	174
Плавка цветных металлов и сплавов	174
Раскисление металла	177
Заливка форм	179

Литье под давлением.

Введение	181
Сплавы для литья под давлением	185
Машины для литья под давлением	192
Формы для литья под давлением	216
Общие замечания	230

Художественное литье	232
--------------------------------	-----

Очистка отливок.

Введение	234
Очистительные барабаны	237
Травление отливок	239
Пескодудные устройства	242

Литература	255
----------------------	-----



