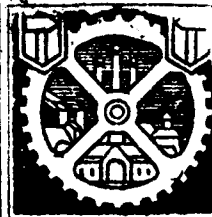




БИБЛИОТЕКА-ТЕХНИКА



ПРЕГЕР Э., инж.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Часть I и II



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва—1931

Библиотека Техника

ПРЕГЕР Э., инж.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Часть I

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. ЛИТЕЙНОЕ ДЕЛО

~~Часть II~~

КОВКА. СВАРКА. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Перевод с немецкого инж. Г. А. ЛАНСБЕРГА и В. М. АБРАМОВА

с 423 фигурами в тексте

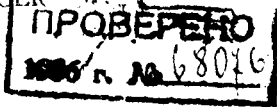
ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

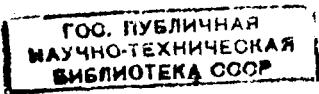
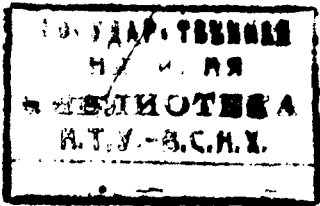
Москва — 1931

DIPL. ING. ERNST PREGER



WERKZEUGE UND WERKZEUGMASCHINEN

ПРОВЕРКА
КНИГОВОД



4477 ¹³/₆₀ 567
1031
H
4805
N1-2



Предисловие к русскому изданию.

Первая и вторая части книги Прегера «Обработка металлов» являются переводом книги этого автора: «Die Bearbeitung der Metalle in Maschinenfabriken durch Giessen, Schmieden, Schweißen, Harten und Tempern».

Особенностью этого труда Прегера, отличающей его от других книг подобного содержания, является большое число надписей к фигурам, которые в компактной форме заменяют детальное описание отдельных установок и станков. Благодаря тому, что число фигур очень велико, автору, при сравнительно небольшом объеме этой книги, удалось поместить в ней значительное количество описательного материала. То обстоятельство, что книга в Германии вышла за короткое время во многих изданиях, подтверждает целесообразность такого рода изложения.

Автор достаточно широко охватывает трактуемую область. Для примера можно указать на описание пирометров, обычно отсутствующее в других подобных курсах. Далее следует отметить подробное описание ковочных машин, а также указать на примеры относящихся сюда расчетов, чего совсем нельзя найти в других курсах.

Впрочем, нужно оговорить, что автор, как правило, вообще избегает расчетов и формул, ограничиваясь лишь самыми элементарными, что, конечно, делает книгу доступной более широкому кругу читателей не в ущерб, однако, ее ценности и для инженерно-технического персонала.

При переводе выпущены выдержки из обязательных постановлений, действующих в Германии, вместо которых в конце книги приложены действующие у нас правила о мерах безопасности в кузнечном, чугуно- и медно-литейном производствах, а также и правила устройства обслуживания и установки ацетиленовых аппаратов.

В. Абрамов.

ЧАСТЬ I.

Металловедение. Литейное дело.

А. Металлы и сплавы.

Общие сведения о железе.

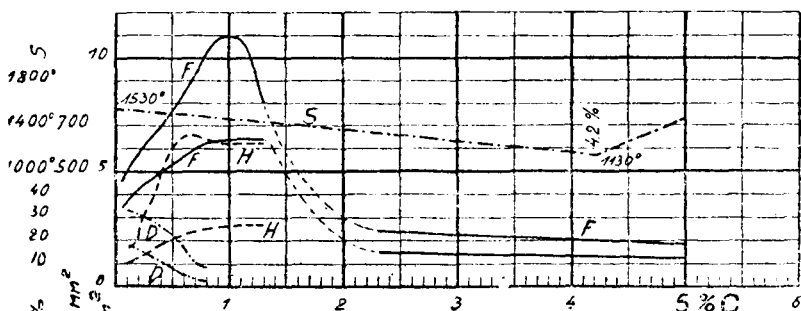
Без содержания углерода железо технического применения не имеет, — оно чересчур мягко и дорого по цене. Углерод связан химически с известной частью железа, образуя карбид железа (Fe_3C). Содержание углерода достигает максимальной величины тогда, когда вся масса металла состоит из Fe_3C ; содержание С может быть подсчитано, исходя из атомных весов для $\text{C} = 12$ и $\text{Fe} = 56$, следующим образом:

$$\begin{array}{l|l} \text{C} : \text{Fe}_3\text{C} & 12 : 180 \\ 12 : (3 \cdot 56 + 12) & 1 : 15 \\ 12 : (168 + 12) & 6,67 : 100 \end{array}$$

Таким образом, максимально возможное содержание углерода ограничено цифрой 6,67%. Дальнейшее увеличение С возможно лишь путем прибавления марганца (Mn).

Влияние углерода на свойства металла — железа, стали и чугуна — сказывается следующим образом:

1. В известных пределах он увеличивает прочность металла на разрыв. Максимальное сопротивление металла на разрыв соответствует содержанию С около 1%. При дальнейшем возрастании С прочность на разрыв вновь сильно понижается (фиг. 1, кривые F).



Фиг. 1. Сопротивление разрыву, удлинение, твердость и температура плавления железа, стали и чугуна при различном содержании углерода. D — наибольшее и наименьшее удлинение в процентах; F — наибольшая и наименьшая крепость (сопротивление разрыву) в т/см^2 ; H — наибольшая и наименьшая твердость (определяется по способу Бринелля) в кг/мм^2 ; S — температура плавления по Цельсию.

2. Углерод способствует уменьшению удлинения. Уже при 1% содержания С удлинение настолько незначительно, что практически оно почти никакой роли уже не играет (фиг. 1, кривые D).

3. Благодаря углероду, повышается твердость металла. Наибольшего значения твердость достигает при 1—1,7% углерода, затем она вновь уменьшается, теряя свое практическое значение. По этой причине кривые на фиг. 1 вычерчены лишь до предела, соответствующего содержанию С около 1,3%.

4. Углерод понижает температуру плавления металла: последняя с 1530° для железа с наименьшим содержанием углерода падает до 1130° для чугуна с 4,2% углерода (фиг. 1, кривые S).

Те различные виды влияния углерода, о которых только-что говорилось, могут меняться в значительной степени и в зависимости от других примесей, также входящих в состав промышленных сортов железа, стали и чугуна, а именно: кремния, марганца, фосфора, серы, никеля, хрома, вольфрама, ванадия и молибдена; подробнее мы будем говорить о них ниже, при описании различных сортов железа в отдельности. Кроме того, весьма значительное влияние оказывает род обработки металла (отжиг, закалка, ковка в холодную или горячую и т. д.).

Ковкое железо, с содержанием С от 0,05 до 1,7%, хорошо куется, но плохо отливается.

Железо с содержанием С от 1,7 до 2,3% плохо куется, и вместе с тем обладает плохими литейными качествами: для технических целей такое железо не применяется.

Чугун — металл с содержанием С 2,3 — 5%. Он хорошо отливается, но свойством ковкости не обладает.

Чугун с содержанием углерода 5,0% и выше находит применение только на железоделательных заводах для различных металлургических целей.

Железо и сталь.

1. Сварочное железо содержит углерод от 0,05 до 0,10%; очень хорошо сваривается и куется, способностью закаливаться не обладает. Из указанных двух пределов содержания С низшему больше соответствует волокнистая структура железа, высшему — мелкозернистая. Сопротивление разрыву 3 300—4 000 кг/см²; удлинение лежит в пределах 15—33%, — оно, следовательно, довольно значительно. Сварочное железо получается путем плавки в puddling-овых печах, из складываемых в пакеты и свариваемых кусков листового железа и старого лома с последующей прокаткой. Сварочное железо содержит всегда шлак в виде продолговатых жил, вследствие чего оно оказывается мало пригодным для изготовления таких деталей машин, которые подвержены в работе трению, как, например, шатуны, цапфы и т. п. Зато сварочное железо представляет собою превосходный материал для таких частей, которые в процессе работы подвергаются большим деформациям, как, например, крюки для подъемных кранов, цепи, топочные части для паровых котлов, заклепки и болты, — вообще, для таких изделий, наружная поверхность коих не должна удовлетворять каким-либо специальным техническим требованиям. В последнее время потребление сварочного железа пошло значительно на убыль, — оно вытесняется литым железом, которое обладает меньшей вязкостью и вместе с тем более однородно по составу и дешевле в производстве.

2. Литое железо содержит от 0,05 до 0,25% углерода. Оно обладает хорошей ковкостью, весьма незначительной способностью закаливаться; до предела, примерно, 18% С хорошо сваривается. Получается оно в жидком виде, как бессемеровское, томасовское или сименс-мартеновское железо, не содержит шлаков, зато имеет газовые пузырьки. Излом почти всегда зернистый. Литое железо при обработке дает всегда совершенно чистую поверхность и может поэтому применяться также для изготовления трущихся частей машин. Его сопротивление разрыву колеблется между 3 400 и 4 400 кг/см², удлинение — между 10 и 30%; можно, следовательно, изготовить и литое железо весьма вязким и тягучим. Этот сорт железа больше всех других употребляется для всевозможных поковок. Следует особо упомянуть о мягком железе завода Круппа, с содержанием С 0,06%, сопротивлением разрыву 3 300 кг/см² и удлинением 36%; железо это идет для изготовления таких частей, которые в отношении вязкости должны удовлетворять особо высоким требованиям.

3. Сталь (бессемеровская, томасовская или сименс-мартеновская) представляет собою высокосортную разновидность литого железа с содержанием С 0,25 — 0,7%. Она обладает хорошими свойствами ковкости, плохо сваривается; при меньшем содержании углерода плохо закаливается, при большем — хорошо. Сопротивление разрыву, смотря по содержанию С, лежит в пределах между 4 400 и 8 000 кг/см². Сталь, благодаря своей высокой крепости, применяется для таких частей машин и строительных конструкций, которые должны выдерживать большие напряжения. Для изготовления резов такая сталь употребляется в исключительных

случаях: вследствие относительной крупности зерна, а также наличия пустот и раковин, эта сталь вообще для изготовления режущих инструментов непригодна. Исключения составляют волочильные и т. п. инструменты, для изготовления коих она часто находит применение.

4. **Стальное литье** — готовые отлитые в формы предметы из литого железа или стали; по своим свойствам стальные отливки в общем сходны с литым железом и томасовской или бессемеровской сталью. Сопротивление разрыву стального литья несколько ниже, так как строение его менее плотно, чем строение прокатного или прокованного литого железа или стали. Стальное литье можно узнать по внешнему виду, — по сравнительно большому количеству пузырей на его поверхности. Пузыри эти происходят оттого, что сталь, благодаря высокой температуре плавления, не переходит в совершенно жидкое состояние и газовые пузырьки, о которых мы упоминали выше, не успевают быстро исчезать. Само собой понятно, что у первоклассных стальных отливок таких остающихся пузырей быть не должно.

5. **Инструментальная сталь** — тигельная сталь, электросталь, быстрорежущая сталь, сталь, сплавленная с другими металлами, — содержит 0,7—1,7% углерода. С помощью особого рафинирующего процесса металл освобождается от пузырей и пустот, а также и вредных примесей, как фосфор, сера и медь; в случае надобности, к металлу прибавляются вещества, повышающие его качества: марганец, вольфрам, хром и т. п. Названные сорта стали хорошо куется, плохо или вовсе не свариваются и отлично закалываются. Сопротивление разрыву колеблется в пределах 6 000 — 12 000 кг/см². Удлинение весьма незначительно, — оно не превышает, примерно, 5%. Инструментальная сталь отличается особенно мелким зерном и поэтому является незаменимым материалом для резов.

6. **Специальная сталь** получается из различных сортов железа с содержанием углерода 0,10 — 0,80%, прошедших через такой же очистительный процесс, как и инструментальная сталь. В большинстве случаев они содержат еще ценные примеси, придающие металлу вязкость или твердость, или и то и другое вместе. Наиболее важные из этих ценных примесей — никель и хром. Никель, прежде всего, сильно повышает крепость металла, делает его способным к сопротивлению ударным нагрузкам и увеличивает его сопротивление разрыву, хром же увеличивает, главным образом, твердость стали. Поэтому **никелевая сталь** отличается высокой крепостью и вязкостью; ее сопротивление разрыву составляет от 4 000 до 8 000 кг/см², удлинение лежит в пределах 16 — 30%. **Хромовая сталь**, при высоком содержании хрома (примерно, 12%), отличается особенно высокой твердостью, не ржавеет. **Хромоникелевая сталь** одновременно и тверда и вязка, обладает сопротивлением разрыву 6 000 до 16 000 кг/см², удлинение ее 10 — 22%. В крупном машиностроении эти специальные сорта стали в последнее время находят все большее применение, — из них делаются части, подверженные особенно сильному износу.

Почти все сорта прокатного железа в продольном направлении обладают значительно большей крепостью, чем в поперечном. Эта разница гораздо более заметна у железа с незначительным содержанием углерода, чем у железа и стали, более богатых углеродом. В этом отношении чрезвычайно показательны наличие волокон, более или менее четко видимых при изломе. При ковке жилаватого железа кузнец должен следить за тем, чтобы направление волокон (жил), по возможности совпадало с направлением обрабатываемого предмета. При ковке стали такое требование имеет гораздо меньшее значение, так как сталь обладает почти одинаковой крепостью во всех направлениях.

Чугун.

Большая или меньшая твердость чугуна зависит только от содержания в нем углерода. Когда чугун содержит много углерода, часть его при известных условиях выделяется в виде свободного графита. Этот последний на твердость чугуна никакого влияния не оказывает. Действие его проявляется в равномерном изменении структуры металла и понижении, в связи с этим, его крепости. Когда чугун находится в расплавленном состоянии, весь углерод в нем растворен; оставляя в стороне влияние остальных примесей, содержащихся в чугуне, можно сказать, что при его застывании, выделение углерода в виде графита тем больше, чем медленнее происходит охлаждение и чем больше общее содержание углерода в чугуне. Поэтому быстро остывающие чугунные отливки всегда тверже, чем медленно остывающие. На механические

свойства чугуна и характер содержащегося в нем углерода оказывают, кроме того, влияние также и следующие составные части его.

К р е м н и й, как вещество, родственное углероду, стремится занять место его и содействует выделению углерода в виде графита. Кроме того, он несколько понижает точку плавления чугуна и, подобно углероду, немного повышает его крепость.

М а р г а н е ц помогает химически связать углерод, — он, стало быть, препятствует выделению графита. Кроме того, он, благодаря своей собственной высокой температуре плавления, повышает точку плавления чугуна и его крепость, а также способствует значительному увеличению усадки при его остывании.

Ф о с ф о р способствует переходу чугуна в жидко-расплавленное состояние, — благодаря фосфору, получается возможность отливать самые тонкостенные предметы, например, ребристые батареи. В противовес этому, фосфор неблагоприятно влияет на прочность, — отливки, содержащие фосфор, оказываются более хрупкими.

С е р а делает расплавленный чугун густым, сильно понижая, таким образом, его литейные качества. По этой причине необходимо стремиться к уменьшению содержания серы в чугуне до минимально возможных пределов.

1. В белом чугуне весь углерод химически связан с железом, образуя карбид железа; графит почти совершенно отсутствует. Поэтому, содержание углерода в белом чугуне редко бывает больше 3,6%. Содержание фосфора допустимо в количестве не более 0,25%: белый чугун никогда не употребляется для тонкостенных отливок, — хрупкость чрезвычайно вредное свойство, которого следует всячески избегать. Белый чугун идет обычно на изготовление твердых изделий с жесткой корой, например: броневых плит, вагонных колес, вальцов, дробильных щек для камнедробилок и т. п. Температура плавления 1200°, излом лучистый.

2. Серый чугун содержит 2,3 — 3,2 — 5% углерода; из этого количества от 50 до 90% находится в свободном состоянии в виде графита. Чем больше выделено углерода, тем легче и удобнее впоследствии обрабатывать изделия из чугуна, тем больше, с другой стороны, раковин и пустот получается на поверхности отливок. Так как кремний способствует выделению углерода в виде графита, а марганец, наоборот, это выделение задерживает, то, в зависимости от желаемой мягкости чугуна, приходится выбирать соответствующее содержание этих обеих примесей: кремния от 0,3 до 2,2%, марганца от 0,3 до 0,8%. Тонкостенные предметы, вследствие быстрого остывания, не так легко выделяют свободный углерод; по этой причине содержание кремния в чугуне должно быть тем больше, чем тоньше должны быть стенки у отливаемых изделий. Регулируя, главным образом, содержание кремния, литейщик имеет возможность получать предметы различной твердости. Температура плавления серого чугуна составляет в среднем 1100°. Цвет его, в виду черного цвета выделяемого графита, серый, излом равномернo-зернистый. Серый чугун является наиболее употребительным литейным металлом; большая часть машинных и строительных деталей изготавливается именно из серого чугуна.

3. Ковкий чугун. Для того чтобы придать изделиям из чугуна ковкость, их, в целях обезуглероживания, подвергают продолжительному прокаливанию в особых ящиках, куда засыпаются окислы металлов (красная железная руда). Кислород окислителя образует с углеродом чугуна окись углерода, уходящую в виде газа. Углерод, химически связанный с железом, выгорает значительно легче, чем графит, поэтому материалом для получения ковкого чугуна должен служить белый чугун; этот последний, с самого же начала должен содержать сравнительно немного углерода (2,75 — 3,25%), а также возможно меньше марганца и кремния: первый затрудняет окисление углерода, кремний же вызывает образование графита, что также затрудняет окислительный процесс.

Медь.

Как в твердом, так и в жидком состоянии медь отличается особой тягучестью. Вследствие своей трудноплавкости, а также и способности поглощать в расплавленном состоянии газы, медь очень плохо отливается. Отливки из чистой меди легко вздуваются; незначительное прибавление свинца повышает литейные качества меди. Благодаря своей тягучести, медь отлично куется как в холодном, так и в горячем состоянии. Прокатанная медь обладает сопротивлением разрыву

от 2 000 до 4 000 кг/см² и очень большим удлинением — 40% и выше. Продолжительная проковка делает медь очень твердой и мало тягучей; прокаливание снова увеличивает ее мягкость. Наиболее чистая медь очищается электролитическим способом и носит поэтому название электролитической меди.

Олово.

В чистом виде олово очень редко применяется для изготовления частей машин, несмотря на то, что для некоторых деталей, как, например, вкладыши для подшипников, чистое олово иной раз могло бы служить прекрасным материалом. Приходится считаться с его высокой стоимостью. Это заставляет употреблять олово в сплаве с другими, более дешевыми металлами. Чистое олово чрезвычайно мягко, его крепость составляет, приблизительно, 350 кг/см²; прибавлением нескольких процентов сурьмы или меди можно в значительной степени увеличить его твердость. Точка плавления олова 232°, удельный вес $\gamma = 7,2$. Олово большей частью получается из полуострова Малакка и острова Банка в Нидерландской Индии.

Цинк.

Цинк также очень редко идет в чистом виде на приготовление машинных частей, зато сплавы его с медью, оловом и свинцом играют очень большую роль в машиностроении. Цинк довольно хрупок и это свойство свое передает также изготавливаемым из него сплавам. Плавится он при 419°, удельный вес $\gamma = 6,7$. По цене он значительно дешевле олова.

Свинец.

Чистый свинец чрезвычайно мягок и поэтому пригоден только для вкладышей и т. п. изделий. Сопротивление разрыву литого свинца составляет всего около 125 кг/см². Свинец еще дешевле цинка, поэтому им в очень широких размерах пользуются для разного рода сплавов. Точка плавления его довольно низкая, а именно 326°, удельный вес $\gamma = 11,3$. С примесью сурьмы или мышьяка свинец делается значительно тверже; в таком виде он становится пригодным также для различных частей машин, например, поршней для кислотных насосов. Такой металл носит название г а р т б л е я; содержание сурьмы в нем колеблется от 3 до 30%, сопротивление разрыву доходит до 500 кг/см².

Алюминий.

Обладая очень незначительным удельным весом ($\gamma = 2,7$), чистый алюминий с весьма небольшой примесью меди, повышающей его твердость, идет на изготовление таких частей, для которых обязательным условием является легкий вес, как, например, кожухи моторов для автомобилей, лодок и самолетов. Алюминий отливается, куется и сваривается, но очень плохо спаивается. К недостаткам его следует отнести: незначительную крепость, составляющую для литого алюминия лишь от 1 000 до 1 200 кг/см², для прокованного от 1 400 до 1 500 кг/см², при удлинении в 15%; далее, мягкость — свойство, делающее его непригодным для трущихся деталей машин, как, например, подшипники и направляющие части; наконец, высокую усадку, равную, приблизительно, 4%. Точка плавления 625°.

Металлы д у р - а л ю м и н и й, с малым содержанием меди, марганца и магния, отличается особой крепостью и вязкостью. Подобно стали, он приобретает более высокую крепость и твердость после прокаливания и быстрого охлаждения.

Сурьма, никель, хром, вольфрам, молибден.

Сурьма служит примесью для всевозможных сплавов, в целях повышения их твердости.

Никель в чистом виде употребляется лишь в исключительных случаях для изготовления таких частей, которые в работе подвергаются действию высоких температур (например, кольца для паровых золотников), или таких, которые не должны ржаветь. В большинстве случаев никель служит примесью для железных или медных сплавов.

Хром, вольфрам и молибден прибавляются к стали для увеличения ее твердости. Вольфрам и молибден имеют особо важное значение для производства быстрорежущей стали.

Бронза.

Бронза представляет собою сплав меди и олова или сплав обоих этих металлов, по преимуществу. Такая чистая бронза обладает большой крепостью, твердостью и вязкостью. Ее можно отливать, ковать и сваривать. У ковкой бронзы сопротивление разрыву лежит в пределах 3 000 до 10 000 кг/см², удлинение доходит до 50%; литая бронза имеет крепость 2 400 — 4 000 кг/см², удельный вес $\gamma = 7,4 - 8,9$, точка плавления, в среднем, 900°. Бронза находит в машиностроении самое разнообразное применение: благодаря высокой крепости, она идет на изготовление сильно изнашивающихся в работе деталей — зубчатых шестерен, червячных колес, лопаток для паровых турбин и т. п.; благодаря своей вязкости, она служит материалом для клапанных шпинделей, гребных винтов и т. п.; способностью бронзы сопротивляться различным химическим влияниям пользуются для изготовления из нее таких частей, которые подвержены разрушающему действию морской воды, кислот, щелочей и пр. Для очень многих машинных деталей, например, вкладышей для подшипников, чистая бронза чрезмерно тверда; для уменьшения ее твердости и понижения стоимости к ней прибавляют 2 — 3% цинка. Содержание олова в бронзе, с одной стороны, повышает ее литейные качества, зато, с другой стороны, делает ее более хрупкой. По этой причине содержание олова редко берут более 10%, выше 20% итти ни в коем случае не следует. От прибавления цинка бронза также делается более легкоплавкой, зато заметно уменьшаются ее крепость и вязкость. Незначительная хрупкость, приобретаемая от этого бронзой, часто бывает даже желательна: при обточке изделия на токарном станке гораздо удобнее, когда стружка отскакивает, вместо того, чтобы свертываться в виде спирали, что всегда имеет место у чистой вязкой бронзы. Для изготовления вкладышей можно довести содержание цинка до 15%.

В неочищенной бронзе, особенно такой, которая раньше подвергалась неоднократной переплавке из старого лома, содержится некоторое количество закиси меди. Последняя разлагается в присутствии олова на медь и кислород, при чем кислород этот с некоторой частью олова образует окись олова (оловянную кислоту). Эта окись олова, хотя и выделяется особо в расплавленной массе, но не всплывает вверх и не опускается на дно, так как удельный вес ее почти такой же, как и бронзы. При затвердевании оловянная кислота образует свои гнезда, очень вредно отражающиеся на крепости и вязкости бронзы. Прибавлением к расплавленной бронзе определенного, точно взвешенного количества фосфористой меди у олова отнимается кислород; образуется фосфат, всплывающий вверх в виде шлака, который легко снимается. Такая бронза, очищаемая с помощью фосфора, носит название ф о с ф о р и с т о й. Бронза может содержать, в крайнем случае, лишь следы фосфора, так как сколько-нибудь заметное содержание фосфора делает ее очень хрупкой, значительно ухудшая этим ее качество.

Таким же образом к р е м н и с т а я б р о н з а очищается с помощью кремния. М а р г а н ц е в и с т а я б р о н з а аналогичным путем очищается при помощи марганца, но в ней и после очистки остается значительное количество марганца, придающего бронзе особую твердость.

Металл Монеля.

Металл Монеля представляет собою сплав из 67% никеля, 28% меди, 5% марганца и железа, непосредственно добываемого из красного никелевого колчедана. Металл этот, благодаря своей крепости (5 800 — 7 300 кг/см²) и удлинению (40 — 12%), отличается особой сопротивляемостью химическим влияниям и высоким температурам. Это свойство делает его особенно пригодным для лопаток паровых турбин, где он мало или совершенно не подвергается разъеданию.

Алюминиевая бронза.

Алюминиевая бронза состоит из 85—95% меди и 5—15% алюминия. Плавится при температуре приблизительно в 900°. Обладает большой сопротивляемостью химическим влияниям, например, действию морской воды, что делает ее хорошо пригодным материалом для химической аппаратуры разного рода гребных винтов, клапанов для морской воды и т. д. Сопротивление

разрыву алюминиевой бронзы приблизительно такое же, как литейной бронзы, удельный вес $\gamma \cong 7,8$. Недостатком ее является большая усадка, составляющая около 4%, и, как результат этой усадки, стремление к образованию усадочных пустот.

Латунь (желтая медь) и томпак (красная медь).

Латунь и томпак состоят, главным образом, из красной меди и цинка, с незначительной прибавкой (2 — 5%) олова, в целях повышения твердости сплава. Томпак содержит 10 — 20% цинка, остальное — медь и, в очень незначительном количестве, олово. В латуни 20 — 45% цинка, остальное — медь. Часто, в целях дальнейшего удешевления сплавов, прибавляют еще несколько процентов свинца. В прокованном виде сплавы обладают сопротивлением около 2 000 кг/см²; удлинение 3 — 20%.

Металл «Дельта», металл «Дюрана», сталейбронза, бронза «Р ю б е л ь» и другие подобные им сплавы содержат, кроме меди, олова и цинка, еще: железа до 35%, никеля до 40% и несколько процентов алюминия. В прокованном состоянии их сопротивление разрыву доходит до 8 000 кг/см². Точка плавления — около 900°.

Латунь и томпак употребляются для таких машинных частей, которые не должны ржаветь, как, например, паровал и водяная арматура всякого рода. В расплавленном состоянии они очень жидки, дают чистые отливки без пузырей и отдулин и пригодны для изготовления разного рода тонкостенного литья.

Белый металл (баббит).

Белый металл представляет собою сплав из 45 — 90% олова, 2 — 12 (25%) сурьмы и 1 — 10% меди; часто берут для него и свинец в количестве до 85%. Таким образом, главная составная часть такого металла — олово или свинец. Сплав обладает достаточной мягкостью и особенно пригоден для вкладышей подшипников и других трущихся частей, сальниковых колец и т. п. Медь и сурьма уменьшают мягкость олова или свинца.

Аналогичные сплавы с теми или иными видоизменениями составных частей употребляются для массовых отливок разного рода — телефонных и кассовых аппаратов, счетчиков числа оборотов и др. Эти предметы отливаются в железных формах, выходят совершенно чистыми и не требуют никакой, даже самой незначительной, отделки; даже мелкие отверстия получаются после отливки с готовой нарезкой и совершенно не требуют прохождения метчиком.

Плавятся указанные сплавы, смотря по своему составу, при температуре от 300 до 500°; удельный вес, в среднем, $\gamma = 7,2$. Сопротивление разрыву доходит до 1 000 кг/см².

Легкие металлы.

«Легкими» называются металлы и сплавы, удельный вес которых ниже удельного веса алюминия. В большинстве случаев это сплавы из 77 — 98% алюминия и 23 — 2% магния. Так как удельный вес магния ($\gamma = 1,74$) меньше, чем алюминия, то и сплав получается меньшего удельного веса. Зато крепость легких металлов значительно выше крепости алюминия, — в литом состоянии сопротивление разрыву лежит в пределах 1 200 — 4 500 кг/см².

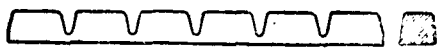
Приблизительно такого же состава металл «Э л е к т р о н», выпускаемый заводом Грисгейм-Электрон во Франкфурте на Майне. Он отливается, а также куется, протягивается и штампуется; хорошо поддается обработке на станках и в большом количестве идет на изготовление различных резервных частей, взамен латунных. Стружка может гореть и поэтому нуждается в бдительном надзоре.

Рыночные формы металлов и изделий из них.

Железо и сталь выпускаются на рынок в форме литых или кованых болванок квадратного, прямоугольного или восьмиугольного сечения, листов, фасонных профильных балок, полос квадратного, плоского, круглого и иных сечений, в виде проволоки и труб. Круглое или профильное железо, тянутое, подобно проволоке, в холодном состоянии, отпускается в виде

тянутых в холодном состоянии валов или гладко вытянутых полос; разрезая эти валы или полосы на части требуемой длины, можно, смотря по надобности, пустить их прямо в дело без всякой дополнительной обработки. На некоторых хорошо оборудованных заводах (например, завод Маннхейм в Тройсдорфе, около Кёльна) изделия прокатываются сразу по готовому профилю требуемой формы, так что получаемые полосы приходится только резать по длине для получения готовых фабрикатов, например, шарниров, крюков, частей оконных и дверных приборов и т. п.

Инструментальная сталь обычно выпускается в форме полос квадратного, круглого и плоского прямоугольного сечения, поскольку заранее не требуется какая-либо иная, специальная форма профиля. Серебристая сталь (сталь с примесью серебра) — также инструментальная сталь, выпускаемая в виде строго прямой проволоки длиной 2 м, с строго выдержанным диаметром одинаковой по всей длине величины.



Фиг. 2. Чугун в свинках (штыках).

тины, от 0,1 до 0,5 мм. Такая сталь, подобно тянутым в холодном состоянии валам, имеет совершенно гладкую, полированную поверхность и идет без всякой добавочной обработки на приготовление пробойников, спиральных сверл, мелких осей и т. п.

Медь и сплавы ее выпускаются в виде полос различных профилей или в форме листов, проволоки, всякого рода труб. Та или иная форма профиля достигается прокаткой, вытягиванием или прессованием. Металлы, отжимаемые под прессом, отличаются всегда значительной плотностью.

Металлы, предназначенные для литейных целей, получают форму болванок или свинок (фиг. 2). На чугунолитейных и железоделательных заводах при плавке металлов находят самое широкое применение массы стружек и всякого рода отходов, получаемых после обработки изделий в собственном производстве, или поступающих извне. Если, как это делалось раньше, стружка забрасывается в печь в виде беспорядочной массы, то это влечет за собою довольно внушительные потери от угара и загрязнения плавящихся продуктов от окисления. Поэтому современные рационально работающие заводы раньше прессуют стружку, до того, если это нужно, измельченную, в металлические б р и к е т ы на специально приспособленных для этой цели прессах, по конструкции сходных с кирпичными прессами; и при этом можно обойтись без всякого связывающего материала. Практика показала, что литье, получаемое из брикетов, более однородно, плотнее и чище. Большое значение имеет, кроме того, экономия места при хранении стружек и отходов, а также более дешевая погрузка и выгрузка. Этими преимуществами совершенно окупается стоимость брикетного оборудования.

!Общие замечания о металлах и сплавах (металлография).

Почти все металлы, за очень немногими исключениями (например, железо и свинец, цинк и серебро), можно смешивать и сплавлять в любом количественном соотношении между составными частями смеси. Изменяя состав смеси, можно в известных пределах увеличивать или уменьшать ее крепость, удлинение, твердость, плотность, температуру плавления; можно так или иначе влиять на литейные качества смеси, на ее ковкость или податливость при обточке, на ее сопротивляемость разного рода химическим влияниям. С помощью тех или иных комбинаций можно положительные качества металлов повышать, а отрицательные ослаблять.

Относительно внутреннего строения сплавов можно сказать следующее:

Расплавленная масса металла после затвердения состоит из отдельных сцепляющихся между собою кристаллов, дающих зернистое сложение излома. Наблюдая с помощью микроскопа протравленную, отшлифованную и отполированную поверхность, можно в точности установить характер строения кристаллов. Металлографические исследования показывают, что в зависимости от состава, характера процесса застывания и способа обработки (медленное или быстрое застывание, обработка в холодном или горячем состоянии), внутреннее строение может иметь различный вид: либо форма кристаллов всюду совершенно одинакова, что служит доказательством растворения одного металла в другом, либо сплав содержит различного рода группы сплетающихся между собою кристаллов, из коих одни как бы окружены другими.

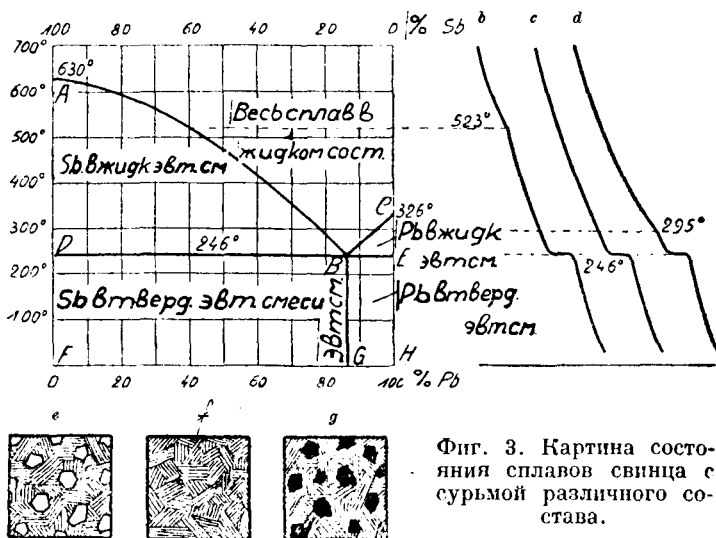
1. Большинство сплавов в жидком состоянии состоит из металлов, равномерно растворенных друг в друге. Из числа немногих сплавов, распадающихся на составные части, можно указать на сплав железа со свинцом, у которого железо отделяется от свинца так же, как масло от воды. Такое распадение на части, вследствие различия удельных весов или иных отличительных свойств, относится к явлениям так называемого эвггерования. Они играют громадную роль у различных сортов железа, однако, мы здесь не будем подробно на них останавливаться.

2. Лишь у немногих сплавов при любом составе наблюдается полное растворение одних составных частей в других как в жидком, так и твердом состоянии. Металлографическое исследование таких сплавов показывает сложение излома из элементов, носящих всегда один и тот же характер; к сплавам этого рода относятся, например, сплавы меди и марганца, железа и марганца, железа и никеля, меди и никеля.

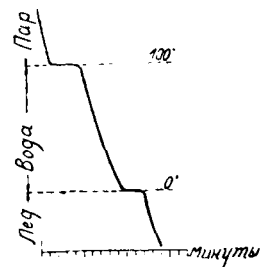
3. У некоторых сплавов составные части обладают свойством растворимости лишь в жидком состоянии; совершенно иначе обстоит у них дело после затвердения. У всех таких сплавов если не считать единственного, вполне определенного состава смеси, так называемого эвтектического (см. ниже), элементы строения излома оказываются всегда различными. К числу таких сплавов относятся сплав свинца с сурьмой и сплав свинца с серебром. Имея картину состояния сплавов свинца (Pb) с сурьмой (Sb) различного состава (фиг. 3), важно также знать, каков характер внутреннего строения сплавов такого рода.

Сплав 87% свинца с 13% сурьмы представляет собою именно такую смесь, внутреннее строение которой, как в жидком, так и в твердом состоянии, сплошь однородно, так как излом ее складывается из одного единственного элемента. Смесь эта называется эвтектической. Из всех смесей, какие только возможны на практике между металлами, названная смесь имеет самую низкую температуру плавления. В примере, изображенном на фиг. 3, чистая сурьма плавится при 630° , чистый свинец при 326° , эвтектическая смесь при 246° . Далее, эвтектическая смесь отличается особенно мелкозернистым строением. Наблюдая строение эвтектических кристаллов с помощью микроскопа, можно заметить, что каждый такой кристалл (фиг. 3f) состоит из отдельных, расположенных попеременно, одна над другой, прослоек свинца и сурьмы.

При исследовании структуры сплавов очень важное значение имеют кривые охлаждения. Такую кривую можно получить, давая какому-нибудь телу охладиться с некоторой высокой температуры, при чем наблюдаемая через определенные промежутки времени температура тела, все время понижающаяся, регистрируется соответствующим образом в виде диаграммы, аналогично изображенной на фиг. 4 кривой охлаждения воды, из состояния пара постепенно превращающейся в лед. Перегретый пар сперва охлаждается до температуры 100° . При этой температуре, некоторое время остающейся неизменной, пар продолжает отдавать часть своего тепла,—это продолжается до тех пор, пока весь пар не превращается в воду; лишь



Фиг. 3. Картина состояния сплавов свинца с сурьмой различного состава.



Фиг. 4. Кривая охлаждения воды.

после этого начинается дальнейшее падение температуры. При 0° падение снова прерывается, температура остается на уровне 0° ровно столько времени, сколько необходимо для полного замерзания всей воды, и лишь с этого момента может начаться дальнейшее охлаждение льда ниже 0° . В тех именно местах, которые характеризуют изменение состояния агрегата — в нашем случае у 100° и 0° — кривая на некоторой части своей идет горизонтально; это — так называемый п о в о р о т н ы й п у н к т. Поворотные пункты, следовательно, служат показателями наступивших изменений в состоянии агрегата или его внутренней структуры. У металлов изменение структуры может происходить и без изменения состояния агрегата. Кривая охлаждения часто, вместо местного перехода в горизонтальную линию, может иметь только местный перегиб, — это бывает чаще всего тогда, когда никакого изменения состояния агрегата не происходит.

Рассматривая кривую охлаждения (фиг. 3 *с*) для эвтектической смеси из 87% Pb и 13% Sb найдем лишь один поворотный пункт при температуре 246° . Это та именно температура, при которой происходит затверждение эвтектической смеси (фиг. 3 *ф*).

Если, далее, возьмем для примера сплав 40% Pb с 60% Sb, то получим кривую охлаждения по фиг. 3 *б*, у которой имеется два поворотных пункта, а именно — у 523° и 246° . Это значит, что изменение структуры сплава имеет место также и при 523° . Изменение это состоит в том, что при указанной температуре начинается распадение сплава с выделением из него, с одной стороны, некоторой части в форме эвтектической смеси с присутствием этой смеси содержанием 87 % Pb и 13% Sb, а с другой стороны, — того чистого излишка Sb, который остался свободным после образования эвтектической смеси. Неэвтектическая часть начинает затвердевать при 523° , — это находит свое отражение в соответствующем поворотном пункте кривой 3 *б*; отделившаяся же эвтектическая смесь ждет своего затверждения до того момента, когда температура дойдет до 246° . Исследование всей смеси с помощью микроскопа дает возможность видеть отдельные, успевшие затвердеть раньше кристаллы сурьмы в окружении позднее затвердевших кристаллов эвтектической смеси (фиг. 3 *е*).

Беря, далее, сплав 95% Pb с 5% Sb и давая ему постепенно охладиться, можно также установить на кривой охлаждения (фиг. 3 *д*) наличие двух поворотных пунктов — одного при 295° и одного при 246° . Изменение внутреннего строения сплава при 295° , характеризующее соответствующим поворотным пунктом, состоит в том, что при этой температуре начинается отделение и затверждение того «незанятого» излишка чистого свинца, который получился в результате образования эвтектической смеси. Последняя сохраняет свое жидкое состояние до положенного момента, т. е. до наступления все той же температуры 246° ; в затвердевшей смеси можно наблюдать расположение раньше успевших затвердеть кристаллов чистого свинца внутри эвтектической смеси (фиг. 3 *г*).

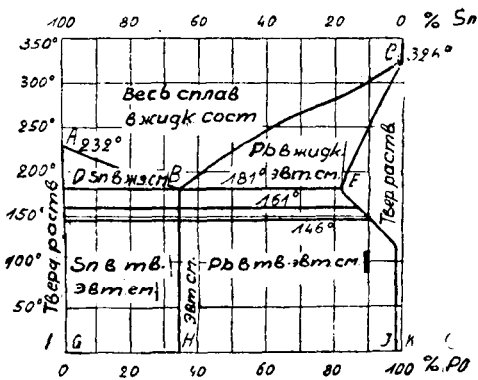
Из всего сказанного, по диаграмме на фиг. 3 *а*, можно установить следующее: Выше кривой *ABC* весь сплав находится в жидком состоянии. На пространстве *ADB* мы имеем затвердевшие кристаллы сурьмы в жидкой еще эвтектической смеси, а на пространстве *BCE* — затвердевшие кристаллы свинца в еще жидкой эвтектической смеси. Ниже линии *DBE* весь сплав находится в твердом состоянии, при чем на пространстве *DBGF* излом состоит из кристаллов сурьмы, разбросанных внутри эвтектической смеси (фиг. 3 *е*), линия *BG* представляет только эвтектическую смесь (фиг. 3 *ф*), а пространство *BENG* — кристаллы свинца, разбросанные внутри эвтектической смеси (фиг. 3 *г*). Само собой понятно, что различным составам сплава соответствуют различные физические свойства; это, в первую очередь, относится к твердости, так как отдельные элементы строения излома — чистый свинец, чистая сурьма, эвтектическая смесь свинца и сурьмы — обладают различной твердостью.

Некоторые составные части сплавов не только в жидком, но и в твердом состоянии обладают свойством удерживать в растворенном виде некоторое ограниченное количество других частей. К сплавам такого рода относятся: сплавы свинца с оловом, свинца с висмутом, цинка с оловом, олова с висмутом, алюминия с ником, железа с медью, меди со свинцом. Положение, создаваемое указанным свойством, лучше всего показать на определенном примере. Такой пример представлен на фиг. 5, изображающей состояние сплава свинца с оловом при различном соотношении между составными частями.

Эвтектическая смесь имеет состав 36% свинца (Pb) и 64% олова (Sn). На кривой охлаждения эвтектической смеси имеется один явно выраженный поворотный пункт при 181° и еще два других пункта при 161° и 146° . Поворотный пункт при 181° отражает процесс затвердения эвтектической смеси; остальные два пункта характеризуют дальнейшее изменение строения той же смеси, но уже при других, более низких температурах, — стало быть, уже после того, как смесь затвердела. На всем протяжении *DE*, т. е. между 1,5 и 82% Pb, мы имеем точно такое же положение, как и по фиг. 3, с той только разницей, что эвтектическая смесь в дальнейшем еще два раза подвергается тем изменениям, о которых мы только что говорили. Сплав с содержанием Pb в количестве, примерно, до 1,5% при охлаждении не дает вовсе эвтектической смеси, до этого предела остальная часть сплава, т. е. 98,5 Sn, может удерживать в растворенном виде эти 1,5% Pb также и в твердом состоянии, как уже указывалось выше в п. 2. Точно также, начиная с 82% Pb и выше, образование эвтектической смеси невозможно по той причине, что при температуре 181° эти 82% свинца или больше оказываются в состоянии удерживать в растворенном виде 18% Sn (или соответственно меньшее количество) также и в твердом состоянии. С падением температуры способность свинца растворять олово уменьшается; при пониженной температуре свинец в состоянии удерживать в растворенном виде не более 2% Sn, так что между 82 и 98% Pb снова имеет место образование эвтектической смеси.

Выше кривой *ABC* весь сплав находится в жидком состоянии. На пространстве *ADB* излом обнаруживает затвердевшие кристаллы олова в жидкой еще эвтектической смеси, на пространстве *BCE* — твердые кристаллы свинца в жидкой еще эвтектической смеси. Ниже линии *ADBEC* весь сплав находится в твердом состоянии. Площадка *FADG* характеризует строение смеси, как «твердый раствор», на пространстве *GDBH* мы имеем кристаллы олова в эвтектической смеси, на протяжении линии *BH* — только эвтектическую смесь, на *HBEJ* — кристаллы свинца в эвтектической смеси и, наконец, в пространстве *JECK* — твердый раствор.

5. Вместо отдельных металлов, в состав сплавов могут входить также и химические соединения металлов; они играют точно такую же роль, как и описанные выше отдельные металлы. В некоторых случаях приходится считаться с различными системами затвердевания составных частей сплавов, что в значительной мере осложняет их взаимоотношения. Мы не будем здесь подробно останавливаться на них; укажем только, что сюда относятся сплавы: алюминий — магний (электрометалл), алюминий — медь (алюминиевая бронза), медь — олово (бронза), медь — цинк (латунь). Кроме того, к этой же группе относится сплав железо — карбид железа, о котором мы упомянули в начале настоящей главы.



Фиг. 5. Картина состояния сплавов свинца с оловом.

Б. Литейное дело.

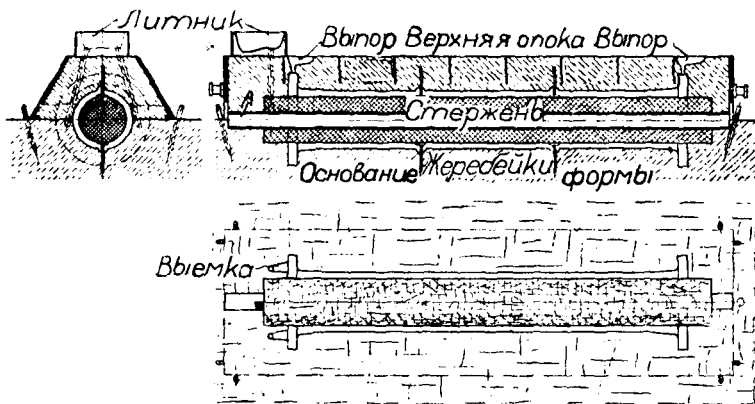
[Формовка и литье.

В литейном деле свойство металлов расплавляться, т. е. переходить при определенной температуре в жидкое состояние, находит самое широкое практическое применение. Расплавленный металл паливается в форму, заполняя ее пустоты, очертания и размеры коих соответствуют отливаемому предмету. После остывания и затвердения металла отливка либо идет в дело непосредственно, без дальнейшей обработки, как определенная часть машины, либо должна быть предварительно подвергнута обработке на тех или иных станках.

В громадном большинстве случаев формы служат один только раз: они делаются из массы, формочной глины или песка и при вынимании отливок должны быть разрушены. Так

называемые п о с т о я н н ы е формы, т.-е. формы, служащие не один, а много раз, употребляются в машиностроении лишь при легкоплавких металлах, а также при отливках из закаленного чугуна. Такие формы (изложницы) делаются, большей частью, из чугуна. Лишь в самых исключительных случаях формы из массы или песка могут быть использованы, целиком или отчасти, несколько раз под ряд, но для этого требуется наличие таких условий, которые позволяли бы извлечь отливаемый предмет из формы, не разрушая отдельных частей ее.

Формы, применяемые для отливки машинных частей, должны всегда состояться из двух или нескольких частей, точно пригнанных друг к другу. Кроме самой формы, т.-е. тех именно частей ее, которые образуют внешние очертания полости, заливаемой расплавленным металлом, различают еще так называемые с т е р ж н и (также ш и ш к и, с е р д е ч н и к и,



Фиг. 6. Литейная форма для трубы с фланцами (А — стержневой шпиль).

фиг. 6), служащие для образования внутренней полости в самой отливке. Чаще всего стержни изготавливаются отдельно, в особых шпильных ящиках, и затем вставляются соответствующим образом в формы.

Расплавленный металл наливается в формы через каналы, называемые л и т н и к а м и. Мелкие формы снабжаются одним, крупные двумя-тремя литниками. Литники должны проходить, по возможности, вглубь формы; благодаря этому, жидкий металл свободнее проникает внутрь, не разрушая и не смывая встречаемых им частей формы.

В ы п о р ы — особые каналы с воронками наверху — служат для выхода воздуха во время наполнения формы, а также скопления некоторых посторонних предметов — шлака, песка и т. п. Каналы эти располагаются в наиболее высоком месте формы. У очень мелких форм их часто не делают вовсе. Такие каналы делаются еще и для того, чтобы расплавленный металл при заливке формы в избытке выходил из нее наружу, — этим дается возможность металлу заполнять форму более равномерно, при чем всякого рода нечистоты и посторонние частицы смываются и удаляются вон (для примера — см. фиг. 50 и 104).

Для образования воронок во время трамбовки форм пользуются особыми колышками конической или цилиндрической формы; воронки эти могут также вырезываться от руки с помощью заостренного куса железной трубы.

Части, из которых составляется форма, должны пригоняться в местах соединения достаточно плотно, во избежание просачивания жидкого металла через щели наружу. Следует также принимать меры к тому, чтобы верхняя половина формы не приподнималась гидростатическим давлением. У мелких форм для этой цели бывает достаточно собственного веса форм; у более крупных части должны нагружаться гирями или плотно соединяться с помощью болтов.

Благодаря жару расплавленного металла, в форме происходит химическое разложение содержащейся в ней воды, а также и органических веществ — угля, навоза, соломы, древесного мочала и пр. В результате такого разложения получаются горючие газы, в состав коих

входят, главным образом, водород, окись углерода и углеводороды, а также и водяной пар; для удаления этих газов должны быть приняты особые, специальные меры. Кроме того, и в самом расплавленном металле содержатся газы, выделяющиеся при его застывании; своевременное удаление их также необходимо, иначе литье получается с раковинами и пузырями. Поскольку эти газы сами не успевают сторгать, их во время отливки необходимо особым образом сжигать. Делается это, как для улучшения качества литья, так и в целях охраны здоровья рабочих.

Формовочные материалы и способы их приготовления.

Свойства формовочных материалов.

Материалы, служащие для изготовления литейных форм и стержней (шишек, сердечников), должны удовлетворять следующим условиям:

1. Они должны быть достаточно дешевы.
2. Они должны обладать такими свойствами, которые позволяют легко придавать им любую форму.
3. Приготовленные из них формы должны обладать известной прочностью, достаточной для того, чтобы была совершенно исключена возможность разрушения или даже только повреждения их от давления заливаемого жидкого металла.
4. От жара расплавленного металла они не должны плавиться или лопаться.
5. Они не должны прикипать или пригорать к литью.
6. Они должны давать возможность получать отливки с совершенно гладкой поверхностью.
7. Они должны быть достаточно пористы, дабы газы и пары, образующиеся при отливке, могли удаляться через стенки форм; прохождение этих газов и паров через жидкий металл дает отливки с пузырями и, стало-быть, брак вместо годных изделий.

Материалы, удовлетворяющие указанным требованиям и применяемые поэтому для изготовления форм чугунного и, вообще, металлического литья, следующие: масса (смесь огнеупорной глины с кварцем), тощая земля, формовочная глина и, в исключительных случаях, чугун. Кроме того, для последующей отделки форм, изготовленных из названных материалов, служат: графит, угольный порошок (припыл), формовочные чернила, фарфоровая глина (каолин); при самой формовке употребляют также кварцевый песок, золу, ликоподий.

Масса.

Это — кварцевый песок, в естественном виде смешанный с необожженной глиной, содержание коей составляет не менее 15%. Глина служит связывающим материалом для мелких песчаных зерен и придает смеси известную пластичность и прочность. Зерна должны иметь по возможности угловатую, ребристую форму, материал тогда сам по себе обладает уже известной прочностью взаимным сцеплением между частицами, — свойством, в значительной степени отсутствующим у песка с закругленным строением зерна.

До отливки формы нагревают, примерно, до 400°, чтобы придать стенкам их надлежащую пористость, необходимую для пропуска газов. От такой сушки или обжига глина усыхает, благодаря чему образуются пустоты между песочными зернами.

В некоторых отдельных случаях масса готовится из молотого песчаника с искусственным прибавлением глины.

Масса по своей крепости годна для изготовления форм особенно крупных размеров, а также и таких, которые (например, формы для отливки стальных изделий) должны выдерживать очень большие напряжения.

Тощий формовочный песок.

Он представляет собой песок с угловатой формой зерен, с содержанием глины, в качестве связывающего материала, меньше 10%, а также и некоторого количества угловой пыли. Состав состоит, главным образом, из уже бывшего в употреблении формовочного песка, который

прибавляется такое количество свежего жирного песка, какое необходимо для придания ему надлежащей пластичности. Однако, устойчивость этого материала, сопротивление его механическим влияниям расплавленного металла настолько незначительны, что полная сушка, а тем более обжиг формы, не должны допускаться. Отливка в таких случаях производится в сырых еще формах, — здесь связывающим средством для песка с малым содержанием глины служит его влажность.

Процесс отливки сам по себе вызывает сгорание глинистых частей, содержащихся в формовочном песке. А так как обожженная глина и в молотом виде не обладает связывающими свойствами и, следовательно, непригодна уже для формовки, то к песку, уже бывшему в употреблении, прежде, чем пустить его в дело вновь, необходимо всегда прибавлять свежий песок.

Для того чтобы форма была в состоянии пропускать газы, песок должен быть, по возможности, крупнозернистым. С другой стороны, от песка требуется, чтобы он был достаточно тонким, так как это является необходимым условием для получения изделий с гладкой поверхностью. Оба эти требования исключают друг друга, и, как выход из положения, поступают так: по всей поверхности формы, соприкасающейся с моделью, употребляют песок лучшего качества, так называемый *м о д е л ь н ы й*, специально приготовленный и приспособленный, остальные же части формы можно делать из песка худшего качества.

Тонкий формовочный песок, благодаря своей дешевизне, употребляется во всех тех случаях, когда формы не должны удовлетворять особо высоким требованиям прочности и устойчивости. Надо отметить, что не только материал форм из тощего песка дешевле; дешевле обходится также и приготовление форм, в виду ненужности их сушки.

Формовочная глина.

Это — внутренняя смесь очень тонкого песка, глины и небольшого количества извести. Прибавлением воды она превращается в тесто, служащее для лепки форм. Необходимую прочность формовочная глина получает только после обжига. Способность пропускать газы она приобретает лишь от прибавления органических веществ — древесных опилок, рубленой соломы, угольной пыли или часто употребляемого конского навоза. Все эти вещества сгорают в сушиле, образуя пустоты, через которые газы и пары могут уходить наружу. Глина применяется при формовке крупных предметов, для которых требуется получить особо гладкую поверхность; в большом количестве она идет также на изготовление стержней, а также и на шаблонную формовку. Обработке формовочная глина поддается легче, чем масса, и обходится дешевле ее, особенно при формах очень крупных размеров.

Материал для приготовления стержней (шишек).

Материалы, из которых делают стержни, должны обладать особой прочностью. Обычно применяется жирный песок, формовочная глина или тощая земля, смешанная с канифолью, мукой, мялассой или, чаще всего, льняным маслом. Стержни обязательно просушиваются. Для таких стержней, которые не имеют внутри металлических каркасов (см. ниже) и очень легко могут быть удалены из готовых отливок, употребляется так называемая *м е л ь с о в а* и *з е м л я*, т.-е. чистый кварцевый песок, смешанный с мялассой, декстрином, канифолью или преимущественно, льняным маслом; материал формируется в железных формах и затем сушится в особой печи при 150 — 180°. Приготовленные таким образом стержни отличаются большой прочностью и твердостью, после отливки разбиваются особыми инструментами и размельчаются в тонкий порошок, целиком и без остатка удаляемый затем из готового предмета.

Чугун.

В качестве материала для форм чугун употребляется при отливке изделий из цинка, олова, свинца этих металлов; реже — для изделий из желтой меди и бронзы. На чугунолитейных заводах чугунные формы (изложницы) служат для отливки предметов, целиком или отчасти изготовляемых из *з а к а л е н н о г о ч у г у н а*. Для того, чтобы получить закаленный чугун, отливка должна иметь возможность очень быстро остывать; эта возможность дается ей чугунолитой формой, обладающей значительно большей теплопроводностью, чем неметаллические формы (см. выше главу «Чугун»).

Графит, угольная пыль, формовочные чернила и фарфоровая глина.

Почти все формы, не исключая и чугунных, обмазываются внутри тонким слоем глины; они должны также припыливаться древесноугольным или каменноугольным порошком, или же графитом, во избежание пригорания формовочной земли к отливке. Формы, заливаемые во влажном состоянии, посылаются из мешечка п р и п ы л о м: древесноугольным (или каменноугольным) порошком или сушеным формовочным песком, размолотым в тонкий порошок; затем отделяются с помощью инструментов, изображенных на фиг. 40. Формы, подлежащие сушке или обжигу, до подачи в сушило или печь, покрываются ф о р м о в о ч н ы м и ч е р н и л а м и, — водой, в которой разболтаны угольный порошок и графит. В меднолитейном производстве все без исключения формы сушатся и затем, обмазываются вместо чернил. жидким раствором ф а р ф о р о в о й г л и н ы; делается это для того, чтобы придать изделиям более красивую золотистую поверхность. Надо иметь, однако, в виду, что употребление формовочной глины весьма заметно удорожает производство. Красивый внешний вид для изделий из меди и сплавов меди может быть получен и впоследствии, с помощью нескоструйного аппарата.

Кварцевый песок.

Как будет объяснено ниже, при описании приемов ручной и шаблонной формовки, верхняя часть формы кладется непосредственно на нижнюю часть. Во избежание взаимного прилипания обеих частей, нижняя часть, поскольку она состоит из массы или тонкой земли, посыпается тонким слоем кварцевого песка, не содержащего глины; иногда для этой цели служит зола, сухой формовочный песок или угольный порошок. Так как все эти материалы никакими связывающими свойствами не обладают, то можно, закончив набивку верхней половины формы, спокойно ее приподнять, не боясь каких-либо повреждений от прилипания порошка или песка к поверхности раздела. При работе с металлическими формами или металлическими моделями средством, предохраняющим металлическую поверхность от прилипания к ней песка, служит иногда лycopодий.

Приготовление формовочного материала.

Масса, песок, глина и другие формовочные материалы, для того, чтобы быть годными к приготовлению из них форм, должны подвергаться предварительной переработке. В настоящее время лишь в немногих мелких литейных подготовка и приспособление формовочной земли производится одним и тем же рабочим-формовщиком или чернорабочим; здесь же, в литейной, материал просеивается и смачивается. В современных рационально оборудованных литейных для приготовления формовочного материала существуют специальные установки, производящие все операции механизированным способом. Благодаря этому, наблюдение за работой протекает лучше и совершеннее, материал получается всегда чистым и вполне однородным.

Установки для приготовления и переработки массы, формовочного песка, формовочной глины и угольного порошка состоят из следующих машин, подробное описание коих дано ниже: 1) устройств для просушки влажной земли, 2) дробилок, 3) механических сит, 4) аппаратов для отделения частичек металлов — железа, штифтов и пр., содержащихся в старой формовочной земле, 5) машин для смачивания формовочного материала, 6) машин для разрыхления и смешивания.

Для переработки свежего, сырого песка, поступающего с карьера, служат следующие машины:

1. Сушильная печь, для удаления излишней влаги и сжигания избытка глины, в случае чрезмерно жирного песка: сушка необходима для того, чтобы иметь возможность просеять песок после его размельчения.
2. Бегунная мельница для дробления крупных кусков сырого песка.
3. Механическое сито для просивания песка, размельченного до желаемой тонкости.
4. Машина для смачивания песка водою в потребном количестве.
5. Дезинтегратор для разрыхления и смешивания смоченного песка.

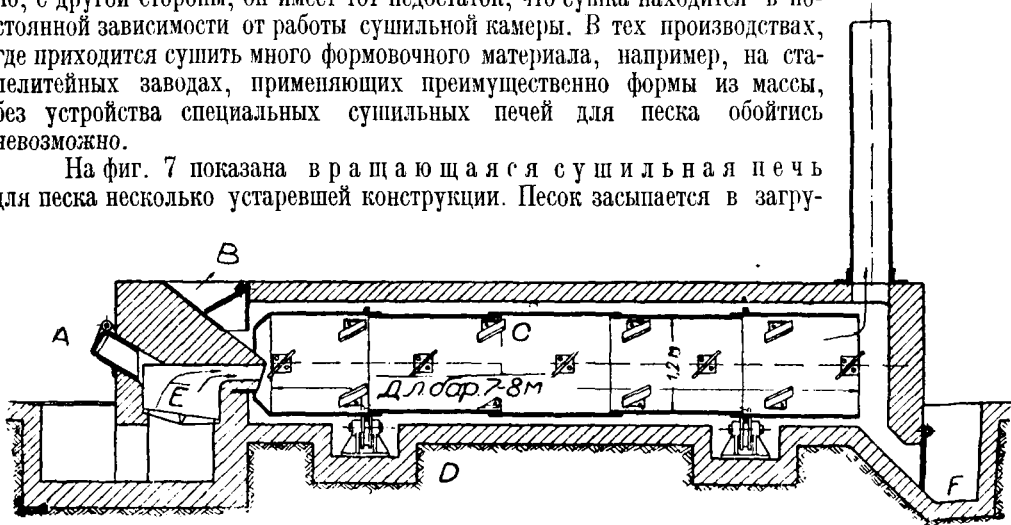
Старый, уже бывший в деле, песок проходит через следующие машины: 1) вальцовку для раздробления крупных кусков, 2) сито для просеивания размельченного песка, 3) аппарат для отделения металлических частичек, 4) машину для смачивания водою, 5) дезинтегратор для разрыхления и смешивания.

Таким образом, оба сорта песка, старый и новый, сперва перерабатываемые порознь, сходятся в машине для смачивания водою и вместе же проходят затем через дезинтегратор, где они смешиваются.

Сушильные печи для формовочного песка.

Для сушки формовочного песка часто пользуются описанной ниже сушильной камерой, приспособленной для сушки готовых форм и стержней; при этом песок рассыпается по поду камеры или над верхним сводом. Такой способ сушки дает, правда, некоторую экономию, так как позволяет обходиться без особой сушильной печи, специально приспособленной для песка, но, с другой стороны, он имеет тот недостаток, что сушка находится в постоянной зависимости от работы сушильной камеры. В тех производствах, где приходится сушить много формовочного материала, например, на сталелитейных заводах, применяющих преимущественно формы из массы, без устройства специальных сушильных печей для песка обойтись невозможно.

На фиг. 7 показана вращающаяся сушильная печь для песка несколько устаревшей конструкции. Песок засыпается в загрузку



Фиг. 7. Вращающаяся печь для сушки песка, старой конструкции. А — топочная дверца, В — загрузка песка, С — транспортные лопасти, D — опорные ролики, E — колосниковая решетка, F — готовый сухой песок.

зочную воронку и поступает в печь, представляющую собою железный барабан, лежащий на четырех опорных роликах, из коих одна пара приводится во вращение извне, при помощи ременной передачи и зубчатых колес. Барабан медленно вращается около своей оси, при чем закрепленные внутри его в наклонном положении лопасти постепенно перемещают песок через весь барабан по направлению к выходу и сборной яме, устроенной в правом конце печи. Топка находится в левом конце печи. Топочные газы проходят через весь барабан, все время находясь в непосредственном соприкосновении с перемещаемым песком. Вращающаяся печь позволяет вести производство непрерывно.

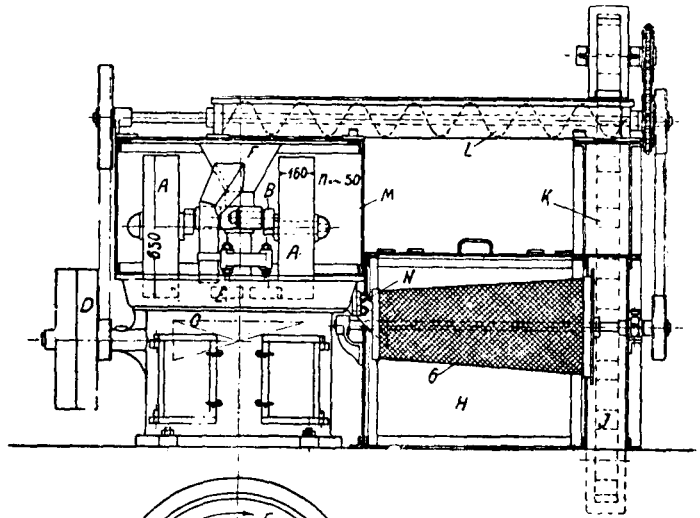
Новейшие печи строятся с вертикальными барабанами и снабжаются тарелками кольцеобразной формы, расположенными в виде ярусов; между тарелками устроены лопатки для перемешивания песка и валки, предназначенные для растирания крупных кусков. Песок подается ковшевым элеватором в верхний конец печи и затем постепенно перемещается вниз, с одной тарелки на другую, навстречу горячим газам.

Вертикальная конструкция печи дает экономию места, а принцип противотока позволяет хорошо использовать теплоту горячих газов.

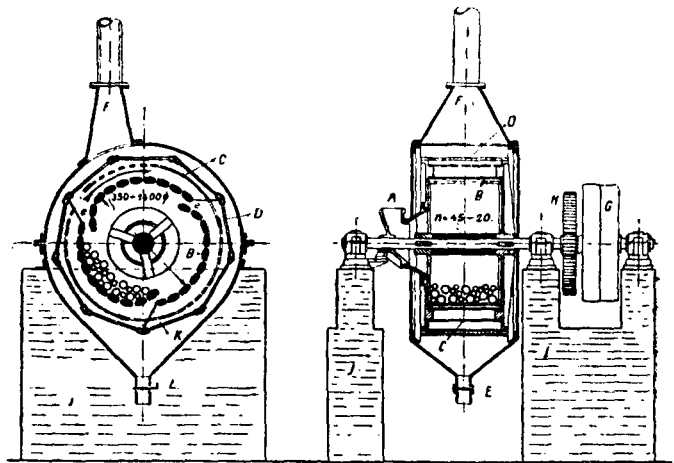
Дробилки.

Поступающие с карьера формовочные материалы подвергаются размельчению с помощью бегунов, шаровых мельниц или валцовок. Относительно последних речь будет в дальнейшем, при описании просеивательных машин и глиномылок, с которыми они обычно непосредственно связаны, образуя цельное, комплектное оборудование.

Фиг. 8 изображает бегунную мельницу. На плите из закаленного чугуна катятся по окружности два жернова *A*, также из закаленного чугуна, получающие движение от вертикального вала при посредстве двух кривошипов *B*. Такое устройство позволяет жерновам при встрече с крупными кусками и камнями несколько приподниматься вверх. Жернова смонтированы на разном расстоянии от середины вертикального вала, чтобы получить более широкую рабочую поверхность нижней плиты. Косо поставленные скребки *E* ходят по окружности вместе с жерновами, поддвигая материал под следующие за ним жернова. Размельчение производится частью раздавливанием, частью растиранием материала. Из-под бегунов часть помола идет через жолоб *N* в просеивательный барабан *G*, где он сортируется на тонкий помол и крупку: первый просеивается через сито и идет в пространство *H*, откуда он отводится как вполне готовый продукт, крупка же попадает в пространство *J*, откуда она забирается элеватором *K* и с помощью шнека *L* воз-



Фиг. 8. Бегунная мельница с ситом. *A* — два жернова из закаленного чугуна, *B* — два кривошипа, *C* — пара конических шестерен, *D* — приводные шкивы, *E* — два скребка, *F* — загрузочная воронка, *G* — барабанное сито, *H* — место скопления просеянного песка, *J* — место для кускового песка (крупки), *K* — ковшевой элеватор, *L* — транспортный шнек, *M* — пыленепроницаемый кожух, *N* — жолоб для подачи песка в барабан *G*.

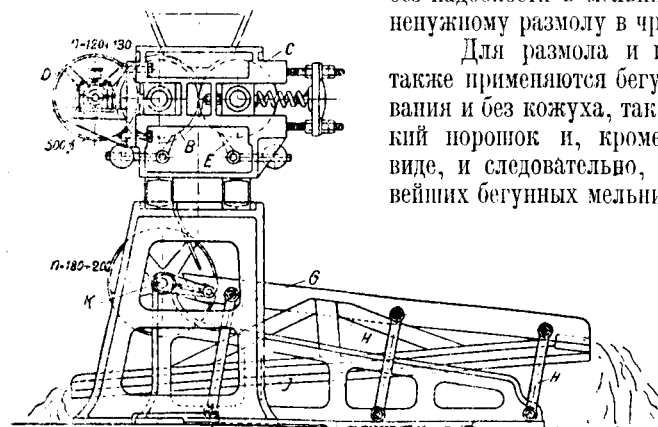


Фиг. 9. Шаровая мельница. *A* — загрузочная воронка, *B* — стальные балочки, *C* — первое (предохранительное) сито, *D* — главное сито, *E* — выход готового помола, *F* — козпак для отсасывания пыли, *G* — приводные шкивы, *H* — зубчатая передача, *J* — фундаментный цоколь, *K* — щитки для обратного направления в мельницу недостаточно размолотого материала.

вращается обратно в мельницу. Такое устройство дает возможность отводить готовый продукт немедленно по его изготовлении: материал, измельченный до желаемой тонкости, не застревает без надобности в мельнице и не подвергается дальнейшему ненужному размолу в чрезмерно тонкий порошок.

Для размолу и перемешивания формовочной глины также применяются бегуны, но без устройства для просеивания и без кожуха, так как глина растирается в очень тонкий порошок и, кроме того, перерабатывается в сыром виде, и следовательно, никакой пыли не выделяет. У новейших бегуных мельниц приводные части *C* и *D* (фиг. 8) расположены над машиной, в целях большей доступности и удобства ухода.

Фиг. 9 изображает шаровую мельницу для тонкого размолу угля, графита и, в исключительных случаях, сухого неса. Часть барабана наполнена стальными коваными шарами. Подлежащий размолу материал при вращении барабана разбивается и растирается шарами и выходит через щели между балочками *B*. Тонкий помол проходит через сита *C* и *D*, крунка же (недостаточно размолотый материал) у *C* подается обратно в мельницу для дальнейшего размолу.



Фиг. 10. Грохот с качающимся ситом и дробильными вальцами для старой формовочной земли. *A* — загрузочная воронка, *B* и *C* — дробильные вальцы, *D* — приводный шкив, *E* — скребок, *G* — сито с потряском, *H* — качающиеся стойки, *J* — место выхода просеянной земли.

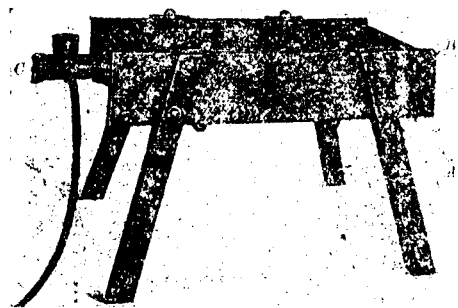
кий помол проходит через сита *C* и *D*, крунка же (недостаточно размолотый материал) у *C* подается обратно в мельницу для дальнейшего размолу.

Механические сита.

В тех случаях, когда описанные выше бегуные мельницы непосредственно с устройствами для просеивания формовочного материала, такие устройства должны предусматриваться особо. Это особенно необходимо при переработке старой, уже бывшей в деле земли, содержащей твердые куски, кусочки чугуна, гвозди и т. п. На фиг. 10 показан грохот с качающимся ситом, главное назначение которого — делать старую формовочную землю вновь пригодной для литейных целей.

Земля от разрушенных литейных форм забрасывается в воронку *A* и размельчается затем гладкими вальцами *B* и *C*, изготовляемыми из закаленного чугуна. Один из этих вальцев (*B*) приводится во вращение ременным шкивом *D*, другой (*C*) благодаря имеющейся пружине может отходить, в случае надобности, вправо, чтобы пропускать более крупные куски материала и, таким образом, предохранять машину от порчи. Сито *G* снабжено качающимися стойками *H*, качательное движение оно получает от кривошипа *K*.

У менее совершенных устройств вальцы отсутствуют. Материал подается от руки лопатой на сито *G*, крупные куски разбиваются также от руки. Такое устройство дает удовлетворительные результаты, так как земля, взятая с разобранной формы, в значительной части своей требует одного только просеивания для того, чтобы вновь приобрести все качества вполне годного в дело формовочного материала.

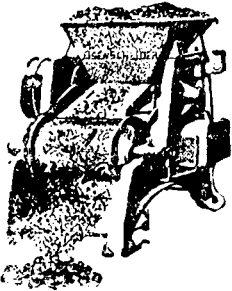


Фиг. 11. Сито с тряском, работающее сжатым воздухом. *A* — станина, *B* — сито, *C* — тряск, работающий сжатым воздухом (такой же, как на фиг. 41).

На фиг. 11 изображено с и т о с т р я с к о м, приспособенное для работы с ж а т ы м в о з д у х о м. Машина в состоянии просеять столько материала, сколько при продолжительной работе могут подавать лопатами двое рабочих.

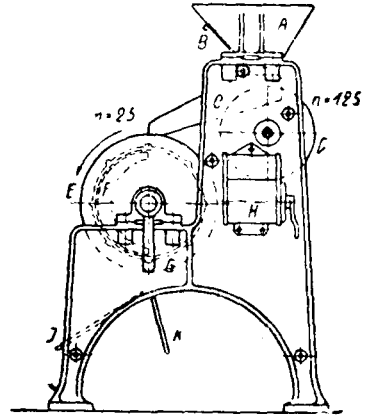
Машины для отделения частичек металла.

Просеянная земля содержит еще мелкие частички металла—шпифты, застывшие капельки чугуна и т. п. Для извлечения этих металлических примесей служат особые машины; образец одной такой машины показан на фиг. 12а и 12б.



Фиг. 12а. Аппарат для выделения частичек металла из бывшей в работе формовочной земли.

A — загрузочная воронка, *B* — задвижка, *C* — жолоб с тряском, *D* — шкив для приведения в движение жолоба, *E* — магнитный барабан, *F* — магнитные полюсы, *G* — рукоятка для установки полюсов, *H* — выключатель, *J* — жолоб для очищенного материала, *K* — жолоб для магнитных примесей.



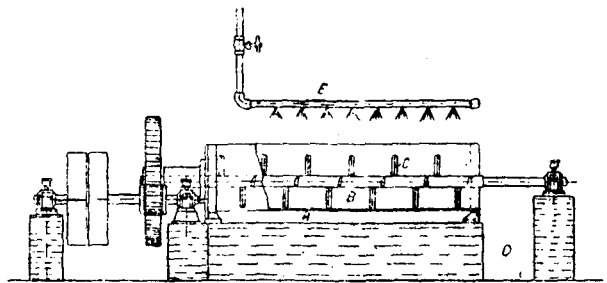
Фиг. 12б. Общий вид машины, изображенной на фиг. 12а.

Электромагнитный барабан состоит из полого деревянного или бронзового вала, снабженного ребрами для захвата поступающего из жолоба *C* формовочного песка. Немагнитная часть материала ссыпается прямо с вращающегося барабана вниз, в жолоб *J*; магнитные же частицы притягиваются магнетизмом полюсов *F* к поверхности барабана, перемещаются вправо и у *K* сыпаются в низ.

Машины для смачивания.

Смачивание формовочного материала водою делает его пластичным. Материал смачивается чрезвычайно просто от руки, — один рабочий его перелопачивает, а другой в это время возможно равномернее поливает его водою из лейки. Само собой понятно, что такой способ работы вполне равномерного смачивания не дает.

При помощи показанной на фиг. 13 машины можно получать материал, достаточно равномерно увлажненный. Земля, старая и свежая, подается в корыто *A*, вместе с добавочными примесями (угольной пылью) в желаемом соотношении между составными частями. Над корытом, по всей длине его, устанавливается водопроводная труба, поливающая весь материал мелким равномерным дождем. На валу *B* насажен винтообразно ряд ножей *C*, которые хорошо раз-



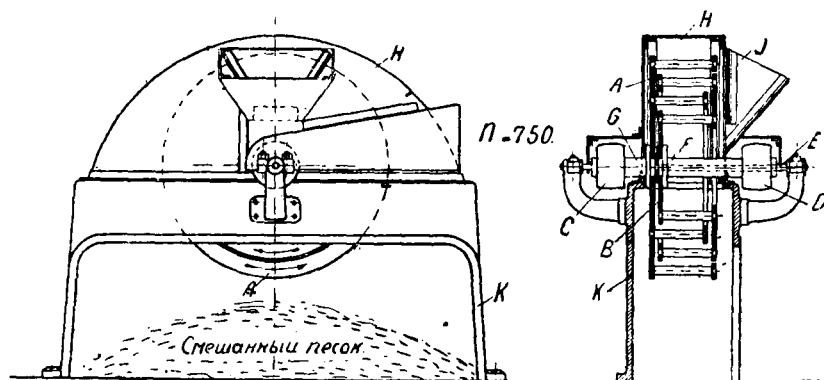
Фиг. 13. Схематическое устройство машины для смачивания. *A* — корыто, *B* — вал, *C* — ножи для перемешивания материала, *D* — место для сыпки готового увлажненного материала, *E* — водопроводная труба.

рыхлят и переминают весь материал, постепенно перемещая его вправо, до выхода его наружу у *D*.

Всякая рационально оборудованная комплектная установка для приготовления формовочного материала, как правило, снабжается также машинами для смачивания (ср. фиг. 15).

Дезинтеграторы.

Только что описанная машина лишь до известной степени в состоянии давать более или менее удовлетворительную смесь двух сортов формовочной земли — свежей и бывшей в употре-



Фиг. 14. Двойной горизонтальный дезинтегратор для формовочной земли, старой конструкции.

A — *B* — барабаны, каждый с двумя рядами концентрически расположенных ударников (бил); *C*, *D* — шкивы для *A* и *B*; *E* — неподвижная ось для *C* — *G* и *D* — *F*; *F*, *G* — втулки для *B* и *A*; *H* — железная коробка; *J* — загрузочная воронка; *K* — станина.

блении. Вполне пригодные литейные формы получаются тогда, когда смесь в с ю д у о д н о р о д н а; кроме того, требуется, чтобы материал в отдельных местах не был ни слишком влажен,

ни чрезмерно сух. Вполне равномерное перемешивание земли, уже ранее подвергавшейся предварительному перемешиванию, производится д е з и н т е г р а т о р о м. На фиг. 14 дана такая машина горизонтального типа. Она состоит из двух быстро вращающихся в противоположные стороны барабанов, образуемых четырьмя (по два у каждого) концентрическими рядами ударников (бил). Материал, загружаемый в воронку *J*, весьма интенсивно разбивается этими ударниками и отбрасывается ими к стенкам коробки *H*. Последняя собирает готовую, равномерно перемешанную землю и ссыпает ее вниз, на дно коробчатой станины *K*.

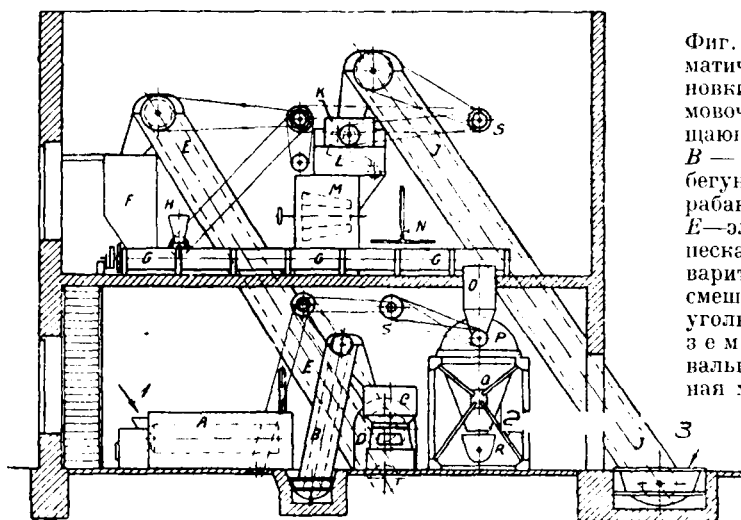
У машин современных типов оба приводных шкива обоих барабанов, как показывает фиг. 14а, находятся по одной стороне машины. Такое устройство дает рабочему больше простора и вместе с тем устраняет опасности, связанные с близостью приводных ремней.

Фиг. 15 дает схему полной механизированной установки для приготовления формовочного материала. Действие ее ясно из пояснений, приведенных на



Фиг. 14а. Дезинтегратор новой конструкции.

самой фигуре (1 означает свежий песок, 2 — готовый песок, 3 — песок, бывший в употреблении).

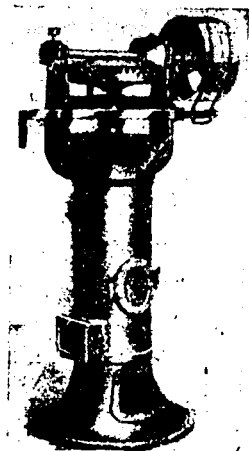
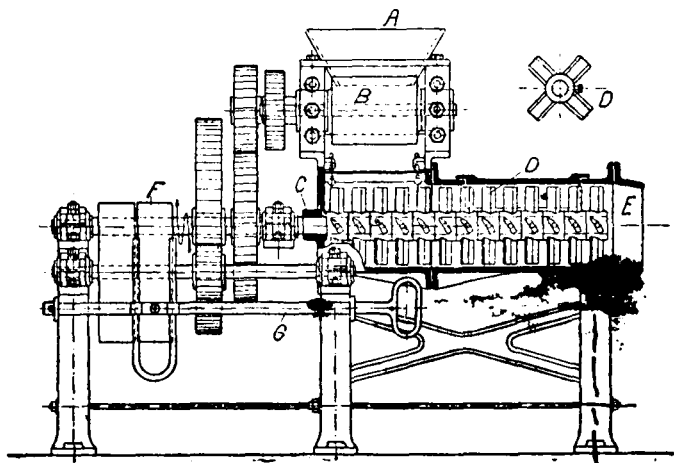


Фиг. 15. Схема полной автоматически действующей установки для приготовления формовочного песка. *A* — вращающаяся сушильная печь, *B* — ковшевой элеватор, *C* — бегунная мельница, *D* — барабанное призматическое сито, *E* — элеватор, *F* — сборник для песка, *G* — машина для предварительного смачивания и смешивания, *H* — загрузка угольной пыли. — Старая земля: *J* — элеватор, *K* — вальцовка, *L* — просеивательная машина с трясом и аппарат для отделения частичек металла, *M* — барабанное сито, *G* — машина для смачивания. — Новая и старая

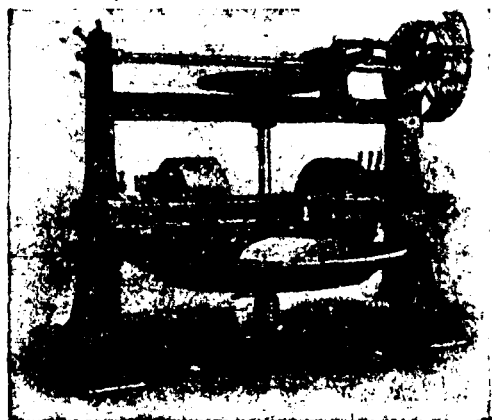
земля: *N* — водоподводящая труба, *O* — воронка, *P* — дезинтегратор, *Q* — сборник для готовой земли, *R* — вагонетка, *S* — главный трансмиссионный вал.

Фиг. 16а. Глинорезная машина (глиномялка).

A — загрузочная воронка, *B* — вальцы, *C* — вал для ножей, *D* — крестообразные ножи, *E* — мундштук, *F* — приводной шкив, *G* — отводка для ремня.



Фиг. 16б. Глиномялка вертикального типа.



Фиг. 16с. Смешивательная бегунная мельница для формовочной массы и глины. с вращающейся тарелкой.

Для полного смешивания формовочной глины и содержащихся в ней органических примесей употребляется глиномалка (фиг. 16а). Глина проходит сперва через вальцы *B*, раздавливающие крупные куски, поскольку таковые содержатся в ней. Ножи *D*, установленные наклонно к валу машины, основательно смешивают и месят глину, одновременно с тем проталкивая ее медленно через мундштук *E* наружу.

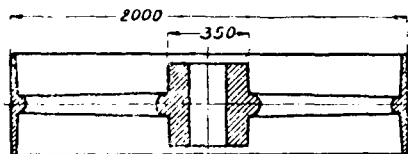
В последнее время в ходу преимущественно вертикальные глиномалки (фиг. 16б). Материал поступает сверху и выходит снизу, с левой стороны. Когда формовочный материал требуется перерабатывать в очень больших количествах, ставят смешивательные бегунные мельницы (фиг. 16с). Здесь вращается тарелка, тогда как оба жернова остаются на своих местах. Один из этих жерновов составляется из ряда режущих дисков, — последние легче дробят твердые куски глины и формовочной массы.

Внутренние напряжения при остывании форм, усадка и усадочные раковины.

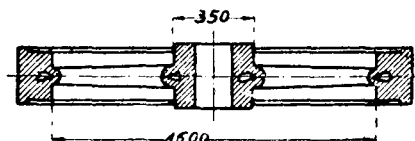
Металлы при застывании уменьшаются в объеме, дают усадку. Это свойство, в связи с тем обстоятельством, что отдельные части одной и той же металлической отливки застывают неравномерно, и служит причиной возникновения внутренних напряжений и образования усадочных раковин. У металлов, не дающих усадки, или у отливок, все части коих застывают в совершенно одинаковое время, вредных напряжений или усадочных пороков не бывает. Последние тем больше и тем яснее выражены, чем больше усадка данного металла и чем неравномернее происходит охлаждение горячей отливки до температуры окружающей среды.

Внутренние напряжения и раковины — явления чрезвычайно вредные: образование пустот в стенках полых отливок нарушает их плотность и уменьшает их прочность. Внутренние напряжения опасны именно тем, что они вызывают у отливок известные деформации, в результате которых возникают напряжения растяжения, сжатия, среза и т. д.

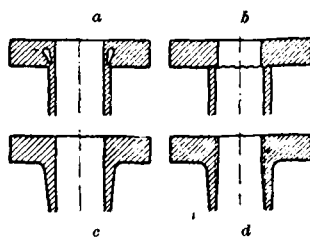
Когда впоследствии к этим, уже имеющимся, напряжениям прибавляются напряжения, вызываемые в производстве рабочей нагрузкой или же какой-нибудь случайной нагрузкой, которая сама по себе может быть и незначительной, то это уже может привести к серьезным повреждениям или даже к полному разрушению изделия.



Фиг. 17. Ременный шкив.



Фиг. 18. Маховик.



Фиг. 19 а — d. Труба с фланцем.

Приведем несколько примеров, которые помогут читателю уяснить себе, как возникают внутренние напряжения при застывании отливок и какие средства существуют для их предотвращения.

Представим себе, что показанный на фиг. 17 ременный шкив только что отлит и, следовательно, находится еще в жидком состоянии. Более тонкие части его — обод и спицы — застывают значительно быстрее, чем утолщенная втулка; они, стало быть, успеют уже затвердеть, при том с довольно значительной усадкой, в то время как более массивная втулка продолжает оставаться жидкой. Обод стягивается, уменьшаясь на $\frac{1}{100}$ своего диаметра, т. е. на 20 мм (усадка чугуна, в среднем, равна $\frac{1}{100}$), перемещая при этом спицы, каждую на 10 мм, по направлению к центру и вдавливая их во втулку, пока еще жидкую или, во всяком случае, доста-

точно еще мягкую. После того, как обод сжался до окончательной величины своего диаметра, а спицы приняли свое окончательное положение, начинается усадка втулки, т.е. постепенное уменьшение ее диаметра, достигающее $\frac{1}{100}$ или 3,5 м.м. Это обстоятельство приводит каждую из спиц к необходимости придвинуться ближе к центру шкива на 1,75 м.м. но этому мешает ранее затвердевший обод, удерживающий спицы в ранее установившемся положении. Спицы, следовательно, начинают испытывать напряжение растяжения. Это напряжение соответствовало бы, согласно вышесказанному, удлинению каждой спицы на 1,75 м.м, если бы сделанное нами выше допущение, состоящее в том, что твердение и усадка втулки начинаются лишь после полного охлаждения обода и спиц, в точности соответствовало действительности. На самом деле, однако, мы имеем гораздо более выгодное положение: фактически втулка начинает твердеть и садиться гораздо раньше, а именно тогда, когда обод и спицы успели лишь частично затвердеть и сжаться. Следовательно, то удлинение спиц, которое вызывается растягивающим действием втулки, оказывается в действительности меньше, чем 1,75 м.м; возникающие при этом внутренние напряжения на самом деле меньше, чем те, которые можно было ожидать на основании первого нашего предположения. Не подлежит, однако, сомнению, что внутренние напряжения все же настолько еще значительны, что могут оказаться опасными для целостности шкива.

Внутренние напряжения можно предотвратить, если принять меры к равномерному охлаждению всех частей отливки. Если невозможно замедлить процесс застывания обода и спиц, то зато можно и должно соответствующим образом ускорить процесс застывания втулки. Это делается очень просто, — втулку сейчас же после заливки открывают, а обод и спицы оставляют закрытыми.

Если далее, взять для примера маховик (фиг. 18), то здесь явления, сопровождающие застывание после отливки, представляются в следующем виде: сперва твердеют и укорачиваются только спицы, при чем они из обода и из втулки заимствуют (отсасывают) в свою форму некоторое количество жидкого металла. Когда усадка спиц кончилась и длина их окончательно установилась, начинается твердение обода и втулки. Первый стягивается на $\frac{1}{100}$ своего диаметра, т.е. на 16 м.м, перемещая при этом каждую из спиц ближе к центру на 8 м.м. Втулка также сжимается на $\frac{1}{100}$ своего диаметра, т.е. на 3,5 м.м. Втулка, таким образом, сдает под напором спиц, давая им свободу перемещения в направлении центра на половину указанного размера, т.е. помогая каждой спице придвинуться ближе к центру шкива лишь на 1,75 м.м. В результате спицы испытывают напряжения сжатия и, если бы предположение наше о том, что обод и втулка начинают твердеть лишь после окончательного охлаждения спиц, оправдалось на деле, то указанным напряжениям соответствовало бы укорочение каждой спицы на $8,0 - 1,75 = 6,25$ м.м. В действительности, однако, мы также и здесь, как и в разобранный выше случае, имеем несколько иное положение, более выгодное для прочности спиц, чем это представляется на основании первоначальных теоретических допущений.

Здесь также можно избежать внутренних напряжений, если дать всем частям маховика возможность равномерного охлаждения. Это достигается тем, что обод и втулка немедленно после отливки обнажаются, — благодаря этому они, несмотря на свою большую массивность, остывают так же быстро, как и тонкие спицы.

У трубы, показанной на фиг. 19, толстый фланец, благодаря большому скоплению металла, остывает позже, чем сама труба. Результат получается тот, что в то время, как у не вполне застывшего еще фланца продолжается стремление к усадке, к дальнейшему заметному сужению диаметра, труба успела уже совершенно затвердеть и оказывается уже совершенно неподатливой. Фланец будет стремиться занять относительно трубы положение, показанное в несколько утрированном виде на фиг. 19b; при достаточно высоком напряжении сдвига может получиться, как это ясно из фигуры, срезание фланца.

Способ, рекомендованный нами выше, — обнажение фланца сейчас же после отливки — для данного случая непригоден по чисто техническим причинам. Здесь меры против внутренних напряжений должны быть приняты заранее — уже при самом проектировании формы отливки. Они состоят в том, что переходу от утолщенного фланца к тонкостенной трубе придается возможно более плавная форма, согласно фиг. 19с. Правда, явления, имеющие место при усадке, целиком от этого не прекратятся, — труба и здесь застывает раньше, чем фланец, но зато в месте перехода от фланца к трубе не будет такого резкого сдвига, какой имеет место

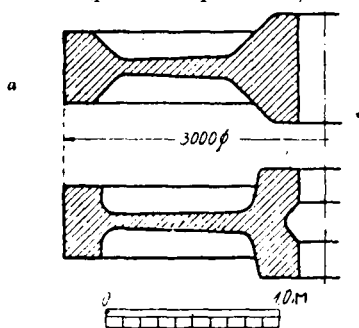
на фиг. 19b; труба после окончательного остывания примет, примерно, такую форму, какая изображена на фиг. 19 d. Срезания фланца при таких условиях опасаться не приходится.

На фиг. 20 дано схематическое изображение цилиндра газового двигателя с двойными стенками. Здесь сперва застывает наружная рубашка; при усадке она высасывает чугун из крайних жидких еще фланцев цилиндра. В дальнейшем внутренний цилиндр, сжимаясь, стремится потянуть оба фланца за собою, но последние удерживаются жесткой наружной рубашкой на определенном расстоянии друг от друга. В результате происходит прогиб фланцев внутрь, как показано на фиг. 20a пунктиром в несколько преувеличенном виде.

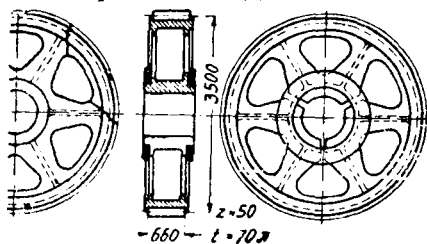
Такое изменение цилиндром своей формы легко может вызвать трещины в местах перехода от фланцев к боковым стенкам. Для предотвращения опасных при такой степени напряжений выталкивают стержень из цилиндра вскоре после отливки, что дает возможность внутренним, более толстым стенкам застывать так же быстро, как и наружная тонкостенная рубашка. Можно поступить еще иначе, — положить в стержень тяжелые чугунные охлаждающие плиты (см. ниже описание фиг. 25 — 27) или же, в исключительных случаях, трубы с охлаждающей водой, — такими специальными средствами можно ускорить процесс застывания внутренних стенок. Однако, самым лучшим и действительным средством против вредных внутренних напряжений должно быть признано стремление

придать цилиндру форму, согласно фиг. 20b: наружная рубашка отливается в разрезанном на две части виде, кольцевая щель впоследствии закрывается наружным, надлежащим образом привинченным кольцом. Такая конструкция и при неравномерном застывании цилиндра предохраняет его от опасных внутренних напряжений.

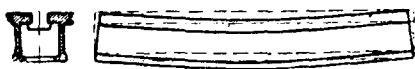
Разделение рубашки, согласно вышесказанному, служит также вполне надежной защитой цилиндра от напряжений, которые возникают в производстве. Дело в том, что от дей-



Фиг. 21 а и б. Стальной литой маховик неправильной и правильной формы.



Фиг. 22 а и б. Стальное литое зубчатое колесо неправильной и правильной формы.



Фиг. 23. Станина токарного станка.

ствия горячих газов внутренние стенки нагреваются и растягиваются значительно больше, чем наружные. При жесткой цельной конструкции рубашки это также может привести к образованию трещин в местах перехода от фланцев к стенкам. Придание цилиндру формы по фиг. 20b позволяет внутренней части его беспрепятственно изменять свою длину.

Форму маховика по фиг. 21a следует признать неправильной: резко выступающее неравномерное распределение металла может чрезвычайно неблагоприятно отразиться на прочности маховика. Форма, согласно фиг. 21b, дает, при одинаковых наружных размерах, более правильную отливку. Фиг. 22 относится к определенному случаю из практики. Стальное литое зубчатое колесо, изображенное на фиг. 22a, изготовлено было неправильно по форме и, вследствие возникших при застывании внутренних напряжений, дало в работе трещины в обозначенных на фигуре местах. Сталелитейный завод предложил изменить форму колеса, согласно фиг. 22b, и разделить втулку в трех местах, чтобы таким образом предоставить спицам возмож-

ность беспрепятственной усадки. Втулка была расточена на токарном станке и на нее затем надето было в горячем состоянии стяжное кольцо. Новое колесо работает уже довольно продолжительное время и до сих пор никаких дефектов на нем не обнаружено.

Станина токарного станка имеет форму, изображенную на фиг. 23. Утолщенная конструкция верхней части станины служит причиной прогиба ее книзу в обозначенном на фигуре виде. Обнажение этой части после заливки невозможно по той причине, что станина формируется и отливается верхней частью вниз, т. е. в положении, обратном вычерченному на фиг. 23. Существует довольно простой практический выход из этого положения: модель намеренно делается изогнутой в направлении, обратном указанному на той же фигуре; при усадке станина вытягивается по прямой линии. Этот способ, однако, внутренних напряжений целиком не устраняет.

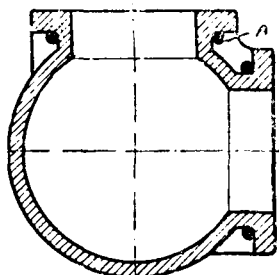
Вышеприведенных пяти примеров достаточно для того, чтобы читатель мог уяснить себе причины и результаты внутренних напряжений, возникающих при застывании отливок. Отметим только еще раз, что напряжения эти тем больше, чем больше усадка металла. Усадка стального литья составляет от 1,5 до 2%, чугуна же, в среднем, 1,0%. По этой причине все те отрицательные явления, о которых мы говорили выше, у стального литья выступают значительно резче и болезненнее. Стальные отливки очень трудно заранее предохранять от внутренних напряжений; последние очень часто приходится выравнивать лишь впоследствии. Если раскраслить докрасна (500—600°) чугунную или стальную отливку, то металл становится после этого настолько податливым, что большая часть внутренних напряжений, благодаря соответствующему перемещению молекул, взаимно уравнивается. Необходимо, однако, следить в это время за тем, чтобы отливки после прокаливания всюду и во всех частях своих охлаждались равномерно, иначе у них по таким же точно причинам, о которых мы говорили выше, могут возникнуть новые, не менее опасные напряжения.

Печи, служащие для прокаливания отливок, отапливаются газом. Иногда они устраиваются таким образом, что отливка непосредственно обкладывается со всех сторон топливом (углем или коксом). Когда предмет раскалился, все отверстие печи герметически закрывается, и печи вместе с предметом, покрытым со всех сторон топливом, дают очень медленно остывать. Большие печи иногда требуют для своего остывания до 14 дней. При таком медленном процессе охлаждения можно быть вполне уверенным в том, что все части будут остывать в одинаковое время и, в конце концов, никаких внутренних напряжений больше не останется. Само собою разумеется, что прокаливание весьма заметно удорожает стоимость литья.

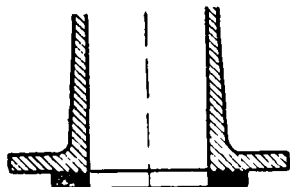
Причины образования в литье раковин можно уяснить себе на следующем примере. У изображенного на фиг. 18 маховика спицы при усадке высасывают в свою форму, для компенсации своей потери в длине, некоторую часть металла из обода и из втулки. Этот переход, это перекачивание металла из одного места в другое не несет с собою никаких вредных последствий до тех пор, пока обод и втулка находится еще в жидком состоянии: обладая достаточной податливостью, жидкий металл следует за высасывающими его спицами, тут же вновь заполняя образующиеся пустоты. Иначе обстоит дело в случае совершенно затвердевшего или даже лишь недостаточно уже жидкого металла: он не имеет уже возможности следовать за процессом высасывания, и, поэтому, в том месте, где, подобно нашему шкиву, сходятся тонкие и утолщенные части отливки, образуется пустота или раковина, или же несколько рядом лежащих маленьких пустот. Раковины вредны тем, что отливка становится неплотной, пропускает пар, газ и воду.

Средства, служащие для предотвращения раковин, в общем те же, что и для предохранения от внутренних напряжений. Утолщенные части необходимо немедленно после отливки раскрывать, дабы они застывали так же быстро, как и тонкостенные. Можно, далее применять толстые охлаждающие плиты или полосы, о которых уже упоминалось выше: примыкая вплотную к тем местам, которые нуждаются в более ускоренном охлаждении, и обладая хорошей теплопроводностью, эти плиты или полосы дают такие же успешные результаты, что и частичное обнажение отливок. Наконец, можно в значительной мере предотвратить образование раковин, если заранее придать отливке правильную форму, — при проектировании предусматривать плавные переходы от более толстых стенок к более тонким. На фиг. 18—20 отмечены все те места, в которых возможно образование усадочных раковин.

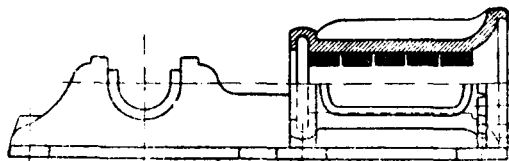
Изображенная на фиг. 24 деталь по конструкции принадлежит к числу изделий с местным скоплением металла, которым не всегда уделяется достаточное внимание; у стальных труб и клапанов такое скопление, являющееся, как это видно из фиг. 24, результатом встречи у *A* трех стенок, — корпуса, фланца и ребра, — ведет к образованию пористых мест в литье.



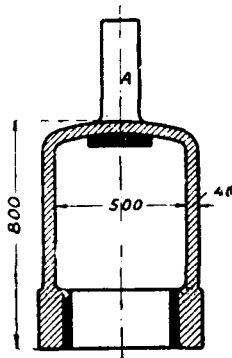
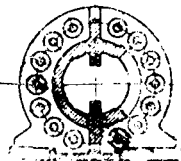
Фиг. 24. Корпус шарового клапана, у которого устранено местное скопление металла.



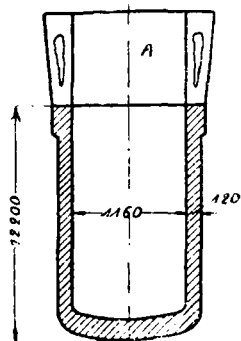
Фиг. 25. Фланец трубы с охлаждающим кольцом.



Фиг. 26. Рама газового двигателя с охлаждающими плитами.

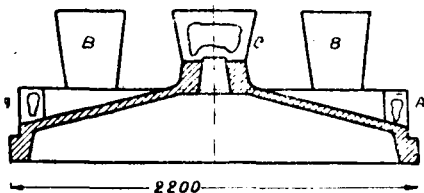


Фиг. 27. Цилиндр гидравлического прессы с охлаждающими плитами.



Фиг. 28. Цилиндр гидравлического прессы с прибылью.

Наиболее простое и действительное средство к устранению местного скопления металла и связанных с ним пороков — устройство небольшого отверстия в показанном на чертеже месте. Это отверстие может быть проделано с помощью обыкновенного стержня из формочной глины или, лучше, железного стержня, предварительно погруженного в масло; такой стержень служит вместе с тем для ускорения охлаждения в месте большего скопления металла.



Фиг. 29. Поршень судовой паровой машины.

На фиг. 25—27 даны некоторые примеры расположения охлаждающих плит, цель коих — предотвратить пористость литья.

Там, где по конструктивным соображениям невозможно избежать резких переходов от толстых стенок к тонким, в верхней части отливки предусматривается добавочная часть, так называемая *прибыль*. Это, обычно, крупные массы металла, долго сохраняющие свое жидкое состояние, назначение коих — давать металлу возможность заполнять образующиеся при усадке пустоты.

Раквины, как известно из предыдущего, свойственны, главным образом, утолщенным частям отливок; они имеют форму воронкообразных пустот, направленных острыми концами книзу. Прибыль привлекает эти раквины к себе, освобождая от них литье.

На фиг. 28 представлен цилиндр гидравлического прессы с указанной добавочной частью — *прибылью*, внутри которой остаются усадочные раквины; при отсутствии *прибыли* раквины эти образовались бы в верхней части самого цилиндра. Фиг. 29 изображает поршень судовой паровой машины с *прибылью*, имеющую форму кольца *A*; *прибыль* эта служит предохранительным средством от образования пустот в местах перехода тонкого дна в утолщенную

цилиндрическую часть и образования раковин в отливке вообще. Для такой же цели служит прибыль *C*, устраняющая усадочные пороки, которые могли бы образоваться в месте перехода от ступицы поршня к днищу. *B* — четыре выпора на кольце *A*.

Другая, не менее важная цель прибыли — повысить давление жидкого металла внутри формы, — такая мера имеет целью увеличить плотность литья. Прибыль, кроме того, собирает в себя всякого рода нечистоты, например, песок, захваченный металлом, или шлаки. Благодаря этому, отливки получаются более здоровыми и чистыми.

Нельзя, однако, упускать из виду, что прибыль, с одной стороны, предохраняющая литье от пустот и раковин, с другой стороны, способствует образованию внутренних напряжений, так как она-то именно и вызывает неравномерное остывание различных частей одной и той же отливки. Литейный техник должен, следовательно, тщательно взвешивать все обстоятельства в каждом отдельном случае и решить, какой именно дефект имеет менее отрицательное значение, — образование при остывании внутренних напряжений (например, у труб и корпусов вентиля), или же местная пористость литья (например, у маховиков и станин). Следует учитывать при этом и то благоприятное обстоятельство, что внутренние напряжения, как указывалось выше, можно уничтожать впоследствии путем прокалывания.

Прибыль после застывания отливается прочь или, если позволяют обстоятельства (например, у цилиндра по фиг. 28), отрезаются на токарном станке. Мелкие приливы у стального литья могут быть отрезаны с помощью кислорода.

Модели.

Литейные модели делаются обычно из дерева. Несмотря на целый ряд отрицательных свойств, делающих дерево как-будто мало пригодным для изготовления моделей, оно все же находит громадное применение, благодаря своей дешевизне, малому весу и легкости обработки. Дерево усыхает в направлении, перпендикулярном к его волокнам, а при впитывании влаги, неминуемой при формовке в сырой массе, оно разбухает в том же направлении. Эти два свойства дерева — усыхание и разбухание, кроме изменения размеров модели поперек волокон, способствуют также ее короблению и искривлению. Можно, однако, доводить коробление до минимума, — для этого деревянные модели склеиваются из возможно большого количества частей, соединяемых так, чтобы волокна их расположены были в перекрестку.

Для того чтобы по возможности парализовать восприимчивость деревянных моделей к впитыванию влаги из формовочной массы, их обильно покрывают модельным лаком или шеллаком, растворенным в спирте. Лак этот преследует еще и ту цель, что он препятствует прилипанию земли к поверхности модели.

Для очень крупных тел вращения, например, паровых цилиндров, труб и т. п., материалом моделей очень часто служит формовочная глина. Для такого предмета, как цилиндр паровой машины, можно цилиндрическую часть формовать из глины с помощью шаблона (о чем подробнее будет сказано ниже), а лапы, опорные части, утолщения и пр. изготовить из дерева в виде приставных частей к глиняной модели. Последняя затем высушивается, разумеется, без деревянных частей, тщательно окрашивается формовочными чернилами и посыпается кварцевым песком или покрывается модельным лаком.

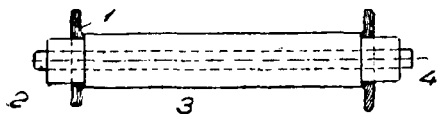
Для отливок исключительно крупных размеров также предпочитают обычно модели из глины или формовочного песка (см. фиг. 51), благодаря чему достигается гораздо большая точность и правильность форм, чем при деревянных моделях. Это объясняется тем, что дерево при очень больших размерах изделий коробится так сильно, что отклонения от правильной формы иногда доходят до совершенно недопустимых пределов.

Модель, большая часть коей сделана из глины, обходится дешевле, чем сплошная деревянная. После того, как глиняная модель заформована, ее можно сломать и удалить прочь; такая модель может быть составлена из меньшего количества частей, чем это требуется для сплошной деревянной модели. Сама по себе работа по изготовлению моделей из глины или песка не всегда, однако, обходится дешевле. Поэтому в вопросе о материале модели в каждом отдельном случае играют немаловажную роль экономические соображения. Надо иметь в виду также и то, что изготовление моделей из глины или песка в большинстве случаев идет значительно

быстрее, чем из дерева, такая экономия времени имеет громадное значение, особенно в тех случаях, когда завод имеет дело со срочными заказами.

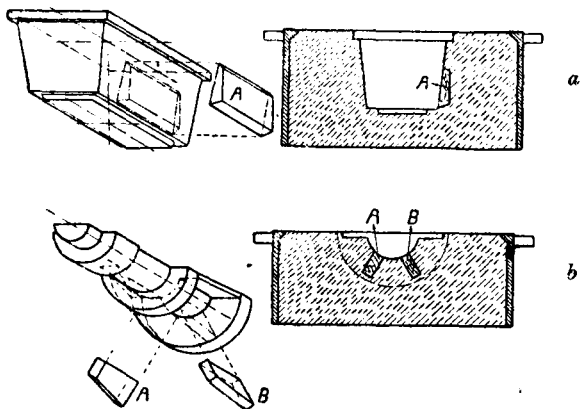
Примером простой комбинированной модели может служить модель труб различной длины с фланцами. Чтобы не держать на складе большого количества деревянных моделей, различных только по длине, сообразно погонной длине выпускаемых изделий, цилиндрическая часть делается из глины. Для фланцев изготавливаются отдельные разрезные модели из дерева, которые насаживаются на цилиндрическую часть (фиг. 30).

Чугунные или иные металлические модели употребляются преимущественно при машинной формовке. Само собой понятно, что экономические выгоды металлические модели дают только при массовом производстве. Такие модели должны иметь особенно гладкую поверхность. Очень часто они покрываются воском и перед употреблением слегка прогреваются или припыливаются мелким угольным порошком, для предупреждения пригорания земли к их поверхности.



Фиг. 30. Глиняная модель с деревянными фланцами для труб различной длины.

1 — дерево, 2 — шишечный знак, 3 — газовая труба.



Фиг. 31 а и б. Формовка с помощью составных моделей и приставных ребер.

Если при машинной формовке (о формовочных машинах речь будет ниже) по данной модели не требуется изготовить очень большое количество форм, то достаточно иметь модель из г и с а или ц е м е н т а. О формовочных плитах будет подробнее сказано ниже в главе «Формовочные машины».

Имея в виду усадку чугуна, стали и большинства других металлов в течение всего периода застывания, все модели из таких металлов необходимо делать больше на соответствующую величину усадки. Модель, как говорят, «припускается на усадку». Последняя составляет:

для чугуна, в среднем	1%
» стального литья	1,5 — 2%
» бронзы и олова	около 0,8%
» красной латуни и цинка »	1,6%
» алюминия и его сплавов »	4%.

У некоторых сплавов олова, висмута и др. усадка настолько незначительна, что она не имеет никакого практического значения; такие сплавы считаются вовсе не дающими усадки.

Модельщик обычно употребляет усадочный масштаб, на котором деления показаны больше нормальных на величину усадки; требуемое увеличение размеров делается, таким образом, автоматически, и модельщику нет необходимости прибегать к пересчету размеров, указанных на чертеже.

В форме необходимо делать соответствующие гнезда, куда входят так называемые шишечные знаки, т.е. опорные выступы укладываемых в форму стержней. Знаки для ясности чаще всего окрашиваются в особый цвет, отличный от цвета модели. На фиг. 30 и 43 — 45 даны обозначения шишечных знаков.

Для того чтобы модель удобнее было и вообще возможно было вынимать из оттиснутой формы, ее делают составной из нескольких частей. На фиг. 43 — 45 показаны примеры формовки одной цельной, а также и двух составных моделей — их двух и из трех частей. Для подлежащей

пригонки частей служат деревянные или, лучше, металлические штыри, для которых предусматриваются соответствующие дыры.

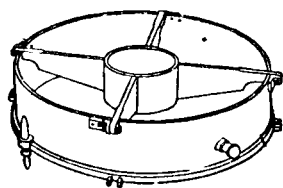
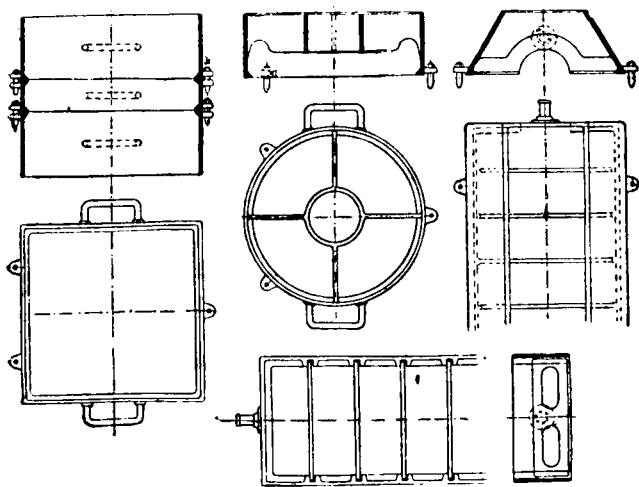
Особые возвышенности, утолщения и ребра (*A* и *B* на фиг 31 *a* и *b*), которые невозможно было бы извлекать из формы вместе с моделью, если бы они составляли с нею одно целое, лучше всего выделять особо, прикладывая их при набивке формы свободно к надлежащему месту модели. При вынимании модели эти части, как явствует из фиг. 31 *a* и *b*, остаются в земле и могут быть вынуты из нее отдельно, без всякого ущерба для формы.

В тех местах, которые в дальнейшем подлежат обработке, ручной или механической, модельщик должен прибавлять к соответствующим размерам модели 0,5 — 10 мм, смотря по роду обработки. Это — так называемый «припуск на обработку».

Опоки.

Литейной форме после того, как формовочный материал надлежащим образом утрамбован; необходимо, для предупреждения ее распадаения, придать известную прочность, иначе форму трудно разбирать или переносить с места на место, без риска ее разрушения. Этой цели и служат опоки. Делаются они большей частью из чугуна, значительно реже из листового железа

или дерева. Для лучшего удержания земли у каждой из стыковых поверхностей, разделяющих верхнюю опоку от средней и среднюю от нижней (фиг. 32—36), устроены кругом выступы или реборды. Большие опо-



Фиг. 32 — 36. Различные виды опок для ручной формовки.

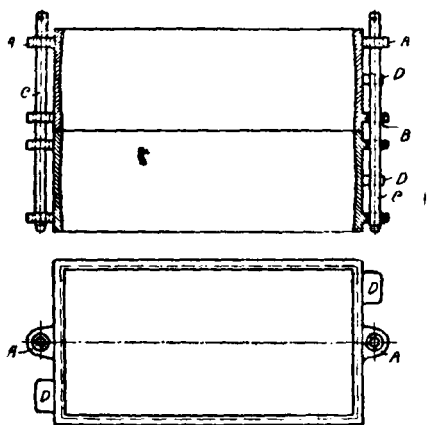
ки имеют, кроме того, еще перегородки, которые приливаются к внутренним стенкам (фиг. 33 и 34), или вгоняются в специально предусмотренные для этой цели пазы (фиг. 35), или же привинчиваются болтами (фиг. 36). Около этих перегородок, обычно обмазываемых глиною для лучшего удержания земли, всаживают еще и утрамбовывают особые крючки Γ -образной формы, из толстой железной проволоки, также предварительно обмазываемые глиной. Благодаря этому, формовочный материал и после сушки остается плотным и не осыпается.

Опоки снабжаются двумя или несколькими ушками с просверленными отверстиями и шпильками, в целях аккуратного спаривания, т.-е. правильного накладывания одной части формы на другую. Верхние и нижние опоки формовочных машин должны о б е иметь соответствующие отверстия для укладывания их на формовочные плиты. Опоки спариваются тогда при помощи длинных штифтов *C* (фиг. 37) и направляющих *B* с тщательно развернутыми отверстиями. Стыковые поверхности, которыми опоки накладываются одна на другую, прострагиваются.

У больших форм нижняя часть очень часто погружается в колодец или л и т е й н у ю я м у (фиг. 38), устраиваемую тут же, в литейной. Стены этой ямы обкладываются кирпичом или обшиваются плитами из листового железа; на дне ее устраивается особое основание *B*, на которое устанавливается шпindel для шаблонов. В плане литейная яма может иметь прямо-

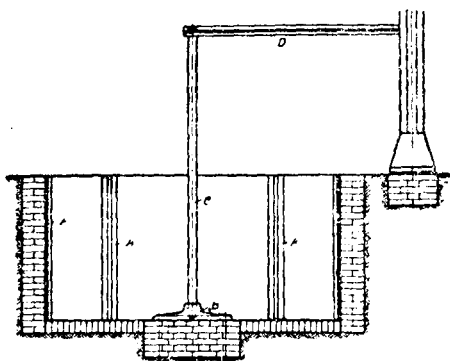
угольную, круглую или полукруглую форму. Пользуясь системой поперечных перегородок, можно яму, по желанию, суживать до требуемых размеров; в таких случаях опоки до верхних частей форм устанавливаются и центрируются при помощи забивных штырей (см. фиг. 100).

У мелких опок для удобства поднятия, переноски и переворачивания имеются скобы (фиг. 32 и 33); большие опоки снабжаются прилитыми цапфами (фиг. 34 — 36), которыми они при помощи серег и траверсы подвешиваются к крану (фиг. 39).



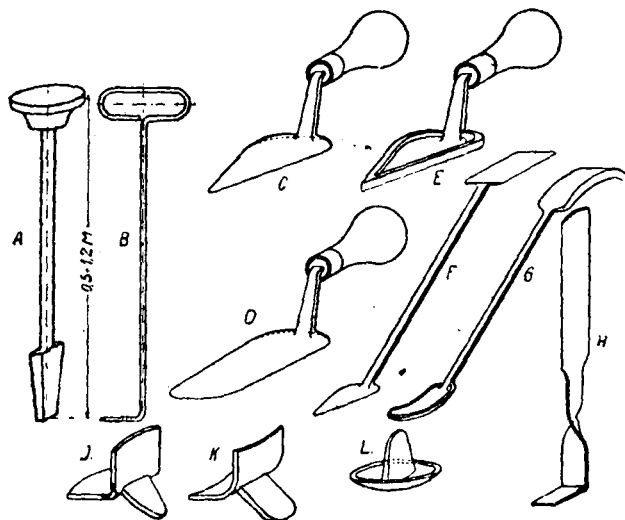
Фиг. 37. Опоки для машинной формовки.

А — ушки, В — направляющие, С — штифты.



Фиг. 38. Литейная яма со шпинделем для шаблонов.

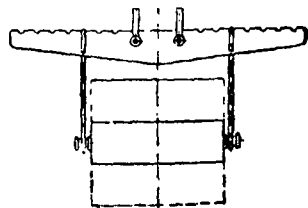
А — стенные плиты с двойными полосами для выпуска перегородок, В — основание шпинделя для шаблонов, С — шпиндель, D — верхнее укрепление шпинделя.



Фиг. 40 А — L. Ручной инструмент формовщика. А, В — трамбовки; С, D, E — гладилки для полировки поверхностей; F, G — шпатели; H — крючок; J, K, L — гладилки.

и углах форм, верхняя же часть — гладилкой. Большие формы набиваются трамбовкой типа В.

Для форм очень крупных размеров с успехом применяются пневматические трамбовки (фиг. 41).



Фиг. 39. Опока, подвешенная к крану.

Ручная модельная формовка.

Ручной инструмент, которым формовщик должен располагать при работе, в главнейшем изображен на фиг. 40 А — L. У трамбовки (пестика) А нижняя плоская часть, имеющая вид лопатки, служит для уминая и уплотнения земли в узких местах

Действие их происходит следующим образом:

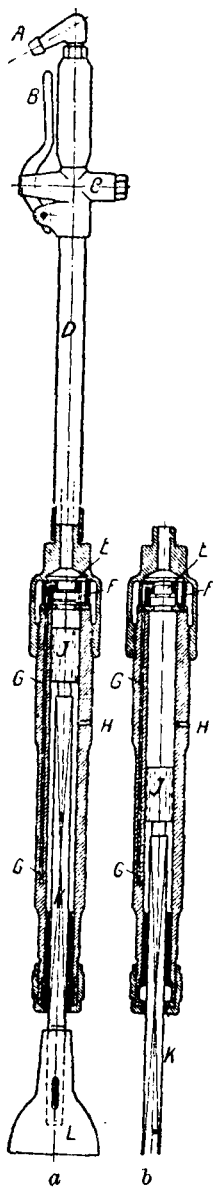
Поршень *J* получает движение вверх и вниз, в зависимости от положения регулирующего клапана *E* для сжатого воздуха. Когда клапан *E* находится в самом высшем положении (фиг. 41 а и с) сжатый воздух входит через канал *F* в пространство над поршнем *J* и стремительным ударом толкает поршень вниз. При этом воздух, выталкиваемый из-под поршня, имеет возможность выходить в отверстие *H* наружу, но это продолжается лишь до тех пор, пока поршень не закрыл собою этого отверстия. С момента закрытия *H* воздух под поршнем начинает сжиматься, образуя как бы мягкий буфер, несколько замедляющий дальнейшее движение поршня. Наконец, когда поршень опустился еще ниже и дошел до положения, изображенного на фиг. 41 б, снова открыв отверстие *H*, давление воздуха над поршнем внезапно падает, клапан *E*, под давлением сжатого воздуха, действующего на него сверху, опускается вниз и приходит в положение, показанное на фиг. 41 в и д. Теперь сжатый воздух из трубы *D* имеет возможность идти через обходной канал *G* под поршень и бросить поршень вверх, при чем воздух из пространства над поршнем сперва выходит наружу в то же выхлопное отверстие *H*. Но при своем движении вверх поршень затем закрывает отверстие *H*; аналогично предыдущему, движение поршня начинает замедляться, но воздушный буфер оказывается теперь уже с противоположной, верхней, стороны поршня. Давление воздуха под поршнем, по достижении последнего положения 41 а, внезапно падает; вследствие сжатия воздуха в пространстве над поршнем, вентиль *E* снова поднимается (фиг. 41 а и с) вверх, давая сжатому воздуху возможность вновь гнать поршень *J* вниз.

Процесс повторяется снова в том же порядке, что и раньше.

Поршневой шток *K* имеет круглое или, как на нашей фигуре, квадратное сечение, чтобы предотвратить вращение трамбовки около вертикальной оси. Это необходимо в тех случаях, когда вместо круглого башмака *L* (фиг. 41 а) на шток надевается башмак какой-нибудь иной формы; для плотности шток снабжается сальником.

При работе формовщик придерживает рукой свободно подвешенный аппарат и, действуя рукояткой *B*, одновременно регулирует подачу сжатого воздуха. Вес пестов 5—10 кг. Количество ударов 100—250 в минуту. Производительность пневматических трамбовок, примерно, в четыре раза больше обыкновенных ручных.

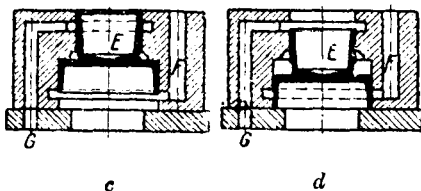
Выдающиеся части формы, особенно чувствительные ко всякого рода случайностям, укрепляются втыкаемыми в землю тонкими формовочными шпильками, диаметром от 0,5 до 1,0 мм и длиною, смотря по надобности, 50—100 мм, с гладкими головками диаметром около 3 мм.



Фиг. 41 а — д.

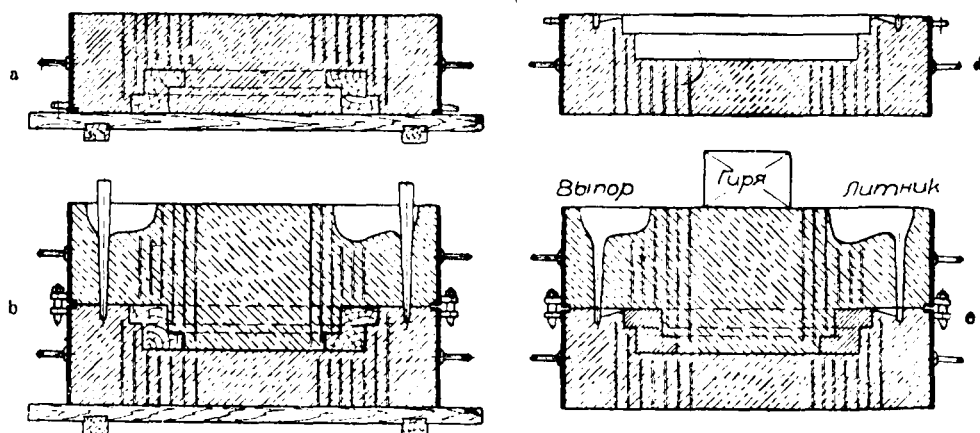
Пневматический аппарат для трамбовки, конструкции А. О. франкфуртских машиностроительных заводов.

A — присоединение трубы для подвода сжатого воздуха; *B* — рукоятка для регулирования впуска; *C* — выпускной золотник; *D* — патрубок; *E* — регулирующий клапан; *F* — канал для сообщения воздухопровода с пространством над поршнем; *G* — канал для сообщения с пространством под поршнем; *H* — выхлопное отверстие; *J* — поршень; *K* — поршневой шток; *L* — башмак (пест) для трамбовки.



Самый ход формовки, способы и приемы работы могут быть выяснены из следующих примеров.

Пример 1 (фиг. 42). Порядок операций при изготовлении формы для сальникового кольца: 1) модель кладется на под модельную доску, и на нее надевается сверху опока (нижняя); 2) насыпается модельный песок, просеиваемый через сито, до тех пор, пока он не закроет всей модели; песок уминается рукою в целях плотного прилегания его к модели; 3) опока затем набивается до верху и утрамбовывается обыкновенным формовочным песком; 4) излишний формовочный материал сгребается с опоки деревянной или металлической линейкой; 5) с помощью пики в песке натыкаются вентиляционные каналы (фиг. 42 а); 6) опока с заформованной моделью переворачивается на другую сторону, и поверхность, раньше бывшая внизу, теперь верхняя, выравнивается гладилкой (фиг. 40 с или d); или ланцетом F; 7) вся поверхность посыпается разделительным песком, для предупреждения слипания, при



Фиг. 42 а — е. Формовка кольца.

чем с модели песок тщательно сдувается; 8) в опоку всаживаются колышки для образования воронок (литника и выпоров); 9) ставится верхняя опока и насыпается толстый слой модельного песка; 10) верхняя опока плотно набивается и утрамбовывается; 11) излишний песок сгребается заподлицо с кромками верхней опоки; 12) протыкаются вентиляционные каналы; 13) отверстия воронок уширяются рукою (фиг. 42 б); 14) вынимаются колышки; 15) верхняя опока снимается с нижней и переворачивается на другую сторону (фиг. 42 в); 16) в модель ввинчивается тонкая шпилька, и легким ударом молотка модель несколько расколачивается в песке; 17) модель осторожно вынимается из песка; 18) при обнаружении у формы каких-либо повреждений, таковые исправляются; 19) прорезываются канавки для литника и выпора (фиг. 42 д); 20) форма припыливается угольным порошком, разглаживается и полируется; 21) обе опоки спариваются; 22) верхняя опока нагружается гирей (фиг. 42 е); 23) форма заливается.

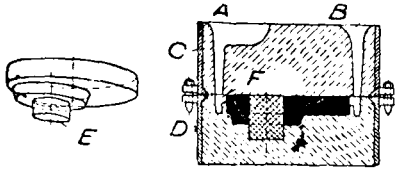
Протыканием воздушных каналов преследуется цель облегчения газам, образующимся при заливке, возможности выхода через стенки формы наружу. Газы пропускаются пористыми стенками до ближайшего канала, а оттуда выход наружу значительно легче и удобнее.

Пример 2 (фиг. 43). Изображенная на фигуре эксцентриковая шайба формуется так же, как и кольцо в предыдущем примере, с тою только разницею, что до спаривания обеих половин формы должен быть поставлен стержень для отверстия.

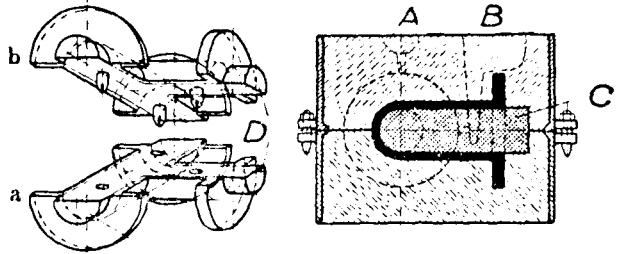
Пример 3. Тройник по фиг. 44 формуется следующим образом: сперва набивается нижняя опока с нижней половиной модели а. Перевернув опоку разъемной поверхностью кверху, ее выравнивают, посыпают кварцевым песком, затем кладут аккуратно вторую поло-

вику модели *b* и набивают верхнюю опоку. Снимают верхнюю опоку, расколачивают слегка и вынимают модель, поступая в дальнейшем аналогично сказанному выше, при описании других примерных формовок.

Пример 4. Для формовки фасонной детали (шаровое

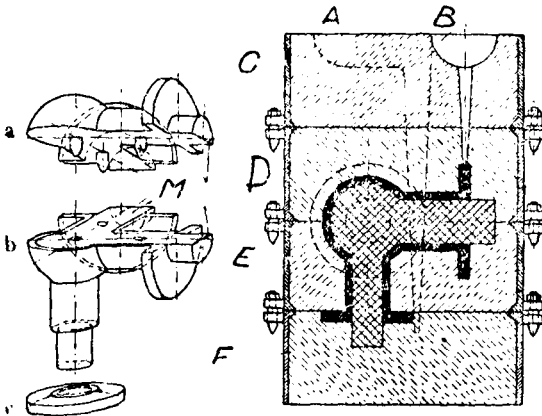


Фиг. 43. Формовка целной модели эксцентриковой шайбы. *A* — литник; *B* — выпор; *C* — верхняя опока, *D* — нижняя опока; *E* — шишечный знак.



Фиг. 44. Двухопочная формовка разъемной модели (тройника).

A — выпор; *B* — литник; *C* — стержень; *D* — шишечный знак; *F* — выемка.



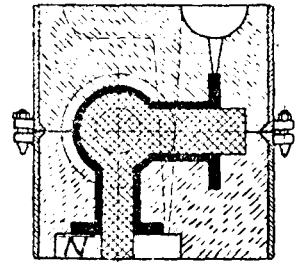
Фиг. 45. Многоопочная формовка трехразрезной модели шарового ответвления.

A — литник; *B* — выпор; *C* — наставная опока; *D* — верхняя опока; *E* — средняя опока; *F* — нижняя опока; *M* — шишечный знак.

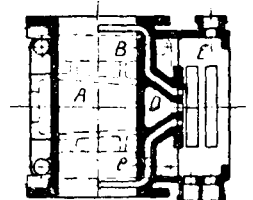
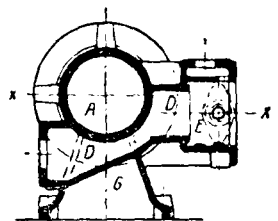
ответвление), изображенной на фиг. 45, требуется разделить форму на несколько частей. Сперва набивается средняя опока с частью модели *b*, затем нижняя опока с фланцем *c* и, наконец, верхняя и наставная опока с частью *a*.

Эта же деталь, в случае недостатка в опоках, может быть заформована только в двух опоках, вместо четырех. Это видно из фиг. 46. Сперва набивается нижняя опока с обоими частями *b* и *c*, при чем к свободному флянцу *c* отдельно прикладывается особый диск из глины, другой стороной лежащий заподлицо с кромкой опоки. После набивки верхней опоки с частью *a*, обе опоки разнимаются и модели вытаскиваются из земли. Не связанный с частью *b* фланец *c* остается при этом в нижней опоке, и для его извлечения требуется временно снять упомянутый выше диск; при спаривании опок последний вновь кладется на старое место и модель готова.

Пример 5. Ручная формовка модели изображенного на фиг. 47 цилиндра паровой машины (к фиг. 48). Деревянная модель разрезана по горизонтальной плоскости *XX*

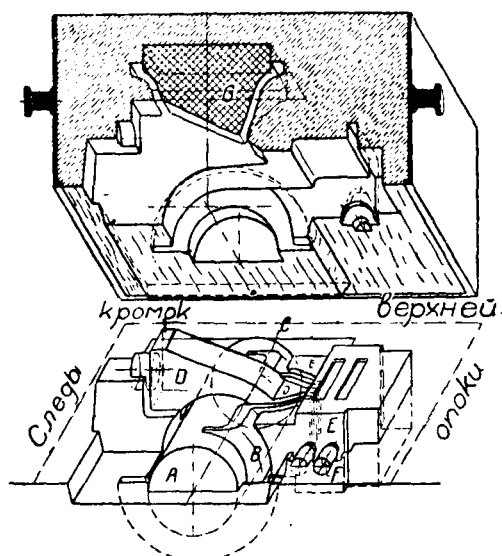


Фиг. 46. Формовка трехразрезной модели фиг. 45 в двух опоках. *N* — диск из глины.



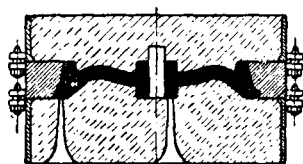
Фиг. 47. Цилиндр паровой машины (к фиг. 48).

и снабжена пищечными знаками для всех стержней от *A* до *G*. Цилиндр формируется ланами вверх и отливается либо в горизонтальном положении, либо, с надлежащей прибылью, в вертикальном положении. На фиг. 48 даны верхняя и нижняя половины формы, со стержнями от *A* до *G*, с теми же обозначениями, что на фиг. 47.



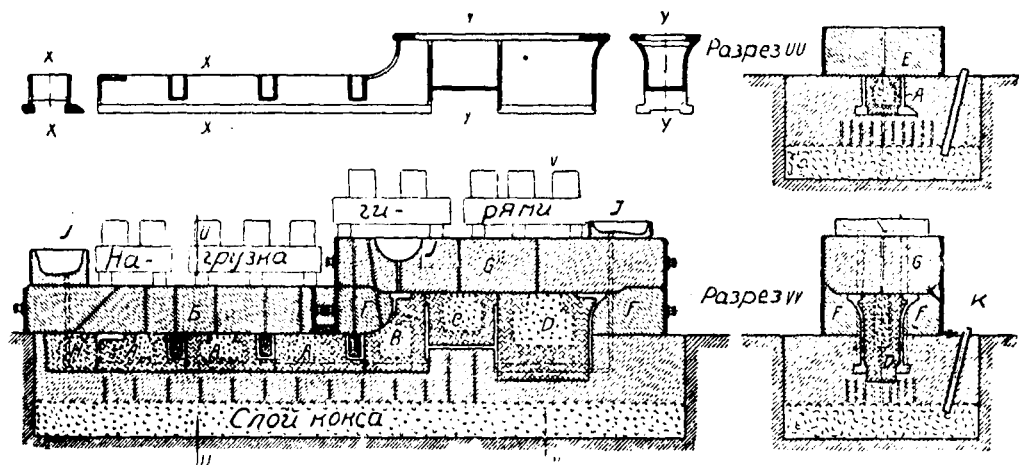
Фиг. 48. Формовка цилиндра паровой машины, изображенного на фиг. 47.

Пример 6. Образец отливки из закаленного чугуна мы имеем на фиг. 49, где показано вагонное колесо, быстро охлаждаемое на одной только наружной поверхности обода, так как только в этом месте форма изготовлена из чугуна, вся же остальная часть формы набита из обыкновенного формовочного песка. Благодаря этому весь



Фиг. 49. Отливка вагонных колес в чугунных формах (изложницах).

обод получает поверхностный закал в виде наружной твердой корки; закал этот идет, уменьшаясь от обода к центру, и постепенно переходит в мягкий чугун.



Фиг. 50. Формовка станины токарного станка.

J — выпор, *I* — литник, *K* — газовая труба, *УУ* — означает разрез по *УУ*, а *ХХ* — разрез по *ХХ*.

Таким же образом формируются и другие чугунные изделия, требующие по условиям своей работы местного закала, — прокатные и дробильные валцы, дробильные щетки и т. п. Металлическая часть формы называется изложницей.

Пример 7. Формовка станины токарного станка (фиг. 50). Дно литейной ямы сперва выстилается слоем кокса, при чем сразу же ставится несколько труб, примерно, 6 штук, служащих в дальнейшем для отвода газов; две из этих трубы видны на нашей фигуре. Поверх этого слоя кокса набивается довольно толстый слой формовочной земли, вырава-

плавимый затем линейкой по ватерпасу, с весьма незначительной выпуклостью вверх, имея в виду возможность появления внутренних напряжений. На этой поверхности протыкаются во многих местах вентиляционные отверстия, при чем пика должна проходить довольно глубоко, до самого коксового слоя. На поверхности настила отверстия эти замазываются песком для того, чтобы расплавленный чугун не мог проникать через них в кокс, и вся поверхность затем гладко полируется.

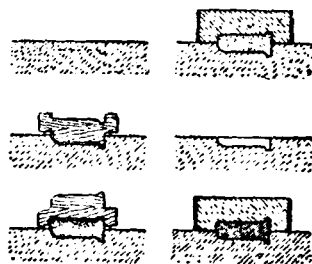
Далее, на полученной таким образом совершенно гладкой поверхности намечается мелком средняя линия модели, затем на ней надлежащим образом укладываются обе боковые призматические планки, изготовленные в виде отъемных частей к деревянной модели; планки эти закрепляются затем штифтами. В промежуток между означенными планками закладываются каркасы для стречней, в виде проволочных сеток с длинными торчащими ушками; затем на планки ставятся модели обеих балок станины; у последних внизу имеются шипы, входящие в соответствующие гнезда планок. Вслед затем планки снаружи и изнутри плотно утрамбовываются формовочной землей; при этом требуется большая аккуратность в работе, иначе планки легко могут принять неправильное положение. Обе модели балок связываются затем деревянными распорками, и форма вокруг и около балок (кроме пространства, заключенного между обеими балками) набивается землей и утрамбовывается до верха, до самого края литейной ямы. Над краем ямы после этого выступает только та часть модели, у которой имеется выемка; эта часть заформовывается в опоке *F*. Модель необходимо разрезать таким образом, чтобы вся она могла быть вынута впоследствии из формы.

Теперь можно набивать стержни *H*, *A*, *B*, *C* и *D* между моделями балок; излишек формовочной земли сгребается, и поверхность аккуратно выравнивается. Как уже указано было выше, стержни трамбуются на каркасах, имеющих вид проволочных сеток; внутри они содержат кокс, что значительно лучше в отношении отвода газов. Вентиляционные каналы должны проделываться в достаточном количестве также и у стержней. Что касается стержней *J*, то у деревянной модели пространство, занимаемое ими, делается сплошным, без пустот; эти стержни приходится готовить в особых шипечных ящиках, и для постановки на соответствующие места их впоследствии прикрепляют к нижней поверхности опок *E* и *F*.

Опока *F* и стержни *H*, *A*, *B*, *C* и *D* посылаются на поверхность разделительным песком и на них ставятся и набиваются опоки *E* и *G*. Каналы для литника и выпоров устраиваются так, как это изображено на фигуре, при уплотнении литейной ямы и опок *E*, *F* и *G*. Верхняя опока также должна иметь много проколов для выхода воздуха.

Вынимается модель из формы отдельными частями после поднятия опок *E* и *G* и извлечения стержней *H*, *A*, *B*, *C* и *D*. Все остальные операции, касающиеся отделки формы, исправления повреждений, окраски формовочными чернилами, сушки, всаживания стержней и сборки, ничего особенного собою не представляют. Заметим еще, что литник располагается выше, чем выпоры, — это делается для того, чтобы иметь возможность пропускать через форму большие массы горячего чугуна, которые целиком заполняют все пустоты и все углы формы. Верхние опоки, во время поднятия их вверх, перед заливкой нагружаются тяжелыми гириями, весом, примерно, около $\frac{1}{6}$ от веса соответствующей отливки.

Пример 8. Выше, в статье «Модели», мы говорили о тех основаниях, по которым для некоторых крупных отливок сравнительно небольшого сечения выгодно пользоваться моделями, специально для этой цели изготовленными из формовочной глины. Фиг. 51 дает схему порядка этих операций: 1) приготовление песчаного основания с строго горизонтальной поверхностью, с нанесением наружного очертания отливаемого предмета; 2) закрепление на линиях наружного очертания формы двух деревянных планок и выскабливание нижней половины формы; сушка формы; 3) наполнение полученной выемки формовочной массой в количестве, соответствующем полному сечению отливки, и формовка шаблоном верхней части; просушка модели в таком положении; 4) насадка верхней опоки, ее наполнение формовочным материалом, затем снятие и просушка; 5) сломка модели; 6) сборка формы и отливка.

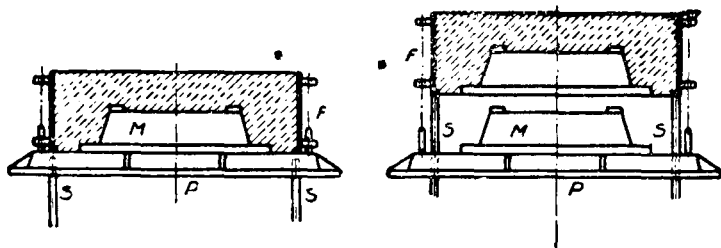


Фиг. 51. Изготовление моделей из формовочной глины.

Модельная формовка машинным способом.

Общие сведения о формовочных машинах.

Извлечение руками модели из готовой утрамбованной формы часто является делом весьма нелегким; не говоря уже об очень сложных моделях, где от формовщика требуется очень большой опыт и всестороннее знание дела, даже при моделях менее сложных конструкций самый лучший формовщик не в состоянии изготовить форму без всяких, хотя бы незначительных



Фиг. 52 а и б. Принцип действия формовочной машины с подъемным устройством.

F — опока, M — модель, P — модельная плита, S — штифты для поднятия опоки.

повреждений. Обнаруживаемые повреждения необходимо исправлять; это тоже своего рода искусство, не менее важное, чем умелое пользование располагаемыми техническими средствами для изготовления самой формы.

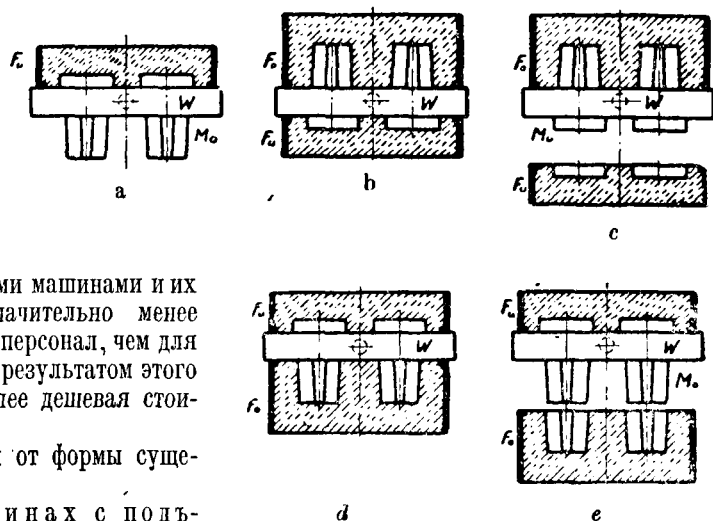
Формовочная машина, прежде всего, преследует ту цель, чтобы модель могла быть извлечена из земли без всяких повреждений и оттиснутой формы. Известная часть формовочных машин служит, кроме того, еще для замены ручной трамбовки формовочного материала механическим прессованием, что, помимо прочих выгод, дает громадную экономию времени, сокращая продолжительность изготовления формы до 1—2 минут. Далее для ухода за формовочными машинами и их обслуживания требуется значительно менее квалифицированный рабочий персонал, чем для ручной формовки, — прямым результатом этого обстоятельства является более дешевая стоимость рабочей силы.

Для отделения модели от формы существуют следующие способы:

1. При простых машинах с подъемным устройством, т.е. машинах без поворотных плит (фиг. 52), после трамбовки или прессования земли, модель остается внизу, а опока — наверху; для отделения формы от модели либо опока поднимается вверх (фиг. 52 а и б), либо модель опускается вниз (фиг. 63).

2. У формовочных машин с поворотными плитами (фиг. 53) части модели M_u и M_o , вместе с опоками F_u и F_o , после трамбовки или прессования поворачиваются на 180° , так что соответствующая часть модели, раньше бывшая под плитой, оказывается затем над нею. Для отделения модели от формы либо опускается опока, либо поднимается плита W .

3. У машин со снимающими плитами (фиг. 54) земля при прохождении модели удерживается от выпадения плитой D , вырезанной точно по очертанию модели. При



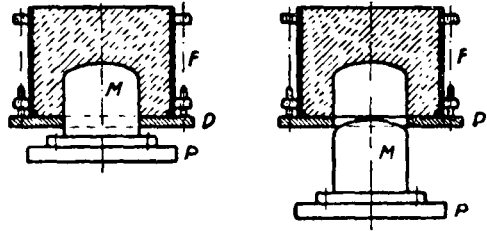
Фиг. 53 а — е. Принцип работы формовочной машины с поворотной плитой. M_u — нижняя часть модели, M_o — верхняя часть, F_u — нижняя опока, F_o — верхняя опока, W — поворотная плита.

отделения от формы модель может оказаться выше или ниже — над или под опокой; впрочем, для упрощения конструкции машины модель почти всегда потягивается книзу, под опоку (фиг. 54 а и б). Машина, изображенная на фиг. 70, является в этом отношении исключением.

Относительно преимуществ и недостатков машин указанных типов можно сказать следующее:

К типу 1-му. Машины без поворотных плит по конструкции проще и по стоимости дешевле, но сфера применения их несколько ограничена. Дело в том, что при поднятии опоки (или опускании модели) некоторые части формы открываются и прилипают к модели: простым смачиванием стыков и прилаживанием ручным инструментом эти части не могут быть обратно поставлены на место. По этой причине машины без поворотных плит могут годиться только для формовки таких моделей, которые легко отделяются от формы, а именно, для плоских моделей с сильно скошенными боковыми гранями.

К недостаткам таких машин следует отнести также и то, что на них можно одновременно формовать только одну из опок — либо верхнюю, либо нижнюю; это относится, конечно, к тем только случаям, когда модель не имеет строго симметричной формы и плоскостью разреза не делится на совершенно одинаковые части, или когда машина не работает с формовочной плитой Вонвиллала, о которой речь будет несколько ниже. При обычной формовке несимметричных моделей приходится поэтому поступать так, что либо ведут работу на двух машинах, из коих одна формует верхнюю опору, а другая — нижнюю, либо, располагая только одной машиной, формуют на ней сперва все нижние опоки, а затем, сменив, модельную плиту, переходят к верхним опокам. Последний способ работы, конечно, непрактичен.



Фиг. 54 а — б. Принцип действия формовочной машины со снимающей плитой. *D* — снимающая плита, *F* — опока, *M* — модель, *P* — модельная плита.

К типу 2-му. Машины с поворотными плитами отличаются в работе тем, что отрывающиеся при разъединении части остаются на самой форме и могут быть легко поставлены обратно на место после смачивания стыков, сглаживания и выравнивания швов, с применением, в случае необходимости, формовочных шпилек для их укрепления. Здесь также требуется, чтобы грани модели не были строго параллельны, а имели некоторый наклон друг к другу, в целях беспрепятственного извлечения модели из земли. Поворотная плита работает поочередно обеими сторонами, верхней и нижней, что позволяет последовательно формовать обе опоки с верхней и нижней половинками модели и сразу получать вполне готовые к отливке формы. Следует, однако, отметить, что поворотная плита заметно удорожает машину.

К типу 3-му. Машины со снимающими плитами вполне пригодны к формовке моделей со строго параллельными поверхностями сторон и граней. Здесь исправление повреждений нормы требуется лишь в очень редких случаях. Вырезы у плиты должны совершенно точно соответствовать очертанию модели, а это связано с недешевой ручной работой по изготовлению снимающей плиты.

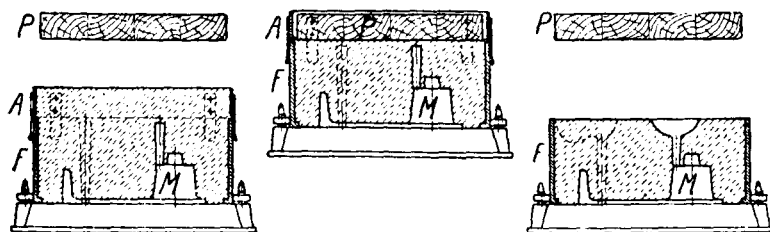
Изделия цилиндрической формы получаются с совершенно гладкими поверхностями, чего не бывает при обыкновенной формовке разъемных моделей, дающей всегда отливки со следами продольных швов с обеих сторон.

Здесь так же, как и при машинах без поворотных плит, работу приходится вести одновременно на двух машинах, отдельно для верхней и нижней опоки, или же одна и та же машина сперва производит формовку определенного количества нижних опок, а затем уже переходит к верхним опокам.

Формовочные машины всех описанных выше типов дают, вообще говоря, определенные экономические выгоды лишь при массовом производстве, например, на арматурных заводах, где по одной и той же модели должно быть изготовлено большое количество форм. Если же по данной модели требуется не более одной-двух отливок, то простая ручная формовка почти всегда обходится дешевле.

Самое поднятие или опускание моделей или опок у формовочных машин производится особым механизмом, управляемым от руки при помощи рукоятки; способ действия — гидравлический или пневматический.

Прессование форм может производиться с помощью специального рычажного механизма или гидравлическим способом, редко пневматическим (сжатым воздухом). Порядок операций, наиболее часто практикуемый, следующий (фиг. 55):



Фиг. 55 а — е.
Прессование форм.
А — наставная ра-
ма, F — опока,
М — модельная
плита, Р — прес-
совальная плита.

1. На опоку *F* надевается легкая рама из тонкого железа; *F* и *A* до самого верха наполняются формовочным песком. Для образования воронок в песок сперва от руки загоняются колышки; излишек земли сбрасывается под линейку.

2. Модельная плита *M*, вместе с опокой *F* и рамой *A*, поднимается кверху, навстречу неподвижной прессовальной плите *P*. Земля уплотняется, сжимаясь до объема опоки *с*.

3. *M*, *F* и *A* спускается обратно вниз, земля на поверхности выравнивается, воронки уширяются.

Прессование можно заменить встряхиванием, о чем подробнее будет сказано ниже. Ко всему сказанному необходимо прибавить, что для машинной формовки требуется большое количество опок самой тщательной и точной работы, так как обе части формы, верхняя и нижняя, несмотря на то, что они, в противоположность ручной формовке, производятся совершенно раздельно, должны точно совпадать.

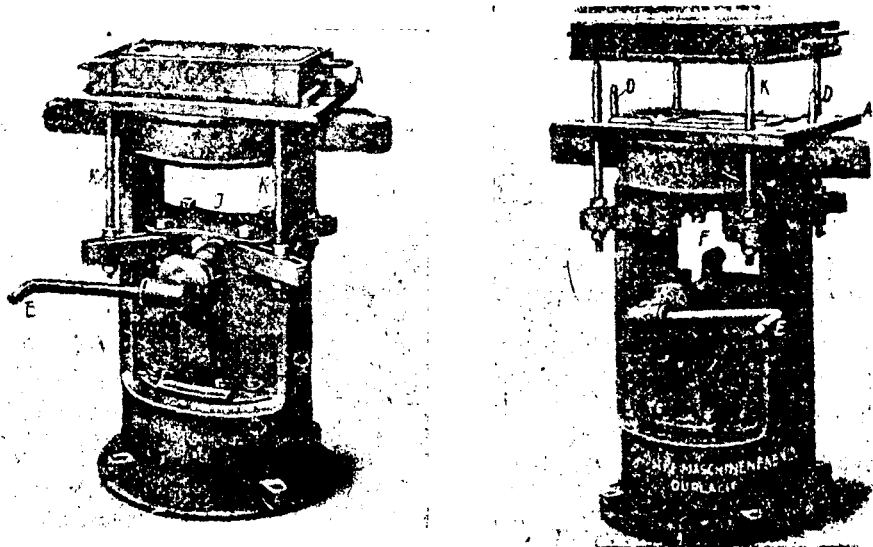
Формовочные машины без поворотных плит.

На фиг. 56 изображена ручная формовочная машина простейшей конструкции в двух характерных для нее положениях. Для правильной установки опоки *С* служат два штифта *D*. В опоку насыпается сперва свежий песок, затем она наполняется обыкновенным формовочным песком, набивается и утрамбовывается обычным способом, после чего поверхность ее тщательно выравнивается под линейку (фиг. 56 слева). Легким постукиванием деревянной колотушкой по модельной плите модели несколько расколачиваются в земле, затем поворачиванием рукоятки *E* поднимается вверх, через посредство кривошипа *F*, платформа *J*, вместе с четырьмя штифтами *K*. Последние направляются четырьмя имеющимися у плиты *A* отверстиями и, подпирая опоку *С* в четырех углах, поднимают ее строго вертикально вверх (фиг. 56 в). После этого опока снимается и ставится на песочное основание. При очень плоских моделях можно обходиться без специального подъемного приспособления и поднимать опоку просто руками; направляющими для нее служат в таких случаях штифты *D*.

На фиг. 57 изображен образец аккуратно отделанной модельной плиты на 21 тройник, которая одинаково применима как для машин без поворотных плит, так и для машин с поворотными плитами. Эта плита может быть отлита из чугуна или томбака, составляя одно целое со всем указанным количеством полумоделей.

На фиг. 58 и 59 изображены формовочные плиты, а также и готовые формы частей подшипника к двигателю. Плиты эти изготовлены из чугуна. Их можно употреблять, в случае надобности, для работы на машине с поворотной плитой, привинчивая их попарно к обеим сторонам плиты: они могут работать и раздельно на машине без поворотной плиты. Чертеж формовочной плиты для верхней опоки основания подшипника на фиг. 59 не показан, плита эта сходна с соответствующей плитой крышки.

Особого внимания заслуживают формовочные плиты Бонвиллана, позволяющие и на машинах без поворотных плит формовать одновременно верхнюю и нижнюю опоки, не меняя самой формовочной плиты. Одна такая плита представлена на фиг. 60;

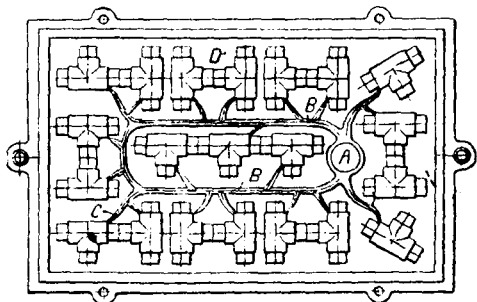


Фиг. 56 а и б. Ручная формовочная машина со штифтами для подъема опок. А — модельная плита, С — опока, D — два направляющих штифта, Е — рукоятка, F — кривошип, J — платформа, K — четыре переставных штифта для подъема опок.

фиг. 61 изображает изготовленную с помощью такой плиты отливку, еще не выпутую из формы.

Плита Бонвиллана конструируется таким образом, что на ней помещаются две модели или две группы моделей, симметрично к ее средней линии, при чем, если одна модель или одна группа моделей лежит одной своей стороной, то другая модель или другая группа кладется другой, противоположной стороной. Поверхность раздела обеих моделей или обеих групп моделей совпадает с разъемной поверхностью опок. Одна модель (или одна группа) может занимать только одну половину всей поверхности опоки. Модель литника закладывается только в верхнюю опоку. Фиг. 62 изображает плиту Бонвиллана для одновременной формовки нескольких различных деталей.

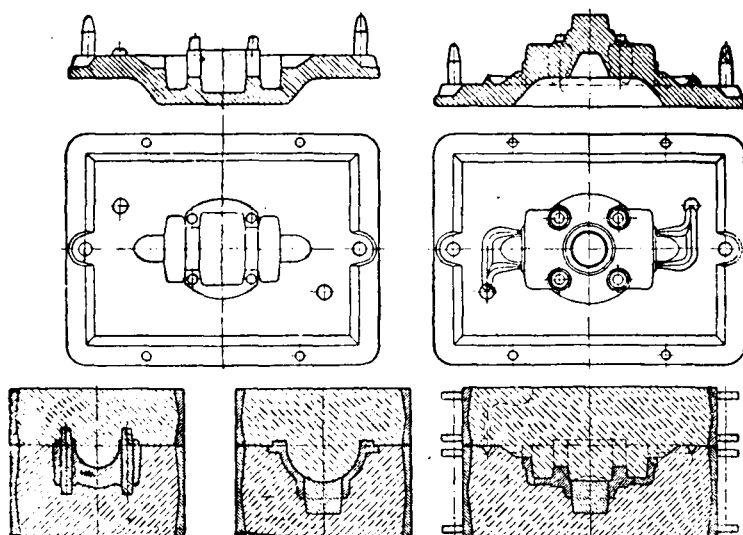
Формовочные плиты обыкновенно делаются из чугуна или красной латуни. Сравнительно высокая стоимость их окупается лишь в тех случаях, когда модели формуются в большом количестве. Если же по данным моделям требуется приготовить не очень много форм, то на практике ограничиваются изготовлением модельных плит из гипса или цемента в чугунных оправах. Плиты в таких случаях покрывают модельным лаком, чтобы придать им более гладкую поверхность. Изображенная на фиг. 60 модельная плита сделана из гипса. Иногда материал комбинируют, — самые модели отливок делают



Фиг. 57. Модельная плита на 21 тройник для газовых труб. А — отверстие для литника, В — главный канал, С — ответвления к отдельным моделям, D — модели тройников с штишечными знаками.

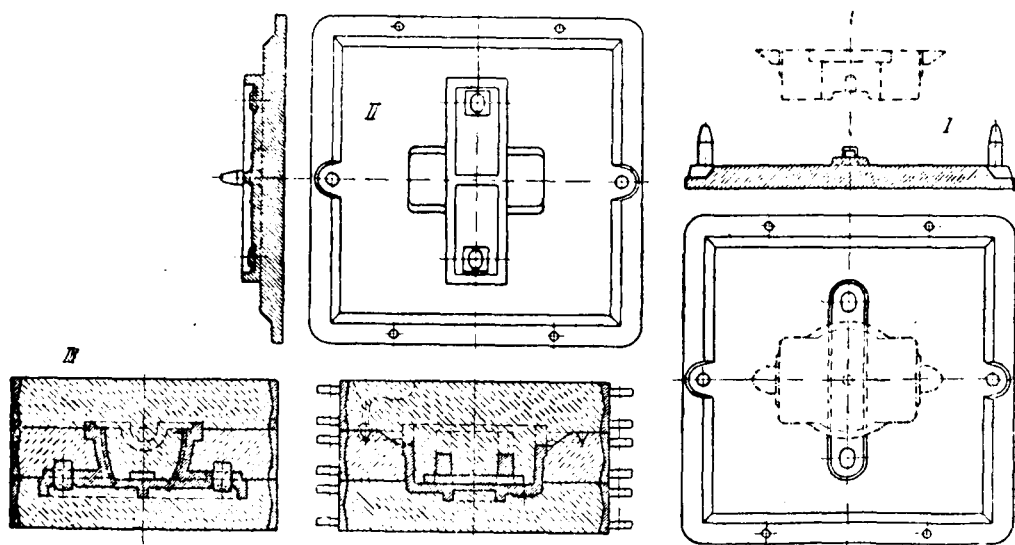
Изображенная на фиг. 60 модельная плита сделана из гипса. Иногда материал комбинируют, — самые модели отливок делают

металлическими, плиту же, модели литников и каналов — из гипса или цемента. Плиты с отдельными привинченными к ним полумоделями употребляются редко.



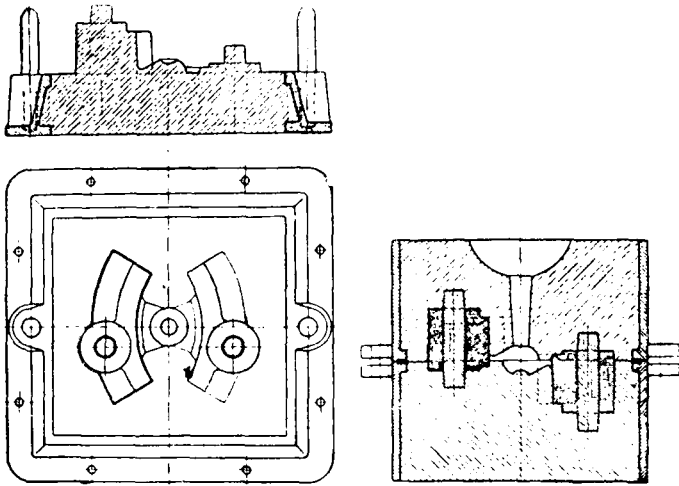
Фиг. 58. Формовочные плиты и собранная форма крышки для подшипника к двигателю.

На фиг. 63 и 64 представлена гидравлическая формовочная машина с устройством для подъема опок, могущая работать и со снимающей плитой. К столу *A* привинчивается болтами

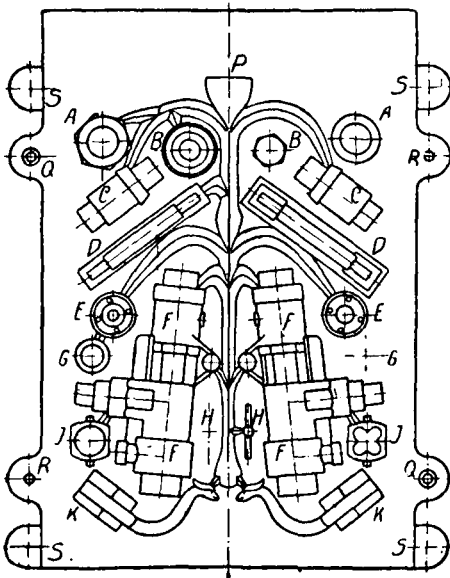


Фиг. 59. Формовочные плиты для средней (I) и нижней (II) опок и собранная форма (III) нижней части подшипника к двигателю.

модельная плита любой формы и конструкции, и на нее ставится и наполняется опока, согласно фиг. 55; уплотнение формовочного песка производится с помощью прессующей плиты *G*. Как показывает фиг. 64, можно, приподняв кверху плиту *G*, все прессующее устройство, обнимающее детали *G—O*, откинуть назад, чтобы получить свободный доступ к опоке, для очистки ее поверх-

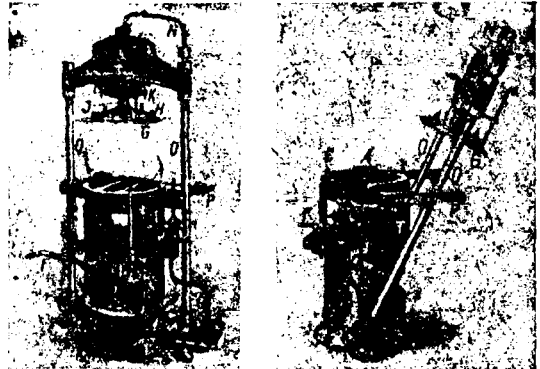


Фиг. 60 и 61. Формовочная плита Бонвиллана и готовая отливка (вагонная тормозная колодка).



Фиг. 62. Плита Бонвиллана для 10 различных моделей.

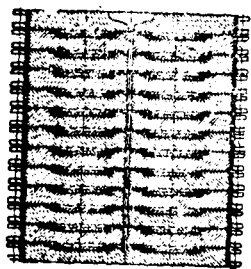
и опускания *E*, *D* и *C*; *G* — сменная прессующая плита, по форме и размерам соответствующая форме опоки; *H* — основная плита, служащая для укрепления плиты *G* и снабженная шарнирным соединением с шпинделем *J*; *J* — шпиндель с нарезкой для надлежащей установки плиты *G*, сообразно высоте опоки, в целях экономии расстояния, времени и напорной воды; *K* — траверса для поршня гидравлического пресса, после прекращения действия воды вновь поднимаемая вверх пружинами *L*; *M* — пресс с водяным цилиндром; *N* — труба для напорной воды; *O* — две штанги для откидывания всей прессующей части машины, из них правая служит вместе с тем водопроводной трубой; *P* — упоры для штанг *O*; *Q* — распределительное устройство для напорной воды; *R* — труба для воды; *S* — сальник между *R* и *O*; *T* — переставная пружина для уравнивания деталей прессующей части *G* — *O*; *U* — поршень для поднятия плиты *E*, в случае большой высоты подъема.



Фиг. 63 и 64. Гидравлическая формовочная машина с поднимающейся опокой, приспособленная также для работы со снимающей плитой.

A — стол для укрепления формовочной плиты; *B* — решетка, которую можно вынимать в тех случаях, когда формовочные плиты, подобно изображенной на фиг. 58 наверху слева, имеют углубления или выступы; *C* — четыре упорных штифта для поднятия опоки; *D* — держатели для штифтов, устанавливаемые соответственно размерам и форме опоки; *E* — платформа для держателей *D*; *F* — рукоятка для поднятия

ности и поднятия ее вверх перед снятием с машины. Подъем опоки производится, аналогично фиг. 56, поворачиванием рычага *F*. Когда требуемая высота подъема опоки превышает 130 мм, поднятие плиты *E* производится гидравлическим способом, с помощью поршня *U*.



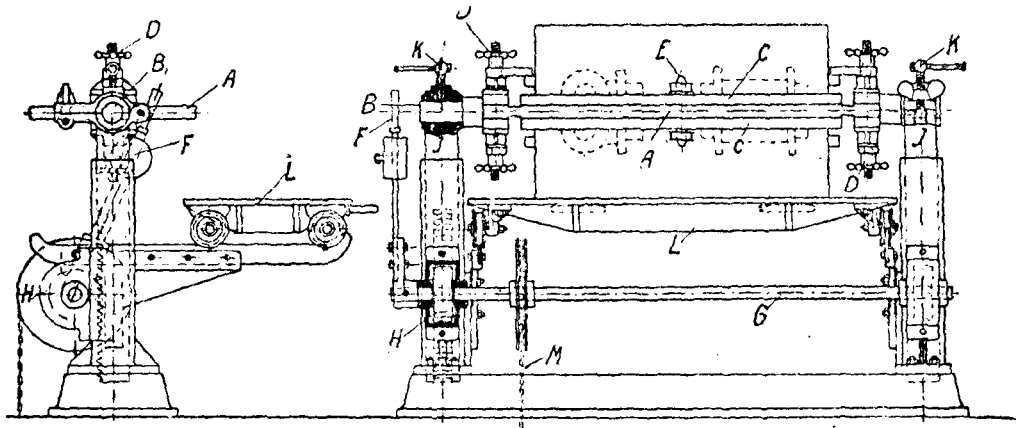
Фиг. 65. Пример
этажной отливки.

Машина может работать также и со снимающей плитой. Для этого необходимо, действуя по принципу фиг. 54, с неподвижной модельной плиты, закрепленной на столе *A*, приподнимать кверху упорными штифтами *C* снимающую доску вместе с опокой.

Если на место прессующей плиты *G* поставить вторую формовочную плиту, то для формовки можно будет использовать обе стороны опоки: нижняя сторона даст верхнюю половину формы, а верхняя — нижнюю половину. Можно составить, таким образом, из ряда спрессованных вместе опок целую колонну, вроде показанной на фиг. 65 грунны, содержащей 12 готовых форм при 13-ти опоках и одном проходящем донизу литнике. Такая система отливки носит название **этажной**; она дает экономию места, формовочного материала и рабочей силы и уменьшает потери на устройство каналов и воронок. †

Формовочные машины с поворотными плитами.†

Ручная машина с поворотной плитой представлена на фиг. 66. Доска *A* может поворачиваться около двух цапф *B*. Модели или модельные плиты *C* прикрепляются к поворотной плите *A* сквозными болтами с утопленными с обеих сторон гайками. Машина работает по принципу, объясненному выше, при описании фиг. 53: на обращенную



Фиг. 66. Ручная формовочная машина с поворотной плитой.

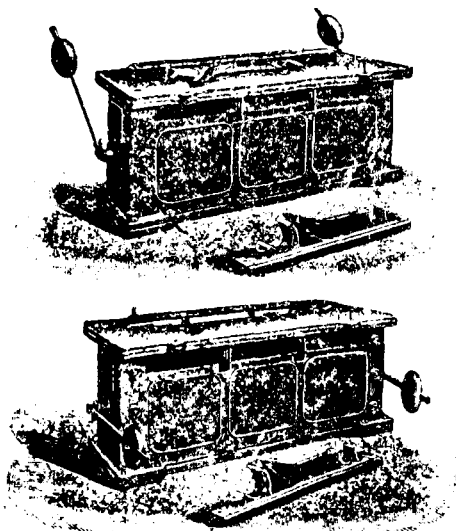
A — поворотная плита, *B* — две цапфы, около которых плита может вращаться, *C* — две модельные плиты, *D* — два зажима для опоки, *E* — четыре установительных штифта для опок, *F* — рычаг для подъема поворотной плиты, *G* — горизонтальный вал, *H* — две зубчатые шестерни на валу *C*, *J* — два поршня с зубчатыми рейками, *K* — два зажимных винта для поворотной плиты, *L* — тележка для откатки спущенной опоки, *M* — цепь для противовеса.

в данный момент кверху сторону поворотной плиты ставится опока, закрепляемая зажимными винтами *D*. Опока наполняется песком, утрамбовывается и выглаживается под линейку. С помощью рычага *F*, при посредстве сидящих на том же валу *G* зубчатых шестерен *H*, оба подшипника *J* поворотной плиты поднимаются вверх: ослабляются зажимные винты *K*, и плита *A* вместе с опокой поворачивается на 180°, после чего плита снова опускается вниз и опока садится на тележку *L*. В таком именно положении машина и изображена на фиг. 66 справа. Затем отвертываются винты *D*, и модельная плита, после нескольких легких ударов молотком, с помощью того же рычага *F*, поднимается и вытаскивается из формы. Тележка *L* вместе

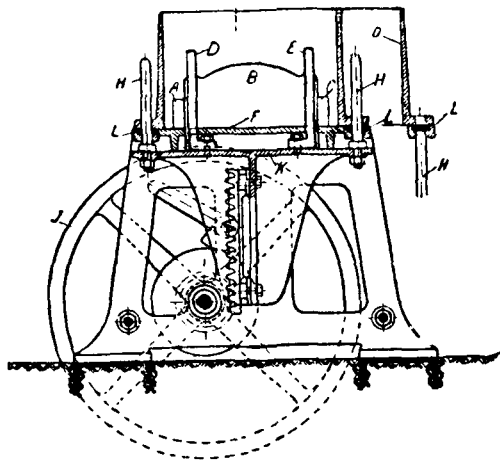
с опокой затем откатывается назад, после чего опока снимается и относится в литейную. Одновременно с последними операциями над нижней опокой, на свободную и обращенную теперь кверху сторону поворотной плиты ставится верхняя опока, с которой поступают точно так же, как раньше с нижней опокой. Машина, таким образом, формирует поочередно обе опоки, верхнюю и нижнюю.

Формовочные машины со снимающими (пропускающими) плитами.

На фиг. 67-а и б показана машина со снимающей плитой для формовки корпуса подшипника. Снимающая плита лежит на закрытой станине машины, к которой она привинчена болтами; на нее ставится опока, центрируемая при помощи двух штифтов, хорошо видимых на фиг. 67-а. Модель наполовину выступает над снимающей плитой; для этой цели откидывают оба снабженных противовесами рычага. Опока утрамбовывается от руки, после чего модель, поворачиванием рычагов в обратную сторону, протаскивается сквозь снимающую плиту вниз.



Фиг. 67 а и б. Формовочная машина со снимающей плитой.



Фиг. 68а. Комбинированная машина со снимающей плитой и подъемным устройством для опок.

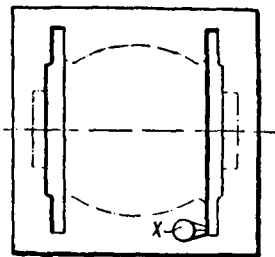
A, B, C — неподвижные части модели; *D, E* — протаскиваемые части модели; *F* — снимающая и модельная плита; *G* — опока; *H* — четыре штифта, служащие для центрирования, а также и подъема опоки; *J* — ручной маховик; *K* — поднимающий и опускающий стол; *L* — переставные планки с 4-мя отверстиями.

В самый последний момент четыре упорных штифта, также видимых на фиг. 67-б, начинают двигаться вверх, поднимая опоку над машиной, так же, как у обыкновенных машин с подъемным устройством для опок. Например, если машина в том положении, в котором она изображена на фиг. 67-а и б, приспособлена для формовки нижней опоки, то для формовки верхней опоки необходимо, чтобы находящаяся внутри машины половина модели была заменена соответствующей ей другой половиной; для этого достаточно снимающую плиту перевернуть на обратную сторону. Одна и та же плита, следовательно, служит для формовки обеих опок.

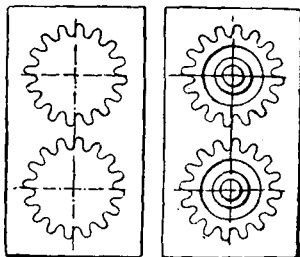
На фиг. 68-а изображена комбинированная машина со снимающей плитой и подъемным устройством для опок, приспособленная для формовки корпуса вентиля. Части модели *A, B* и *C* укреплены на снимающей плите (последняя изображена в плане отдельно на фиг. 68-б), имеющей прорезы, соответствующие сечению фланцев; *X* — модель для литника. Фланцы *D* и *E* привинчены к столу *K*.

Формовка корпуса вентиля производится следующим образом (фиг. 68-а): опока *G* ставится на плиту *F*; положение ее центрируется длинными установленными штифтами *H*. После надлежащей набивки и трамбовки опоки, стол *K* поворачиванием маховика *J* спускается вниз,

вместе с прикрепленными к нему моделями фланцев; последние проходят при этом через прорезы неподвижной плиты, задерживающей песок в опоке от выпадения. Вместе со столом *K* спускаются также штифты *H* настолько, что они выходят из отверстий планок *L*; последние могут быть затем передвинуты в своих пазах так, чтобы отверстия не приходились больше над штиф-



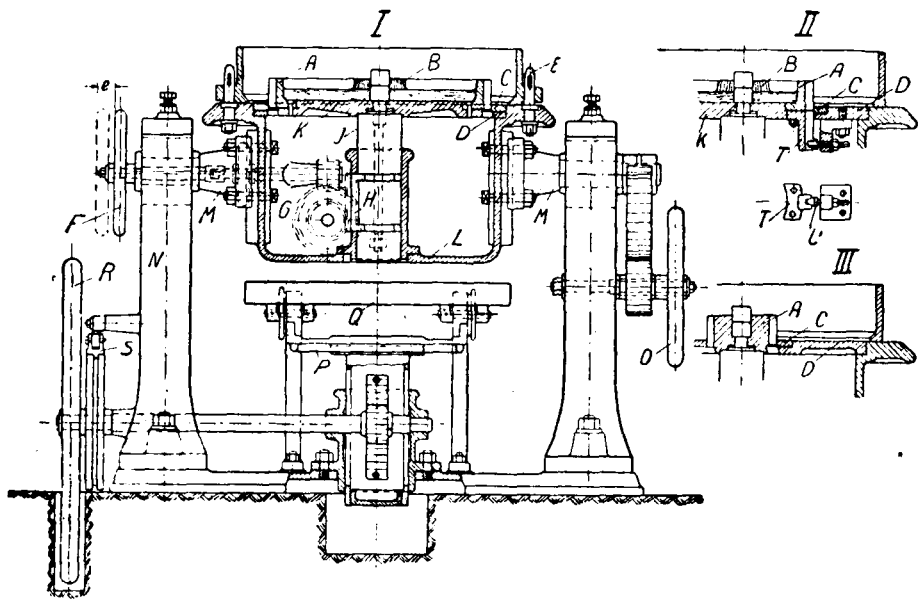
Фиг. 68b. Снимающая плита к машине, изображенной на фиг. 68a.



Фиг. 69. Снимающая плита и модельная плита для двух шестерен.

гами (см. отдельную фигуру сбоку). Теперь, поднимая снова стол *K*, можно опоку поднять вверх и таким образом отделить ее от частей модели *A*, *B* и *C*.

В только что описанном случае машина работает, как уже указывалось, комбинированным способом, так как на ней снимаются только фланцы, остальные же части модели формируются



Фиг. 70. Формовочная машина со снимающей плитой для зубчатых колес.

I — устройство для формовки самого большого зубчатого колеса, *II* — то же для колеса средней величины, *III* — то же для самого малого зубчатого колеса. *A* — модель зубчатого обода, *B* — модель втулки и спиц, *C* — снимающая плита из белого металла, *D* — опорное кольцо для плиты *C*, *E* — установительные штифты с чеками, *F* — ручной маховик для протаскивания модели, *G* — червячная передача, *H* — зубчатый ползун, *J* — поршень, *K* — плита, с которой соединена модель зубчатого обода, *L* — коробка, *M* — две цапфы, около которых происходит вращение коробки, *N* — две боковые стойки с опорами для коробки *L*, *O* — ручной маховик для поворачивания *L*, *P* — платформа с рельсами, *Q* — тележка для откатки спущенной опоки, *R* — маховик для спуска опоки, *S* — спусковой тормоз, *T* — добавочная часть, служащая направляющей для зубчатого обода *A*, *U* — направляющий ролик.

по обычному принципу отделения опоки путем поднятия ее вверх. Само собой разумеется, что на этой же машине можно формовать, работая исключительно снимающей плитой. Примером может служить формовка двух шестерен, для которых обе плиты — снимающая и модельная изображены — на фиг. 69.

При протаскивании модели между последней и снимающей плитой всегда попадают в небольшом количестве маленькие песчинки, что приводит к быстрому изнашиванию плиты и образованию зазоров между нею и моделью; когда плита плохо снимает, ее необходимо заменить новой.

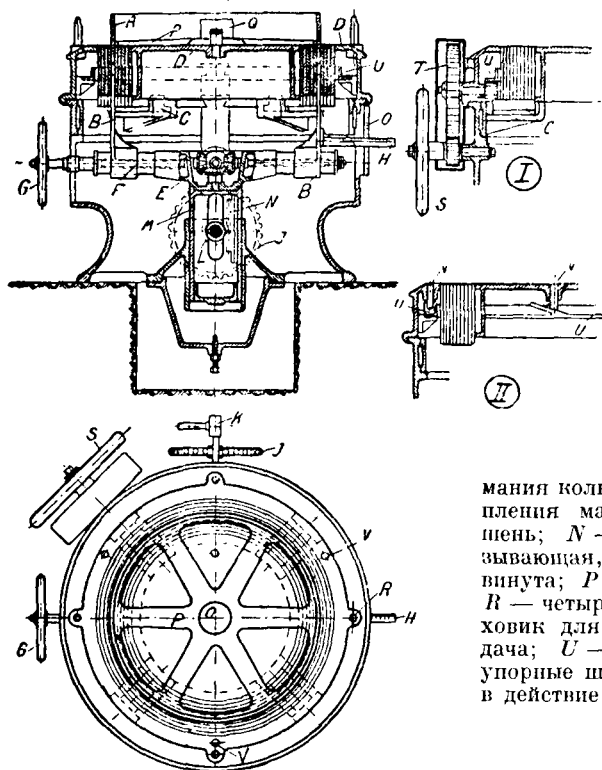
Снимающие плиты отливаются из чугуна точно по очертанию модели и самым тщательным образом отделяются ручным или машинным способом. Для моделей очень сложной формы изготовление плит обходится чрезвычайно дорого. Поэтому их предпочитают в таких случаях делать из белого металла, заливаемого непосредственно вокруг модели. Изнашивание такой плиты, разумеется, больше, чем чугунной, зато ее легче и проще изготовить, и стоимость ее несравненно ниже.

У изображенной на фиг. 70 машины со снимающей плитой для формовки зубчатых колес указанные дефекты отчасти устранены. Модель зубчатого обода *A* кладется так, чтобы она выступала сверху на требуемую высоту, т. е. на всю ширину зуба (при цилиндрических колесах); затем на установительные штифты *E* ставится опока и закрепляется чеками. В опоку насыпается земля, и после того, как она утрамбована и поверхность ее выравнена, плита *K* вместе с моделью обода *A* поворачиванием маховичка *F* отделяется от формы и опускается вниз. Теперь можно уже опрокинуть опоку, но перед тем, как повернуть для этой цели коробку *L*, необходимо разъединить маховик *F* с червячной передачей *G*; соединение этого маховика, лежащего позади цапфы *M*, с валом червяка *G* осуществлено при помощи торцового ключа с квадратным отверстием. Разъединение достигается тем, что маховик *F* отводится на небольшое расстояние *e* влево, принимая, таким образом, положение, показанное на фигуре пунктиром. Маховик *F* остается тогда, вместе с стойкой *N*, неподвижным, а червячная передача *G*, связанная с коробкой *L*, вращается вместе с ней. С помощью маховика *O* коробка *L* вместе с опокой поворачивается около цапф *M* на 180°; опока опрокидывается, следовательно, верхней стороной вниз. Теперь, действуя маховиком *R*, поднимают платформу *P* вместе с находящейся на ней тележкой *Q* вверх до тех пор, пока *Q* не упрется в опоку. Затем, выбив у штифтов *E* чеки, несколькими легкими ударами по коробке *L* расшатывают оставшуюся в опоке модель втулки и спиц, и опока спускается вниз. Движение опоки вниз регулируется тормозом *S*, служащим вместе с тем для закрепления маховика *R* во время остановки.

Плита *C*, пропускающая через себя модель зубчатого обода *A* при вытаскивании ее из опоки, только до тех пор будет удовлетворять своему назначению, пока она плотно охватывает модель по всему наружному очертанию ее. Но плита *C* очень скоро перестает справляться с этой ролью, вследствие своего неизбежного изнашивания; такое явление особенно дает себя чувствовать при косозубчатых моделях. Это обстоятельство приводит к необходимости иметь для модели обода *A* еще одно направляющее приспособление, которое, в случае надобности, могло бы быть легко включено в машину. Такое приспособление и показано на фиг. 70 наверху справа. К ободу *A* привинчивается удлинение *T*, фрезеваемое одновременно с зубьями обода; в промежутке между зубьями *T* входит стальной ролик *U* с неподвижной осью, к которому переходит роль направляющей обода *A* при пропуске его через плиту.

Ременные шкивы, поскольку речь идет не о массовом изготовлении, а об оди-
ночных шкивах, формуется от руки с помощью модели или шаблона. На трансмиссионных заводах производство ременных шкивов носит массовый характер, при чем требования чаще всего бывают на шкивы одинакового диаметра, но самой различной ширины обода. Было бы чрезвычайно нерационально, в отношении расходования материала и рабочей силы, отливать все без исключения шкивы одинаковой ширины с тем, чтобы потом, в соответствии с потребностью, отрезать от обода ненужную часть ширины. На таких заводах употребляются специальные формовочные машины для ременных шкивов, образец коих изображен на фиг. 71. Внутри снимающей плиты *D* имеется десять концентрических колец *A* одинаковой толщины (между 8 и 18 мм), каждое из этих колец представляет собою модель обода ременного шкива. Кольца *A*, для предупреждения вращения их, имеют внизу аккуратно сделанные вырезы, ко-

торами они лежат на четырех строганых кронштейнах *C*; наверху они все сравнены краями, заподлицо с плитой *D*. Между кронштейнами *C* устроены скрепляющиеся винты, по которым, при помощи маховика *G*, могут равномерно передвигаться в радиальном направлении четыре ползушки *B*, снабженные вертикально стоящими планками; эти планки концами своими, имеющими форму ласточкина хвоста, сцепляются в четырех диаметрально расположенных пунктах с тем именно кольцом *A*, которое соответствует шкиву требуемого диаметра. Далее, поворачи-



Фиг. 71. Формовочная машина для ременных шкивов.

A — десять моделей колец различных диаметров; *B* — четыре ползушки; *C* — четыре кронштейна на которых лежат модели *A*; *D* — снимающая плита; *E* — перекрестная передача для сообщения поступательного движения ползушкам *B*; *F* — четыре винта для *E*; *G* — ручной маховик для установки ползушек *B* против требуемого кольца; *H* — линейка с делениями, показывающая, на какое кольцо машина установлена; *J* — маховик для выдвигания кольца на требуемую ширину обода, а также для вынимания кольца из опоки; *K* — собачка для закрепления маховика *J*; *L* — шестерня; *M* — поршень; *N* — зубчатая рейка; *O* — шкала, показывающая, на какую ширину модель обода выдвинута; *P* — модель спиц; *Q* — модель втулки; *R* — четыре установительных штифта; *S* — маховик для поднятия *P* и *Q*; *T* — зубчатая передача; *U* — кольцо для поднятия опоки; *V* — упорные штифты; *I* — устройство для приведения в действие кольца *U*; *II* — приспособление для подъема опоки.

вая маховик *J*, можно это кольцо *A* выдвинуть на такую часть его ширины, которая соответствует половине требуемой ширины обода.

Чтобы получить полную модель шкива, необходимо еще закрепить на плите *D* модель спиц и модель втулки; первая делается большею частью металлической, вторая — деревянной. Затем на штифты *R* ставится опока. Она набивается и выравнивается обычным путем, после чего, с помощью того же маховика *J*, кольцо *A* вытаскивается из опоки вниз. Поднятие опоки вверх и отделение ее от модели спиц производится с помощью маховика *S* следующим образом (см. две отдельные фигуры): при посредстве зубчатой передачи *T* приводится во вращение кольцо *U*, которое, упираясь 3-мя имеющимися у него наклонными выступами в три штифта *U*, толкает их вверх вместе с лежащей на них опокой. Модель втулки легко вынимается из песка без всякого повреждения формы.

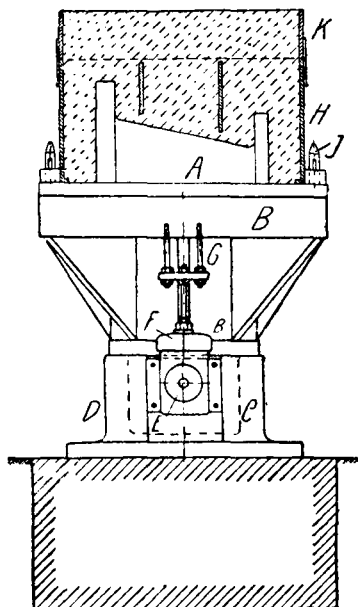
Шкивы, отформованные на таких машинах, даже отлитые вчерне, отличаются точностью кругового движения, так что они или вовсе не нуждаются в обработке, или же требуют лишь незначительной обточки на очень тонкую стружку. Чтобы получить шкив совершенно готовым, остается только высверлить отверстие у спицы. Обод можно делать очень тонким, так как по условиям формовки не требуется, чтобы он имел коническую форму. Кроме десяти различных моделей для спиц, требуется только еще некоторый, очень недорого стоящий резерв моделей втулок. А если принять во внимание еще и то, что шкивы уже в отливке получают надлежа-

щей ширины, что заранее исключает угар и ограничивает обработку, а также и то, что уход за формовочной машиной может быть поручен и неквалифицированному рабочему, то станет ясным, что работа на таких машинах, давая сравнительно низкую себестоимость изделий, чрезвычайно рентабельна.

Встряхивающие формовочные машины.

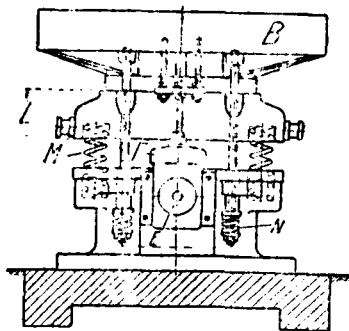
Назначение этих машин — производить уплотнение песка в опоке путем его встряхивания, вместо трамбовки или прессования. Встряхивающая машина простой конструкции представлена на фиг. 72. На стол *В* ставится модельная плита *А*, опока *Н* с наставной рамой *К*, в которую доверху насыпается песок от руки (лопатой) или с помощью особого загрузочного приспособления. Машина работает сжатым воздухом при давлении около 6 кг/см^2 ; *Е* — выпуск воздуха в цилиндр. Сотрясательное движение сообщается столу *В* действием распределительного механизма *Г*, соединенного со столом системой тяг *Г*. Каждое такое сотрясение начинается довольно плавным движением стола вверх, за которым следует стремительное падение вниз и короткий удар о края стойки *Д*. Такое встряхивание производит требуемое уплотнение формовочного материала в опоке.

Непрерывный, довольно сильный стук, сопровождающий указанное сотрясательное движение стола, неприятен для окружающих, но рабочие довольно быстро к нему привыкают. Действие ма-



Фиг. 72. Встряхивающая формовочная машина, работающая сжатым воздухом.

А — модельная плита, *В* — стол, имеющий сотрясательное движение, *С* — поршень, *Д* — цилиндр, *Е* — место присоединения трубопровода для сжатого воздуха, *Г* — распределительная коробка, *Г* — тяговый механизм, *Н* — опока, *Ж* — установительные штифты, *К* — наставная рама.

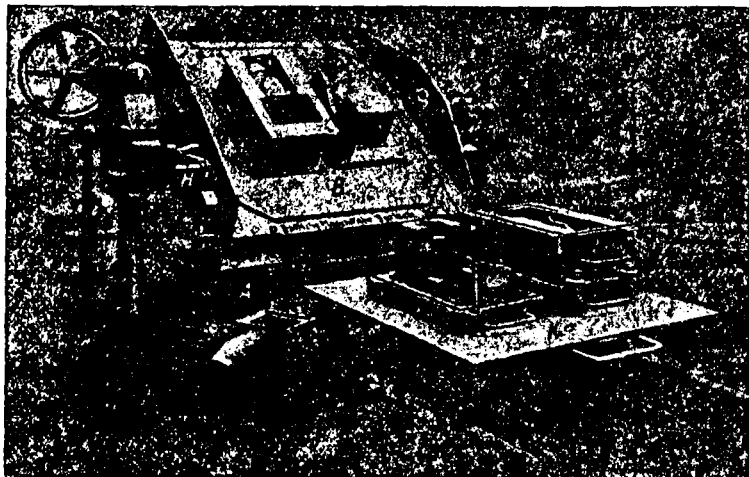


Фиг. 73. Встряхивающая формовочная машина с уравновешиваемым ударом, работающая сжатым воздухом, *А* до *К* — как на фиг. 72, *Л* — массивная плита, *М* — сужерные пружины, *Н* — прижимные пружины с установительными тягами.

шины вызывает необходимость солидной конструкции для расположенных под ней частей здания и фундаментов. При очень крупных машинах с большим весом падающих частей дело обстоит так же, как при работе паровых молотов, — толчки и стук дают себя чувствовать на довольно значительном расстоянии и сильно беспокоят соседей. Поэтому формовочные машины, работа коих сопровождается ударами, строятся обычно лишь до определенной нагрузки (формовочная плита + опока + песок), примерно, до 2500 кг , что соответствует емкости опоки в $1,5 \text{ куб. м}$.

Толчки, передаваемые на фундаменты и соседние строения, устраняются применением машин с уравниваемым ударом. Одна такая машина изображена на фиг. 73. Стол, вместо того, чтобы ударять непосредственно о станину машины, передает толчки тяжелой плите *L*, поддерживаемой несколькими сильными пружинами *M*. Нижние прижимные пружины *N* препятствуют чрезмерно высокому подъему поршня *C*. Машины этого типа строятся для нагрузок до 25 000 кг.

Встряхивающие машины могут работать по типу фиг. 72 и 73, т. е. как простые машины, у которых опока поднимается руками или краном, или такие, которые, подобно описанным выше машинам, имеют для этой цели гидравлическое, пневматическое или какое-либо



Фиг. 74. Встряхивающая формовочная машина с опрокидной плитой.

A — стол; *B* — клепаная опрокидная плита; *C*₁ и *C*₂ — две рядом лежащие формовочные плиты для верхней и нижней опок; *D* — две цапфы для опрокидной плиты, расположенные выше плиты *B*, для уравнивания опок; *E* — два насосных поршня для поднятия и спуска опрокидной плиты; *F* — тяги, соединенные с общей системой рычагов (на фиг. не видны), служащие для равномерного поднятия обеих поршней *E*; *G* — устройство для опрокидывания плиты *B*, состоящее из ручного маховика и червячной передачи; *J*₁ и *J*₂ — верхняя и нижняя опоки в готовом заформованном виде; *K* — тележка.

иное механическое устройство. Машины эти строятся с плитами всех систем, — простыми формовочными, поворотными и снимающими.

На фиг. 74 изображена встряхивающая машина с опрокидной плитой, у которой все встряхивающее устройство стоит в углублении, так что над уровнем пола литейной виден только стол *A* (на фиг. 72 и 73 он обозначен через *B*). Операции производятся в следующем порядке:

1. На плиту ставится опока, на нее рама; насыпается песок с помощью лопаты, а при больших опоках — из особого питательного силоса для формовочного песка.
2. Опрокидная плита *B*, вместе с модельной плитой *C* и опокой *J*, опускается вниз и сажается на стол *A*, имеющей сострясающее движение.
3. Песок уплотняется встряхиванием стола, после чего поверхность опоки *J* выравнивается под линейку и выглаживается.
4. Опрокидная плита *B* поднимается на требуемую высоту вверх.
5. Плита *B*, вместе с модельной плитой *C* и опокой *J* опрокидывается и спускается на тележку *K*, подкатываемую для этой цели под плиту.

6. Снимаются соответствующие крепления у плиты *В* и опоки *Ж*, модель слегка раскачивается постукиванием, затем плита *В* приподнимается до тех пор, пока модель не выйдет вся из песка.

7. Тележка откатывается в сторону, и плита *В*, вместе с модельной плитой *С*, снова переворачивается в первоначальное положение. Этот момент и представлен на фиг. 74.

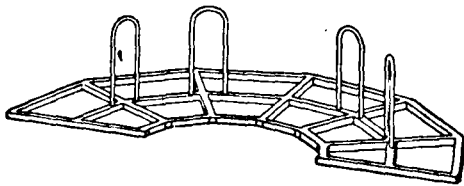
Для формовки тех деталей, которые показаны на нашей фигуре, на плите *В* имеется достаточно места, чтобы поместить на ней и верхнюю и нижнюю опоку. Обе опоки могут, таким образом, формоваться одновременно, так что можно в таких случаях ограничиться работой на одной только стороне поворотной плиты.

Из вышесказанного ясно громадное значение встряхивающих машин, с успехом заменяющих ручную набивку опок, а также и механическую трамбовку пневматическими приспособлениями или прессование. Применение встряхивающих формовочных машин имеет особенно важное значение при высоких моделях и опоках с перегородками, а также и при употреблении крючков, утрамбовываемых в песок для лучшего удержания материала, — в таких случаях прессование цели не достигает. Уплотнение песка встряхиванием занимает очень мало времени (всего 1 — 1½ минуты) и является поэтому незаменимым, в смысле экономии времени и денег, способом формовки опок очень больших размеров. Встряхивающие машины чрезвычайно удобны и полезны также и в единичном производстве, так как они дают возможность применять модели любого типа (деревянные модели, формовочные плиты) и опоки любой формы и конструкции. Число ходов стола, в зависимости от размеров форм, 200 — 300 в минуту.

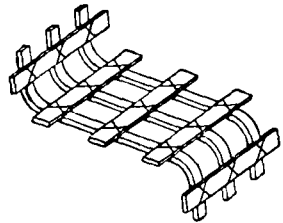
Встряхивающие машины строятся также с кривошипным приводом от трансмиссии или электромотора; такие машины пригодны, главным образом, для формовки мелких и средних деталей.

Приготовление стержней (шишек, сердечников).

Назначение стержней — образование в формах, необходимых для отливаемых предметов, пустот. Стержни укладываются в особые гнезда, устраиваемые в стенках формы, в тех местах, где у модели имеются так называемые знаки. Они подвержены довольно большим напряжениям изгиба, вызываемым собственным весом их и, в значительно большей степени, давлением жидкого металла. Материал стержней, — стержневой песок, — должен, в силу этого, обладать



Фиг. 75. Чугунный стержневой каркас с ушками.



Фиг. 76. Каркас из полосового железа.

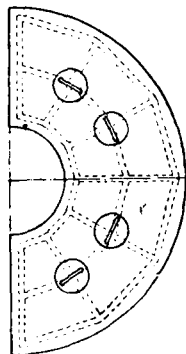
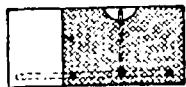
очень высокой крепостью; этим и объясняется то, что для стержней обычно берут материал значительно более прочный, чем для форм. В составе этого материала, а равно и необходимости сушки стержней, уже говорилось выше.

Прочность и жесткость стержней достигается при помощи каркасов — особых металлических скелетов. Каркасы отливаются из чугуна (фиг. 75), или склепываются из круглого или полосового железа, или же скрепляются путем электрической сварки или обвязки проволокой (фиг. 76). Готовый стержень с внутренним каркасом изображен на фиг. 77.

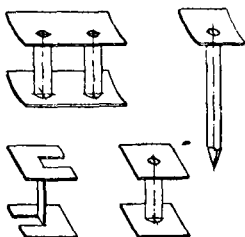
Для наружного укрепления стержней и удержания их на весу служат жеревейки и (фиг. 78), имеющие форму штифтов с двумя широкими шляпками или гвоздей с одной шляпкой. Изготавливаются они из белой жести и зажимаются между формой и стержнем (фиг. 79) или втыкаются в стенку формы (фиг. 80 и 81). Они остаются затем внутри отливки, выступающие концы их потом обрубаются. Жеревейки имеют тот недостаток, что около них часто появляются

отдулины; они могут поэтому применяться лишь для таких предметов, которые в данном месте не подлежат обработке и в дальнейшем не должны испытывать сколько-нибудь значительных давлений пара или жидкости.

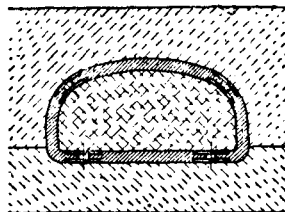
Назначение наружной бобышки в месте прохождения жеребейки — ослабить, насколько возможно, путем местного утолщения стенки, опасность образования неплотностей у отливаемого предмета. У труб и колен такие отростки попадают сплошь и рядом (см. фиг. 6, 80 и 81).



Фиг. 77. Стержень с утрамбованным внутренним металлическим каркасом.



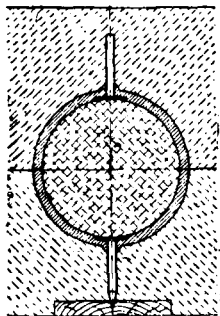
Фиг. 78. Жеребейки для укрепления стержней в формах.



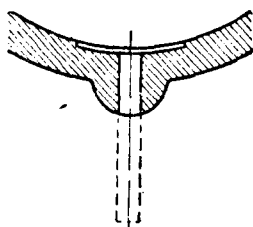
Фиг. 79. Стержень с вставленными жеребейками с двумя шпильками.

Каналы для отвода газов можно получить, кладя в тело стержня кусочки кокса или продырявленные трубы. У мелких стержней при набивке вкладывают шнуры, покрытые воском; воск в сушильной печи расплавляется, и шнуры свободно выходят, оставляя каналы.

В большинстве случаев стержни набиваются в стержневых или шпиче-



Фиг. 80. Стержень с вставленными жеребейками, имеющими форму гвоздей.



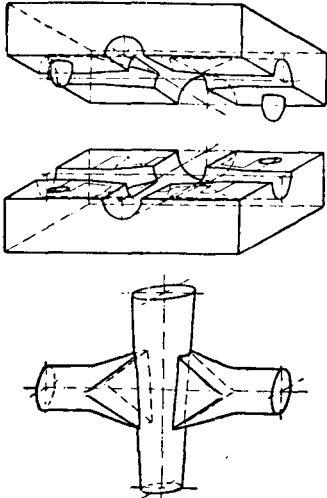
Фиг. 81. Наружный отросток (бобышка) в месте нахождения жеребейки.



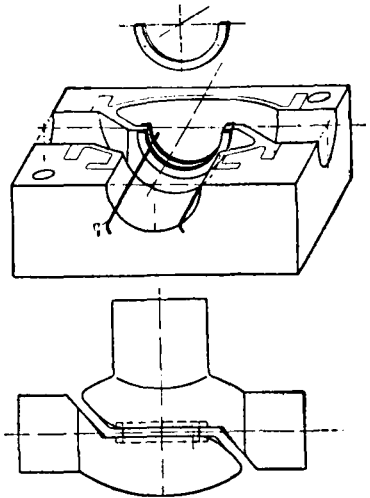
Фиг. 82 а и б. Правильная и неправильная форма воздушного колпака.

ных ящиках, подобно тому, как модели формируются в опоках. Стержневые ящики делаются чаще всего деревянными и покрываются модельным лаком, для предупреждения пригорания песка. В зависимости от формы стержней, ящики бывают цельные или разъемные, из двух или нескольких частей. В последнем случае составные части должны быть аккуратно пригнаны друг к другу, иметь для этой цели деревянные или металлические штыри и соответствующие отверстия для их входа и скрепляться при помощи струбцинок. Если стержень имеет внутри

металлический каркас, то последний кладется при набивке в стержневой ящик. Когда набивка окончена, ящик разбирается и стержень выкладывается на открытое место, после чего он отде-



Фиг. 83. Стержневой ящик и стержень для корпуса крана.



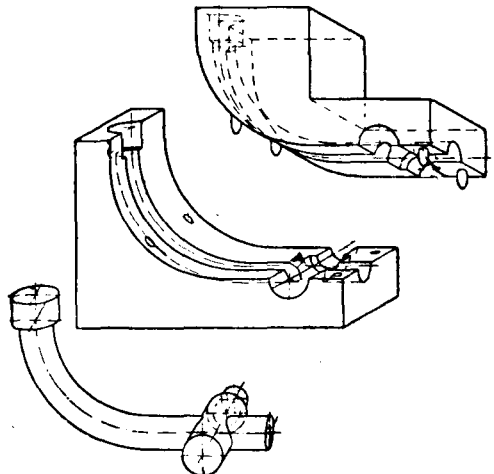
Фиг. 84. Одна половина стержневого ящика и стержень для запорного вентиля.

лывается, полируется, покрывается формовочными чернилами и высушивается в сушиле, описание которого дано будет ниже.

На фиг. 83 изображен простой стержневой ящик, разъемный, из двух половин. Фиг. 84 показывает, каким образом можно вложить в стержневой ящик небольшое кольцо и планки и удержать их в определенном положении с помощью кусков проволоки А, которые вытаскиваются затем перед снятием верхней половины ящика. На фиг. 85 разъемная поверхность обеих частей стержневого ящика имеет очертание дуги в 90°. Примеры других, более крупных стержней, см. фиг. 99 и 105.

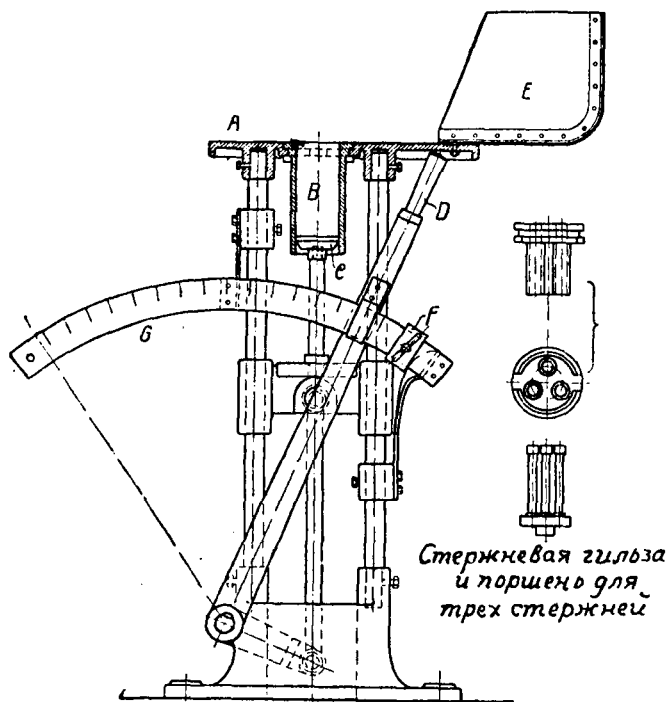
Всякая литейная мастерская в большом количестве потребляет простые цилиндрические стержни; они требуются для получения пустот и сквозных отверстий в ступицах, гильзах и т. п. Способ приготовления таких стержней в разъемных деревянных или металлических стержневых ящиках для настоящего времени устарел. Набиваемые таким способом стержни имеют всегда одинаковую длину и не сразу годятся в дело, а должны быть предварительно обрублены; кроме того, они в разъемной плоскости имеют два продольных шва, которые после сушки приходится спиливать. Может случиться, что обе половины ящика от продолжительного употребления точно не сойдутся, это даст снос, т. е. сдвиг обеих половин друг относительно друга. В результате отливка дает брак, так как отверстие получается неправильной, некруглой формы.

Эти обстоятельства приводят к необходимости применить для приготовления стержней более совершенный машинный способ. Представленная на фиг. 86 машина служит для массового изготовления стержней правильной цилиндрической формы. В стол А вставляется или



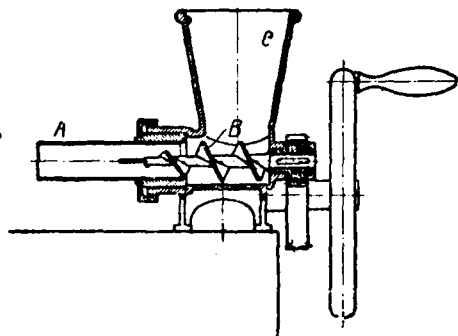
Фиг. 85. Части стержневого ящика и стержень для корпуса крана.

закрепляется чугунная или бронзовая гильза *В*. Требуемая длина стержня определяется ходом штемпеля *С*; ход этот устанавливается посредством рычага *Д* и упорки *Е*, могущей передвигаться по дуге с градусными делениями. Стержневой материал из сборной коробки или корыта *Е*



Фиг. 86. Машина для изготовления цилиндрических стержней.

А — стол, *В* — сменная стержневая гильза, *С* — штемпель (толкатель), *Д* — рычаг, *Е* — сборная коробка для песка, *Е* — упорка, *Г* — дуга с градусными делениями.



Фиг. 87. Стержневая машина.

А — мундштук, *В* — винт, *С* — загрузочная воронка.

набивается в гильзу *В*, при чем представляется проволока для образования вентиляционных каналов, затем рычаг *Д* откидывается влево и стержень выталкивается вон. Как показывает эскиз сбоку, можно на этой машине набивать и несколько стержней сразу. Можно также получить стержни и не строго цилиндрической формы, — для этого требуется вставлять в гильзу деревянные вкладыши соответствующей формы. Также не исключена возможность класть в гильзу металлический сердечник, для увеличения прочности получаемых стержней.

Изображенная на фиг. 87 стержневая машина по конструкции и принципу действия вполне сходна с машинами для набивания колбас. Стержневой материал подается в воронку *С* и вращением ручного маховика выталкивается винтом *В* через мундштук *А* в виде длинной колбасы, разрезаемой затем на стержни требуемой длины. Устройство это интересно еще и тем, что, благода-

ря удлинению оси винта, снабженной на конце штифтом, стержень получается с готовым вентиляционным каналом. Машины этого типа выпускают стержни довольно быстро и без всяких перебоев, но пригодны лишь для стержней диаметром, примерно, до 80 мм. В противоположность указанным выше машинам других конструкций, вкладывание металлических сердечников в тело стержней здесь невозможно.

Из других способов механической обработки стержней важно отметить способ формовки Кнюттеля, с успехом применяемый для изготовления мелких стержней любой формы, при помощи разъемных формовочных ящиков. На фиг. 88 показан пример такой формовки,

из которого может быть уяснена сущность этого способа. Операции протекают в следующем порядке:

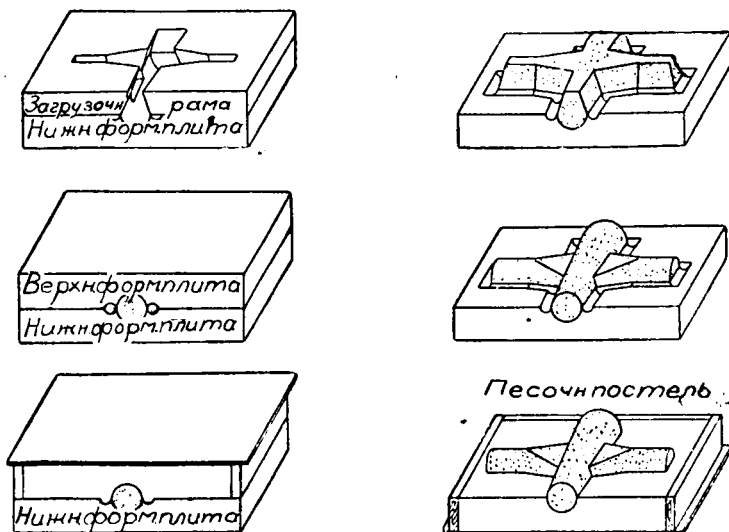
1. На нижнюю формовочную плиту ставится рама, определяющая собою потребное количество формовочного материала; рама эта насыпается песком, излишек которого сгребается линейкой.

2. Рама снимается; стержень остается лежать на нижней плите, при чем выступающая часть его несколько скошена кверху.

3. Стержень сжимается между двумя формовочными плитами, при чем излишний материал выдавливается в боковой желобок, заранее проделанный по всему контуру стержня.

4. Верхняя плита снимается, и готовый вполне стержень остается лежать на нижней плите.

5. На нижнюю плиту накладывается рама, наполняется сухим песком (песочная постель), затем рама сверху покрывается железным листом или деревянной доской или, еще лучше, чугунной плитой, снабженной пазами, соответствующими форме стержня.



Фиг. 88a — f. Формовка стержней по способу Кнюттеля.

6. Нижняя формовочная плита, вместе с рамой и доской (или листом), переворачивается и кладется доской вниз; стержень лежит на песочной постели и вместе с ней может быть отнесен в сушилку.

Фиг. 89 изображает формовочную машину для стержней (стержневой прессе): *A* — нижняя, *B* — верхняя формовочная плита, *C* — рама, *D* — песочная постель. Как ясно из фигуры, можно, в случае надобности, одновременно изготовить и несколько стержней. Вкладывание в стержни металлических сердечников вполне возможно.

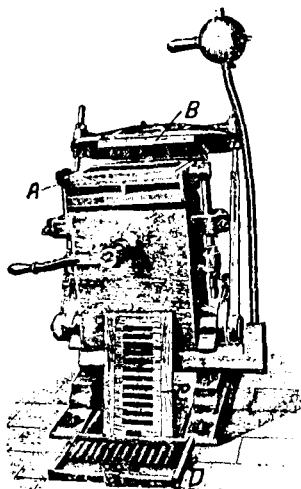
Стержни, изготавливаемые из глины, всегда вытягиваются. Для колен и т. п. фасонных частей стержни составляются из двух половин, каждая отдельно кладется на деревянную доску (фиг. 90), вырезанную по очертанию стержня; желаемая форма дается ей движением шаблона. Обе половины после сушки связываются проволокой и после заделки швов чернятся и вновь подвергаются сушке.

Фиг. 91 показывает способ вытягивания половины стержня для фасонной части (ответвления) с помощью шаблонов. Шаблон *A* служит для вытягивания широкой части ответвления, шаблон *C* для обоих тонких патрубков, а шаблон *B* — для переходной части. Те места, которые не могут быть обработаны шаблоном, формуется от руки.

Стержни, имеющие форму тел вращения, готовятся путем обточки на стержневых станках (фиг. 92). Шпиндель *A*, представляющий собою железную трубку, продырявленную по всей длине, обматывается одним или несколькими слоями канатов, скрученных из соломы или древесного мочала, и затем покрывается глиной. На шпиндель надевается ручка или ременной шкив, которыми он приводится во вращение в указанном стрелкой направлении. Формовка стержня производится деревянным шаблоном *B*, который удерживается в неподвижном положении винтами или накладываемой на него гирей. При очень толстых

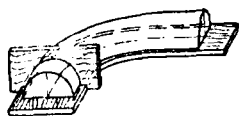
стержня весь слой глины не должен накладываться сразу, в один прием, так как непротиснутый еще стержень под влиянием собственного веса легко может потерять свою форму. Для ускорения работ стержни из глины часто приготавливаются в открытых сушилах, не успевших еще совершенно остыть после просушки форм или стержней.

Солома наматывается с той целью, чтобы возникающие в процессе сушки деформации стержня и шпинделя могли происходить независимо друг от друга. При сушке стержня солома



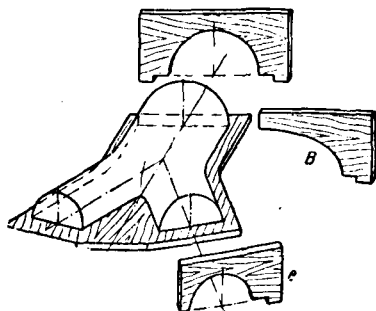
Фиг. 89. Стержневой пресс.

A — нижняя формовочная плита, *B* — верхняя плита, *C* — загрузочная рама, *D* — песочная постель.

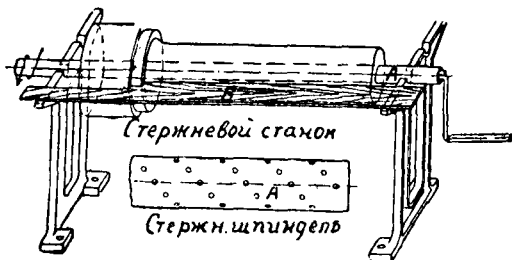


Фиг. 90.

Фиг. 90 и 91. Вытягивание стержней из глины посредством шаблонов.



Фиг. 91.



Фиг. 92. Станок для обточки стержней.
A — шпиндель, *B* — шаблон.

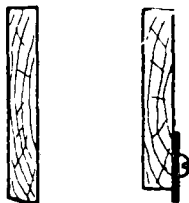
стораает; это, с одной стороны, дает возможность сохранить отверстия на поверхности шпинделя чистыми, не закупоренными глиной, а с другой стороны, позволяет стержню сокращаться (давать усадку) при остывании, а железной трубе растягиваться, под влиянием высокой температуры. Если бы не было промежуточного слоя соломы, и глина накладывалась бы непосредственно на шпиндель, стержень легко мог бы треснуть. Шпиндель при отливке остается внутри стержня (см. фиг. 6) и удаляется уже во время чистки и отделки готовых отливок. Шпиндель никогда не должен служить опорной частью для стержня, для этой цели на обоих концах стержня предусматриваются особые придатки из глины же.

Шаблонная формовка.

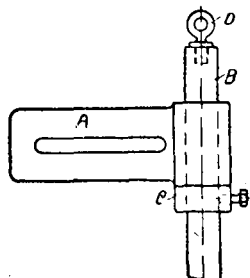
Замена дорогих деревянных моделей шаблонами имеет громадное значение в литейном деле. Шаблоны, прежде всего, являются чрезвычайно ценным средством для формовки самых разнообразных тел вращения, так как они одинаково пригодны для всех видов формовочных материалов, — песка, массы, глины, между тем как модели не везде формируются одинаково хорошо; это, в частности, относится к глине, плохо поддающейся модельной формовке. Как будет пояснено ниже, формы, изготовленные с помощью шаблонов, имеют всегда совершенно правильные закругления, и отливаемые в таких формах предметы требуют в дальнейшем лишь незначительной обработки на токарных станках. Деревянные модели, напротив того, часто дают отливки неправильной, некруглой формы; причиной этому, как уже указывалось выше, является, главным образом, коробление моделей, вследствие усыхания или впитывания влаги, содержащейся в формовочном материале.

Шаблон представляет собой дощечку, вырезанную сообразно очертанию формуемого тела вращения; движением шаблона форма вырезывается на глубину, соответствующую сечению предмета. Шаблон несколько скашивается на конце, у режущего ребра, или снабжается железной пластинкой (фиг. 93), для предохранения его от преждевременного износа при работе в песке и массе.

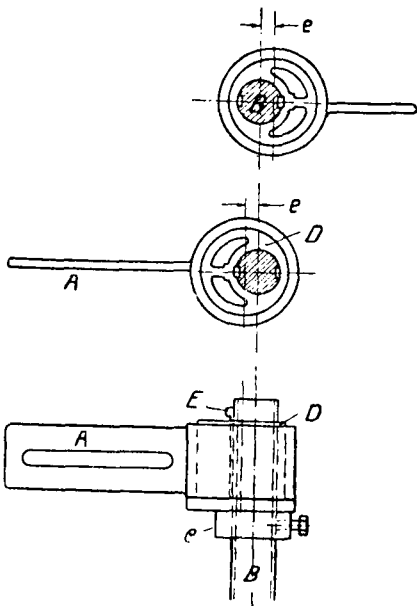
Шаблон привинчивается к чугунной поперечине *A* и вместе с нею вращается около неподвижного шпинделя *B*, опирающегося на башмак (*B* на фиг. 38, фиг. 99 и 105).



Фиг. 93. Поперечный разрез шаблона.



Фиг. 94. Простейшее устройство для шаблонной формовки. *A* — поперечина, *B* — шпиндель, *C* — установительное кольцо, *D* — ушко для поднятия шпинделя.



Фиг. 95. Установка шаблона для формовки двух половин разъемного предмета. *A* — поперечина, *B* — шпиндель, *C* — установительное кольцо, *D* — эксцентриковая втулка, *E* — шпонка.

Если шпиндель очень высокий (ср., напр., фиг. 38), то он, для предотвращения изгиба, соответствующим образом укрепляется. Шаблон устанавливается на надлежащей высоте при помощи установительного кольца *C*, закрепляемого на шпинделе под поперечиной. Встречаются также шаблоны на особых держателях, переставляемых в вертикальном направлении при помощи точных микрометрических винтов. Ушко *D* служит для вытаскивания шпинделя из подставки (башмака).

Для того чтобы иметь возможность, не переставляя шпинделя, формировать две половины разъемного тела вращения, центры коих должны находиться на некотором расстоянии друг от друга (например, две половины канатного шкива по фиг. 99), поперечина *A* вместе с шаблоном насаживается на эксцентриковую гильзу *D* (фиг. 95), могущую закрепляться на шпинделе *B* в двух диаметрально сдвинутых положениях, с помощью шпонки *E*. Если обозначим эксцентриситет гильзы через *e*, то оба центра M_1 и M_2 обеих половин (фиг. 96) будут сдвинуты на расстоянии $2e$ друг от друга. В таких случаях обе разъемные половины разделяются друг от друга перегородками *C*, толщина коих несколько меньше $2e$.

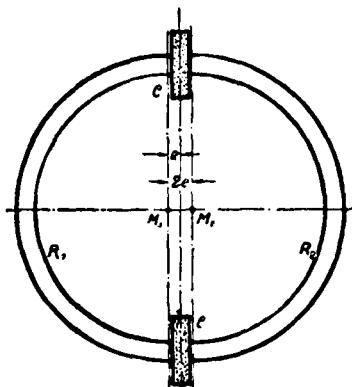
Приведем несколько наиболее характерных примеров шаблонной формовки.

На фиг. 97 представлена формовка крышки для резервуара. Порядок операций следующий:

1. Шаблоном вырезывается, в соответствии с очертанием верхней стороны отливаемого предмета, верхняя поверхность крышки, служащая в дальнейшем моделью для верхней опоки.

Усеченный конус с образующей AB служит **з а м к о м** для правильной сборки формы; песок в этом месте должен быть особенно плотно утрамбован.

2. На полученную таким образом поверхность накладываются деревянные модели ребер, отрошков (бобышек) и фланцев, ставятся модели для литника и выпоров, затем набивается верхняя опока. На нашей фигуре не показаны перегородки у верхней опоки, а также и крючки, проставленные внутри опоки; и те, и другие имеют целью придать уплотненному формовочному материалу большую прочность. Надлежащее правильное положение опоки фиксируется вбитыми вокруг нее в песок колышками.

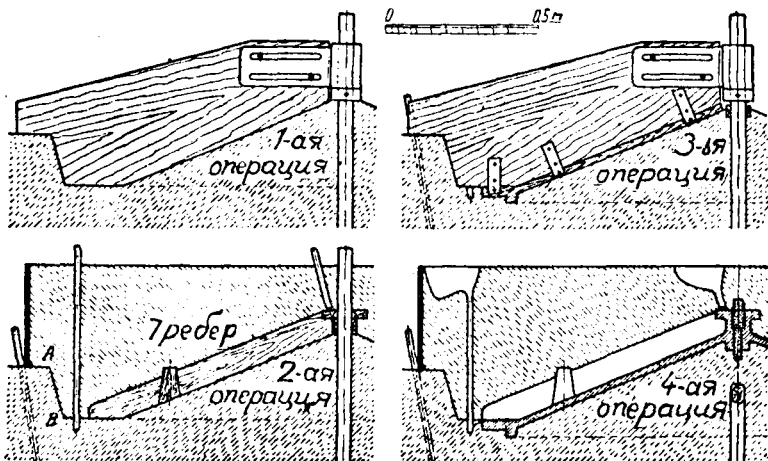


Фиг. 96.

3. После снятия опоки формируется нижняя поверхность предмета. Для этой цели прибегают к наращению шаблона добавочной дощечкой, ширина коей соответствует толщине отливаемого предмета; дощечка эта вырезана по очертанию нижней поверхности предмета и, следовательно, при вращении снимает с отформованной раньше поверхности слой песка, равный как раз толщине предмета. После этого шпindelъ вытаскивается вон, производятся необходимые исправления, формы разглаживаются и чернятся; обе опоки, в случае необходимости, просушиваются (о способах сушки см. ниже), но для этого необходимо предварительно удалить из верхней опоки модели ребер и отрошков.

4. Опоки спариваются, после чего ушпиряются воронки для литника и выпоров. Верхняя опока нагружается тяжестями, для предупреждения поднятия ее давлением жидкого чугуна. Балмак шпинделя остается на дне ямы.

На фиг. 98 а — с даны различные формы шаблонов для верхней и нижней опок.



Фиг. 97. Формовка крышки для резервуара.

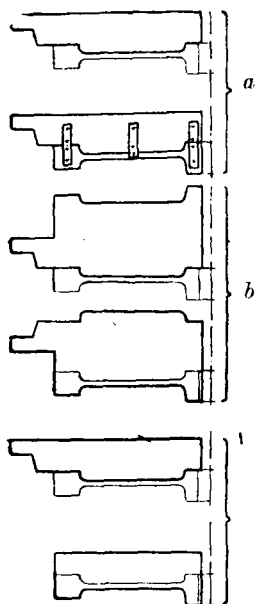
Форма шаблона по фиг. 98 а, наиболее простая и понятная, применена нами выше, при описании формовки крышки резервуара, по фиг. 97. Такой шаблон особенно легко поддается установке на правильную глубину выемки для нижней опоки. Для очень тонких стенок оя, однако, мало пригоден, в виду трудности надлежащего прикрепления добавочной дощечки к шаблону. Неудобство таких составных шаблонов состоит в том, что дощечка и ребра, которые приходится каждый раз снимать, легко теряются.

На практике больше всего в ходу шаблоны по фиг. 98 б, вырезанные с одной стороны по очертанию опоки, а с другой — по очертанию нижней опоки. Такие шаблоны применяются

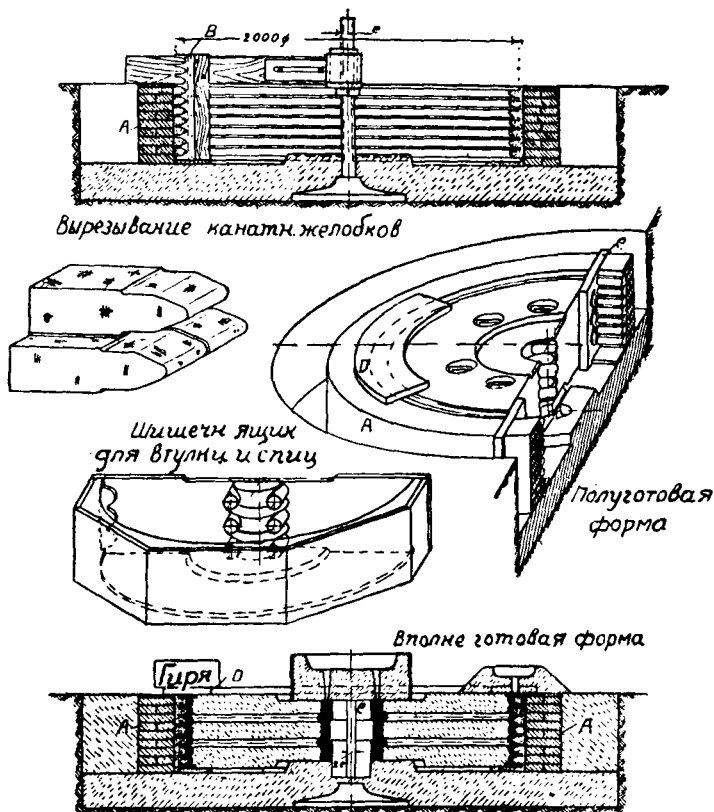
в своем настоящем виде, без всяких изменений и добавлений; какие-либо утери, которые могли бы затормозить работу, заранее исключены.

Значительно реже употребляются отдельные шаблоны для обеих опок по фиг. 98 с, — в сравнении с формой 98 б они менее экономны и дороже.

На фиг. 99 представлен способ формовки разъемного канатного шкива. Из обыкновенного строительного кирпича на глинистом растворе, с значительным добавлением соломы или древесного мочала, выкладывается сперва кольцо А, и затем внутри последнего, в слое глины



Фиг. 98а — с. Различные формы шаблонов для верхней и нижней опок.



Фиг. 99. Шаблонная формовка разъемного канатного шкива.

соответствующей толщины, с помощью железного шаблона В, вырезывается форма канатных желобков. В кольцо А вделяются в большом количестве железные крючки, концы которых входят в указанный слой глины, образующий форму для желобков, в целях придания ему большей прочности. Эта же цель может быть достигнута также и тем, что кольцо А выкладывается из такого кирпича, который с внутренней стороны имеет форму, соответствующую форме канатных желобков. По окончании формовки все кольцо А подвергается интенсивной просушке, во время которой примешанная к раствору солома сгорает, оставляя поры для выхода газов, образующихся при отливке.

Втулка и спицы формуется в стержневом ящике (см. отдельную фигуру). Стержень изготавливается в виде большого полудиска с пустотами для спиц и втулки, а также и приливов к ободу, служащих для соединения обеих половин шкива. Модели втулки и указанных приливов прикрепляются к поперечной стенке стержневого ящика. Тело стержня набивается на железном каркасе, снабженном четырьмя торчащими вверх скобами, наподобие каркаса, изображенного на фиг. 75. Модели спиц ставятся в надлежащем положении и скрепляются извне болтами, которые затем, по окончании отливки, опять ослабляются. Стержневой ящик делается разборным и для извлечения из него готового стержня раскры-

ваются. Оставшиеся внутри стержня модели спиц слегка расшатываются и выколачиваются из него вон, при чем удары следует направлять от обода к втулке; сделать это, сравнительно, легко, так как спицы по направлению к втулке идут всегда с известным утолщением.

Отметим, кстати, что формы, оттиснутые для спиц, не поддаются исправлению или окраске чернилами, так как нет возможности проникать в полость, служащую формой для спиц, необходимым для этой цели инструментом. Это не составляет, однако, большой беды, — спицы не обрабатываются, а обычно только окрашиваются, поэтому некоторая шероховатость поверхности их особой роли не играет.

Впрочем, выход из этого положения может быть найден, если разделить стержень в горизонтальном направлении на две половины так, чтобы плоскость раздела проходила через середину спиц; при таком способе можно получить спицы с совершенно гладкой поверхностью. С другой стороны, однако, приходится считаться с образованием швов, требующих особой зачистки и отделки.

Готовые стержни вкладываются в оба полукольца *A*, и обе половины формы разделяются у втулки и у обода тремя промежуточными стенками *C*, толщина коих несколько меньше $2e$, после чего они закрываются крышками *D*, приготовляемыми отдельно на деревянных досках из глины, на solidных чугунных или железных каркасах. Формы затем спариваются, после чего, как изображено на фиг. 99, упираются воронки для литников и выпоров, и крышки *D* нагружаются гириями. Все пространство позади кольца *A* набивается старой формовочной землей, и обе половины формы одновременно заливаются.

Можно при желании обойтись без дорогого столбчатого стержневого ящика для центральной части шкнива, если спицы также формировать с помощью шаблона; в этом случае требуется только модель для втулки. Однако, такая замена дает экономию лишь при использовании данной формы только для одной или двух отливок.

В следующем примере (фиг. 100) показано применение такого же способа для формовки маховика. Порядок операций здесь следующий:

1. Вращением шаблона формируется поверхность для верхней опоки и надлежащим образом вставляется нижняя половина модели втулки. На полученной таким образом поверхности чертилкой или, чаще всего, гипсом, мелом или известкой намечаются наружные очертания спиц.

Средние линии спиц фиксируются с помощью делительного круга (фиг. 101), закрепленного на шпинделе и снабженного линейкой, кромка *ab* которой направлена всегда по радиусу. Штифт *A* может вставляться, смотря по надобности, в то отверстие делительного круга, которое соответствует требуемому количеству спиц. Делительный круг на нашей фигуре на 2, 3, 4, 5, 6, 8 и 12 частей.

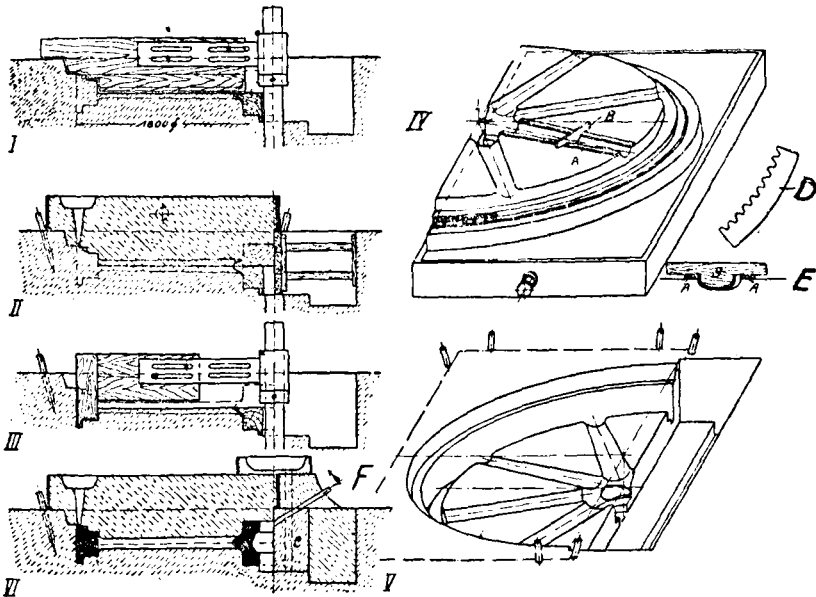
2. На вырезанную шаблоном поверхность ставится верхняя опока, набивается и затем снимается. Верхняя половина модели втулки до набивки опоки сажается на свое место, а впоследствии, при поднятии верхней опоки, она вынимается вместе с ней. Нанесенные раньше на отформованную шаблоном поверхность линии очертаний спиц отпечатываются при этом на нижней поверхности верхней опоки.

3. Другим шаблоном вырезывается поверхность для нижней опоки.

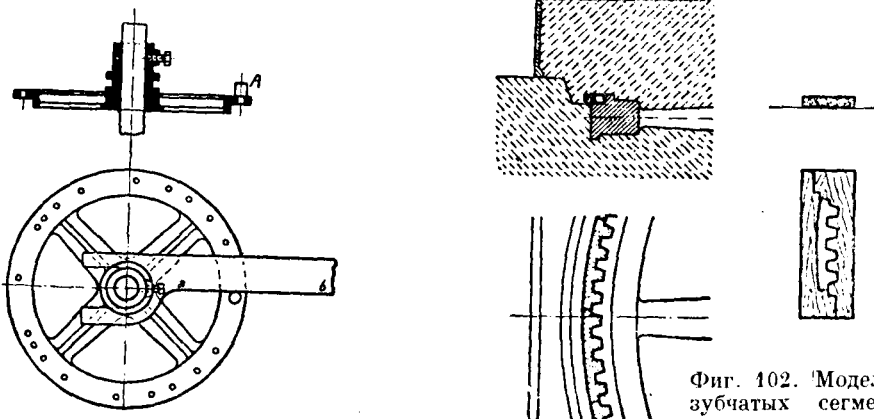
4. Модель втулки вынимается из опок, затем особым шаблоном вырезываются в обоих опоках формы (углубления) для спиц. Это делается следующим образом: вдоль нанесенных ранее или отпечатанных очертаний спиц аккуратно укладываются деревянные планки *A*; вода между ними шаблоном *B*, выгребают оттуда песок, формируя, таким образом, требуемые углубления. Постепенное утонение спиц от втулки к ободу достигается при этой работе тем, что упомянутые две планки, по мере приближения к ободу, взаимно сближаются, а также и тем, что в вертикальном направлении планки идут к ободу с постепенным утолщением; шаблон, следовательно, не может у обода проникать в песок на такую же глубину, на какую он врезывается около втулки, и по мере приближения к ободу выгребают все меньшее количество формовочного материала. Закругления в углах и переходах делаются от руки.

Зубья на окружности обода, служащие для поворачивания маховика, могут быть сделаны с помощью показанного отдельно на фиг. 100 шаблона; их необходимо при этом основательно укреплять шпильками. Можно поступать и иначе, — на отформованной шаблоном поверхности верхней опоки проставить и утрамбовать модели зубьев из дерева или глины в таком

количестве, в каком они требуются для всей полуокружности каждой половины шкива, а после снятия опоки их удалить. Или, наконец, можно отформовать из глины специальные модели



Фиг. 100. Шаблонная формовка половины маховика, без модели для спиц. *I* — вырезывание шаблоном поверхности для формовки верхней опоки; *II* — набивка верхней опоки; *III* — образование поверхностей для нижней опоки; *IV* — шаблонная формовка спиц и образование зубьев для поворачивания маховика; *D* — шаблон для зубьев; *E* — шаблон для спиц; *V* — нижняя опока с вырезанными формами для спиц; *VI* — форма в собранном виде; *F* — вентиляция.



Фиг. 101. Делительный круг с линейкой.

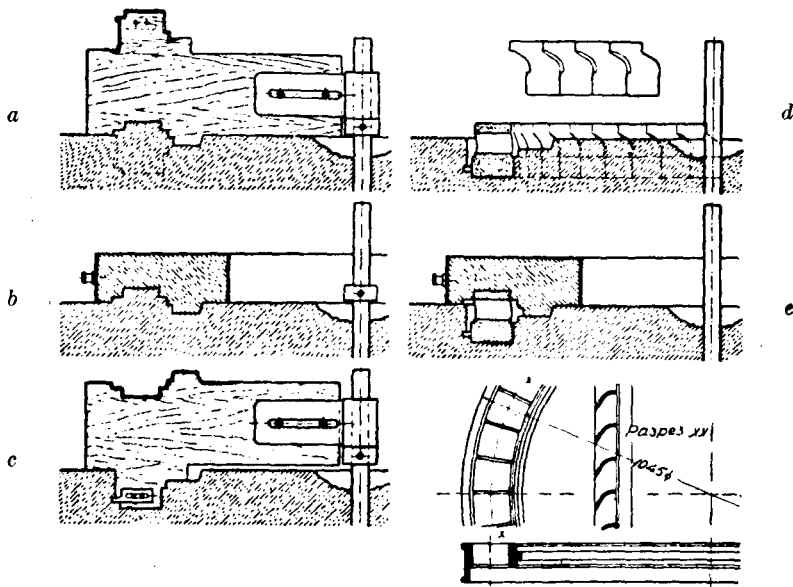
Фиг. 102. Модели зубчатых сегментов из глины, для снабжения обода из фиг. 100 зубьями, служащими для поворачивания маховика.

промежутков (впадин) между зубьями и прикрепить их шпильками к поверхности верхней опоки, после того как она будет снята (фиг. 102). Последние два способа считаются лучшими и употребляются чаще других.

5. Последняя операция — сборка формы. Боковая шишка *С* с двумя каналами для литников готовится отдельно; позади *С* набивается старый песок. Теперь остается только расширить воронки для литников и выпоров, устроить каналы для выхода газов и нагрузить верхнюю опоку гирями, — и форма готова к отливке.

Очень интересную работу приходится проделывать при формовке направляющего кольца паровой турбины, с применением шаблонов и стержней (фиг. 103). Операции производятся в следующем порядке:

1. Шаблоном вырезывается поверхность для верхней опоки (фиг. 103 а).



Фиг. 103. Формовка направляющего кольца паровой турбины при помощи шаблонов и стержней.

2. Набивается верхняя опока, после чего она снимается (фиг. 103 б); опока эта имеет здесь кольцеобразную форму.

3. Другим шаблоном или другой стороной того же шаблона (фиг. 103 с) формируется поверхность для нижней опоки.

4. В образованную таким образом кольцевую полость вставляются стержни, оставляющие между двумя соседними стержнями пустоту, по форме и толщине соответствующую стенке лопатки (фиг. 103 d). Расстановка стержней производится точно по радиусу, с помощью направляющей линейки, подобной той, которая изображена на фиг. 101.

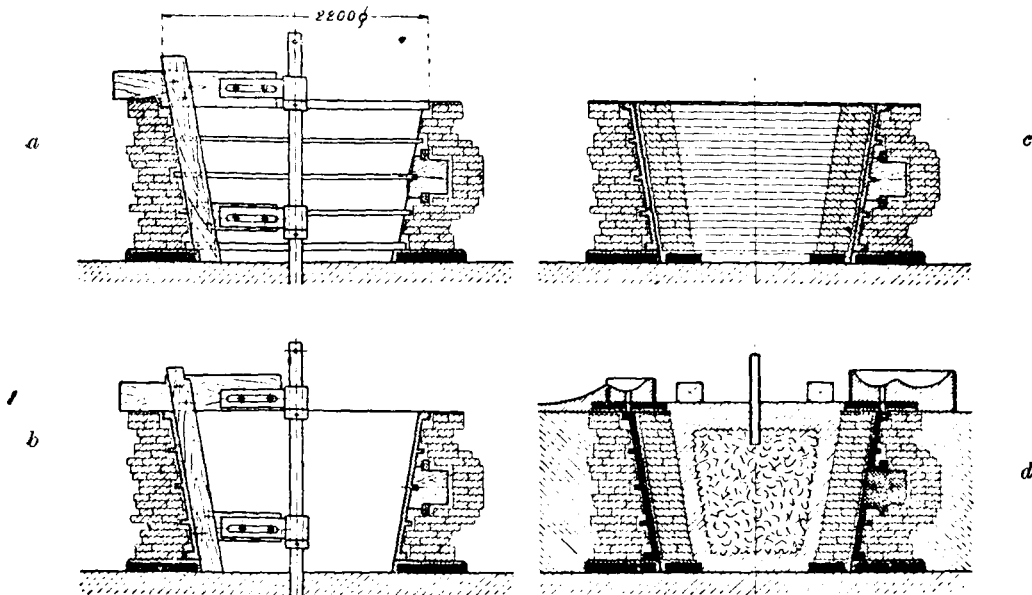
5. Форма накрывается и нагружается гирями, после чего производится отливка (фиг. 103 е). Литники и выпоры на фигуре не показаны.

В готовом виде направляющее кольцо изображено на фиг. 103 f.

Во всех описанных до сих пор примерах толщина отливаемого предмета получалась путем выскабливания шаблоном формовочного материала с поверхности, ранее отформованной другим шаблоном для верхней опоки. Такой способ является наиболее употребительным при отливке деталей машин, но на практике приходится в отдельных случаях поступать обратно, а именно: сперва формируется поверхность для нижней опоки, на нее наносится из глины или песка стенка соответствующей толщины, так называемая фальшивая стенка, на которой затем набивается верхняя опока; последняя после этого снимается, и песок, образовавший раньше фальшивую стенку, удаляется вон. Последний способ сходен с тем, который представлен выше на фиг. 51; он довольно часто применяется при формовке колоколов и предметов трубчатой формы.

На фиг. 104 а — d изображены важнейшие операции по формовке трубчатого конуса по способу «фальшивой стенки». Ход работ следующий:

1. Набивается и выравнивается под линейку плоская поверхность.
2. На толстой чугунной плите строится из кирпича на глинистом растворе обод конической формы, с особым гнездом, в которое тут же вделывается деревянная модель бокового патрубка.
3. Кладка внутри обмазывается слоем глины и выглаживается по шаблону, как показано на фиг. 104 а.
4. Обод весь просушивается в сушиле и покрывается формовочными чернилами.



Фиг. 104 а — d. Формовка трубчатого конуса по способу «фальшивой стенки».

5. Наносится и с помощью другого шаблона выглаживается новый слой глины, по толщине одинаковый с требуемой толщиной стенки отливаемого предмета (фальшивая стенка), как показано на фиг. 104 б.

6. Этот новый слой глины также просушивается и покрывается чернилами.

7. На новом чугунном кольце, вплотную к указанной фальшивой стенке, выкладывается из кирпича новое внутреннее кольцо, как изображено на фиг. 104 с.

8. Последнее вынимается и просушивается в сушиле.

9. Слой глины осторожно выламывается остроконечным молотком.

10. Форма собирается, при чем свободное пространство как снаружи, так и внутри, в целях устранения возможных в будущем неплотностей заполняется и набивается старым песком. Для лучшего отвода газов внутреннее кольцо заполняется внутри коксом.

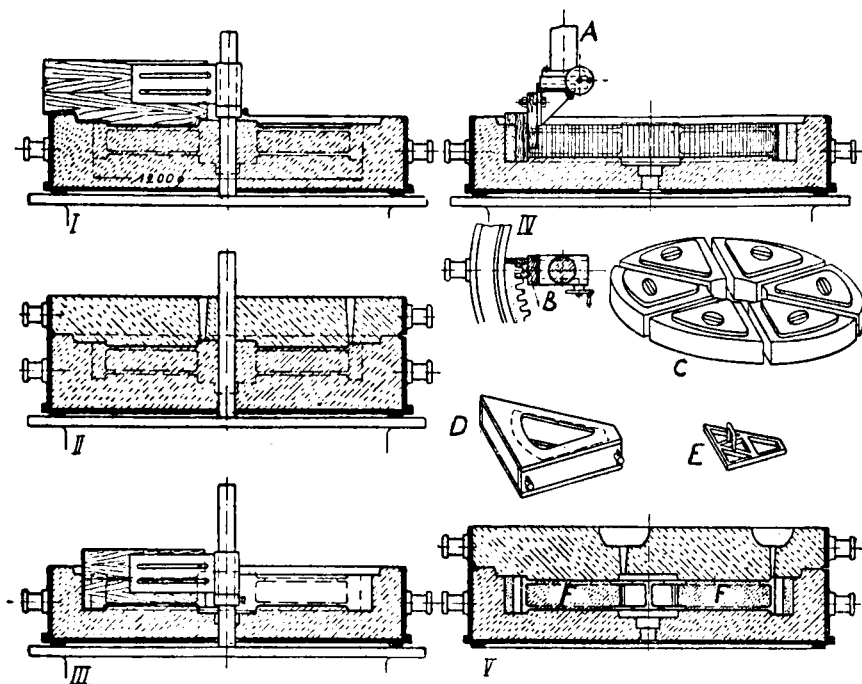
11. Форма накрывается кольцевыми крышками из глины, ставится литник и выпоры, крышки нагружаются гирями, — и форма готова к отливке (фиг. 104 d).

Можно было бы и здесь применить, вместо способа фальшивой стенки, тот способ, о котором говорилось выше, во всех описанных примерных формовках, а именно: сперва, по фиг. 104 б, выгладить шаблоном внутреннюю поверхность формы, затем выложить внутреннее кирпичное кольцо по фиг. 104 с, наконец, по удалении последнего, вырезать другим шаблоном наружную поверхность формы, согласно фиг. 104 а. Этот способ, однако, представлял бы большие затруднения: на глине (или вплотную к глине) можно с успехом пристроить из кирпича

какую-нибудь другую часть формы лишь в том случае, когда глина эта предварительно просушена. Этого в данном случае нельзя было делать, имея в виду необходимость последующей обработки глины шаблоном, для получения наружной поверхности; работать же шаблоном по просушенной глине, в виду слишком большой твердости ее, крайне трудно.

Формовка зубчатых колес с помощью шаблонов и формовочных машин.

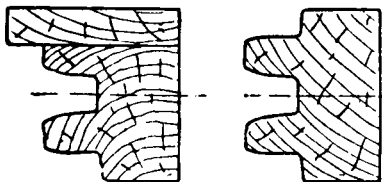
Мелкие шестерни формуются по моделям от руки или с помощью формовочных машин со снимающими плитами (фиг. 69 и 70). Для больших зубчатых колес модели слишком дороги



Фиг. 105. Формовка зубчатого колеса с помощью шаблонов и формовочной машины.

I — вырезывание шаблоном поверхности для верхней опoki; *II* — набивка верхней опoki; *III* — вырезывание поверхности у нижней опoki; *IV* — насаживание форм для зубьев; *V* — форма в собранном виде; *A* — головка машины для формовки зубьев; *B* — модель зубьев; *C* — общий вид стержней; *D* — стержневой ящик; *E* — каркас для стержня; *F* — стержень.

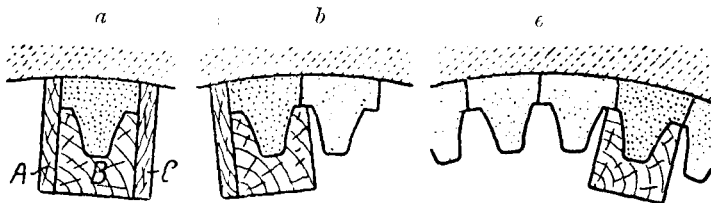
и громоздки, поэтому приходится прибегать к более дешевому и удобному способу формовки. Способ этот состоит в том, что сперва вырезывается шаблоном форма колеса, несколько увеличенного наружного диаметра (фиг. 105, *I* — *III*), затем на образованной таким образом наружной поверхности насаживаются по одному (или группами по 2 — 3) все требуемые зубья, при чем формы для зубьев получают



Фиг. 106. Модели зубьев для формовочной машины.

набиванием соответствующих впадин между ними. Для этой цели употребляется деревянная модель (фиг. 106), прикрепляемая к головке машины и передвигаемая после набивки каждого зуба на величину шага зубчатого обода, для формовки следующего зуба. На фиг. 107 наглядно изображена формовка зубчатого обода отдельными звеньями. Дощечкой *C* формовочный материал придерживается в самом начале работы, при набивке первого звена, после чего эта дощечка снимается; дощечка *A* снимается перед набивкой самого последнего звена, замыкающего собою отформованный обод.

Далее, из фиг. 105 можно видеть также, каким образом получаются формы для спиц зубчатого колеса: шесть стержней, занимающих всю центральную часть колеса, имеют такую форму, что после постановки их на места они оставляют между собой промежутки, которые после заливки металлом и дают требуемые шесть спиц двухтаврового сечения. На фиг. 105,



Фиг. 107. Формовка зубчатого обода путем набивки впадин между зубьями.

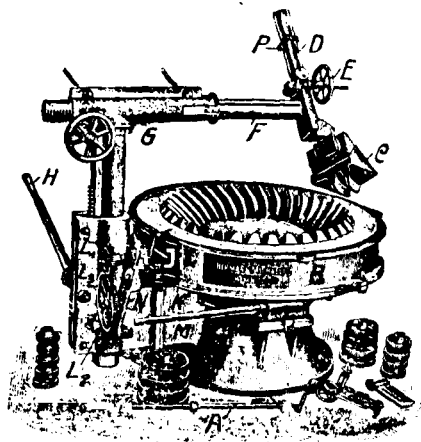
a — первый зуб; *b* — остальные зубья; *c* — последний зуб.

В форма колеса в собранном виде показана, для большей ясности, без стержня для отверстия втулки.

Поворачивание модели зуба (или 2 — 3 зубьев) на величину шага производится с помощью формовочной машины, представленной на фиг. 108.

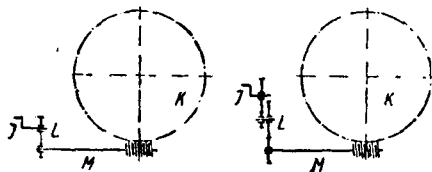
На стол *K* ставится опока *B*, посредине стола устанавливается шпиндель *A* и на него надевается шаблон, с помощью которого проделываются первые три операции, согласно фиг. 105,

1 — III. Модель зубьев *C* (по фиг. 108 предназначенная для формовки конического колеса с выпуклыми зубьями) может перемещаться вместе с держателем *D* вдоль его направляющих вверх и вниз, и, кроме того, устанавливаться также несколько наклонно, благодаря тому, что поперечина *F*, кроме горизонтального перемещения, может также поворачиваться в своей направляющей *G*. Когда форма для первого зуба готова, модель *C* поворачиванием маховичка *E* вынимается из формы и поднимается кверху, после чего, поворотом рукоятки *J* стол *K* вместе с опокой *B* передвигается дальше на соответствующую величину шага. Модель *C* затем снова ставится в первоначальное положение, после чего формируется следующий зуб; это однообразное положение модели фиксируется остановом *P*. В таком же порядке производится формовка всех остальных зубьев. Поворот стола *K*



Фиг. 108. Машина для формовки зубчатых колес в опоках.

A — шпиндель для шаблона; *B* — опока; *C* — модель зубьев; *D* — выдвижной держатель для *C*; *E* — маховичек для перемещения *D*; *F* — поперечина; *G* — направляющая для *F*; *H* — рычаг для поднятия *G*; *J* — рукоятка для управления движением стола; *K* — поворачивающийся стол; *L*₁₋₃ — сменные шестерни; *M* — вал для червяка; *N* — гитара для шестерни *L*₁₋₃; *P* — останов для держателя *D*.



Фиг. 109. Схема передачи для формовочной машины, изображенной на фиг. 108.

на желательную величину шага, при полуобороте или полном обороте или двух оборотах рукоятки *J*, осуществляется путем включения соответствующих сменных шестерен *L*₁, *L*₂ и *L*₃.

Приведем несколько примеров, которые покажут, какие именно шестерни из имеющегося набора следует выбирать, исходя из тех или иных определенных условий задания.

Пусть машина устроена, согласно схеме фиг. 109, так, что для одного полного поворота стола K вокруг его оси вал M должен сделать $m = 180$ оборотов.

К машине имеется набор шестерен со следующим количеством зубьев:

20	22	23	25	30	35	40	45	50	55	60	65
70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	—

Пример 1. Какие шестерни должны быть включены для формовки колеса с $z = 100$ зубьями?

Для полного оборота стола K (и опои B) вал червяка M должен сделать $m = 180$ оборотов; для $\frac{1}{100}$ оборота опои B вал M должен сделать $s = \frac{180}{100}$ оборотов.

Для того чтобы рукоятка J сделала только один оборот, т.е. для $i = 1$, необходимо передаточное число для шестерен, равное

$$\frac{s}{i} = \frac{m/z}{i} = \frac{180}{100} = \frac{90}{50}.$$

Здесь так же, как при подборе шестерен для перемены скоростей у токарного станка, необходимо подыскать из числа имеющихся к машине шестерен такие, которые дадут полученное из расчета передаточное число. Последнему соответствует:

Шестерня L_1 на валике рукоятки J	$z = 90$
Шестерни L_3 на валике гитары (за ненужностью могут быть также совершенно выкинута)	любое z
Шестерня L_2 на валу червяка M	$z = 50$
Число оборотов рукоятки J	$i = 1$

Пример 2. Число зубьев формуемого колеса $z = 84$. Какие наборные шестерни необходимо включить, чтобы рукоятка J сделала $i = 2$ оборота?

Передаточное число:

$$\frac{s}{i} = \frac{m/z}{i} = \frac{180/84}{2} = \frac{180}{2 \cdot 84} = \frac{15}{14} = \frac{75}{70}.$$

Шестерня L_1 на валике рукоятки J	$z = 75$
Шестерни L_3 на валике гитары (могут быть также совершенно выкинута)	любое z
Шестерня L_2 на валу червяка	$z = 70$
Число оборотов рукоятки J	$i = 2$

Пример 3. Формуемое зубчатое колесо имеет $z = 56$ зубьев. Какие наборные шестерни надо поставить?

Передаточное число:

$$\frac{s}{i} = \frac{m/z}{i} = \frac{180/56}{1} = \frac{180}{56} = \frac{45}{14} = \frac{45}{20} \times \frac{20}{14} = \frac{90}{40} \times \frac{100}{70}.$$

Соответственно этому:

Шестерня L_1 на валике рукоятки J	$z = 90$
Шестерни L_3 на валике гитары	$z = 40, z = 100$
Шестерня L_2 на валу червяка	$z = 70$
Число оборотов рукоятки	$i = 1$

Можно было бы поставить меньшие шестерни, если бы вести расчет для $i = 2$ оборотам рукоятки J . В этом случае передаточное число:

$$\frac{s}{i} = \frac{180/56}{2} = \frac{90}{56} = \frac{45}{28} = \frac{45}{20} \cdot \frac{20}{28} = \frac{45}{20} \cdot \frac{50}{70}.$$

Отсюда:

Шестерня L_1 на валике рукоятки	$z = 45$
Шестерни L_3 на валике гитары	$z = 20; z = 50$
Шестерня L_2 на валу червяка M	$z = 70$
Число оборотов рукоятки	$i = 2$

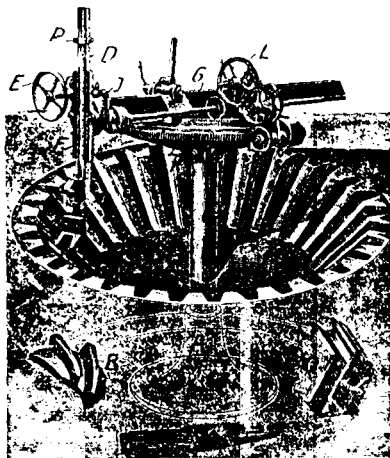
Можно обойтись и без двойной передачи сменных шестерен, если взять для рукоятки $i = 3$ оборота. Это дало бы передаточное число:

$$\frac{s}{i} = \frac{180/56}{3} = \frac{60}{56} = \frac{15}{14} = \frac{75}{70}.$$

Шестерня L_1 на валике рукоятки J	$z = 75$
Шестерни L_3 на валике гитары (или же не нужны вовсе) . . .	любое z
Шестерня L_2 на валу червяка	$z = 70$
Число оборотов рукоятки	$i = 3$

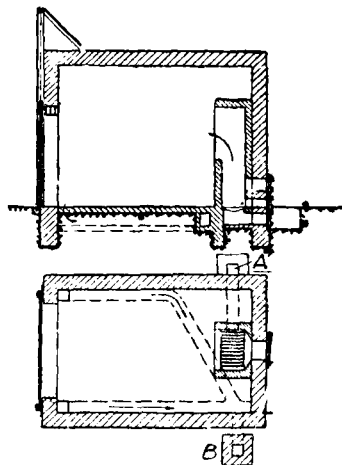
Изображенная на фиг. 110 машина служит для формовки зубчатых колес в почве. Вся машина стоит на вертикальной стойке, вставленной в башмак *A* и служащей вместе с тем шпинделем для надевания шаблона. Поворачиванием маховика *J*, при посредстве сменных шестерен *L*, сообщается вращение валу червяка *M*, а через него и всей верхней части машины, поворачиваемой каждый раз около неподвижного червячного колеса *K* на требуемую величину шага.

На фиг. 110 показана отдельно модель *Q* углового зуба и модель *R* для конического колеса с изогнутыми зубьями. При изогнутой форме зубьев модель невозможно вынимать из формы передвижением полосы *D* вверх, ее приходится в этом случае двигать в горизонтальном направлении к центру. Для этой цели служит изображенный отдельно придаток *S*, прикрепляемый к полосе *D*, с помощью которого означенное горизонтальное передвижение модели и может быть осуществлено.



Фиг. 110. Машина для формовки зубчатых колес в почве.

A — подставка (башмак) для шпинделя, *C* — модель зуба для конического зубчатого колеса; *D* — выдвижной держатель для модели; *E* — маховик для перемещения *D*; *F* — направляющая полоса для *D*, может устанавливаться также и в наклонном положении; *G* — поперечина, переставляемая в радиальном направлении; *J* — рукоятка для управления движением верхней части машины; *K* — неподвижное червячное колесо; *L* — сменные шестерни; *M* — вал для червяка; *P* — останов для *D*; *Q* — модель углового зуба; *R* — модель для формовки конического колеса с изогнутыми зубьями; *S* — придаток к полосе *D* для горизонтального перемещения моделей.



Фиг. 111. Простая сушильная камера, снабженная внутренней топкой с колосниковой решеткой.

A — приток воздуха; *B* — дымовая труба.

Большинство литейных располагают специальными сушильными камерами (сушилками), в которых производится просушка стержней и не слишком громоздких, удобных для переноски форм. Одно такое сушило изображено на фиг. 111. Площадь пола таких сушил бывает обычно от 3×5 до 8×10 м. Для нагревания сушил служит чаще всего обыкновенная топка с колосниковой решеткой, несмотря на то, что такая топка расходует довольно много топлива (обычно кокса). Топочные дверцы находятся с задней стороны камеры. Продукты горения проходят сперва через всю камеру, входят в два отверстия, проделанные в полу по обеим сторонам железной двери, и идут по двум расположенным под полом каналам в дымовую трубу. Указанная железная дверь большей частью делается подъемной, при чем она подвешивается на цепях, перекинутых через блоки, и уравнивается противовесами; значительно реже дверь делается задвижной, на роликах.

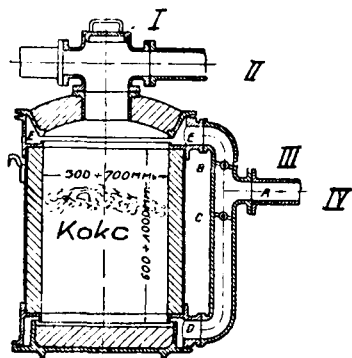
С помощью крана формы, подлежащие сушке, ставятся на железную тележку, вкатываются на ней в сушило и после просушки отвозятся обратно в литейную. Иногда подача тележек в сушило и обратная откатка их производится с помощью лебедок и цепей.

По стенам сушильной камеры устраиваются полки для укладки мелких опок и стержней. Как уже упоминалось выше, глиняные стержни, чрезвычайно чувствительные ко всякого рода сотрясениям, крайне рискованно в сыром виде транспортировать в сушило, — их лучше поэтому формировать в самом сушиле, когда последнее не успело еще остыть после прежней сушки. Перенесение формовки в сушило выгодно также при изготовлении толстых глиняных стержней, — работа, благодаря этому, может быть в значительной мере ускорена.

Внутренняя топка с колосниковой решеткой не дает равномерной температуры для всей камеры: ближе к топке температура иногда бывает выше той, которая нужна для хорошей сушки формы; около двери она значительно ниже. Формовщик должен, следовательно, уметь хорошо маневрировать, — отводить в сушиле различные частям формы такие именно места, которые больше всего соответствуют способности их переносить ту или иную температуру.

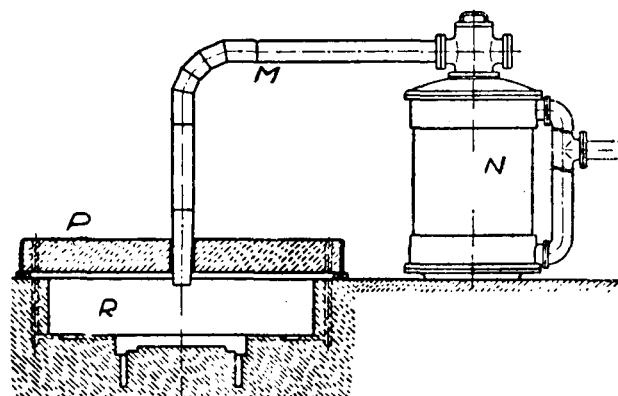
Формы, изготовленные в почве, или такие формы, которые, вследствие своей громоздкости, не могут быть перевезены в сушило, сушатся большей частью на месте: они накрываются железными листами, на которых разводится огонь. Лучше и экономнее работают жаровни, которые ставятся внутри формы или подвешиваются над ней. Наилучшие результаты в смысле равномерности и экономичности сушки дают переносные сушилки.

Одна такая сушилка представлена на фиг. 112. С помощью крана ее можно переносить с места на место и ставить около той формы, кото-



Фиг. 112. Переносная сушилка.

I — крышка, которой закрывается нагрузочное отверстие для кокса; *II* — горячее дутье; *III* — дроссельная заслонка; *IV* — вздувание воздуха.



Фиг. 113. Просушка форм с помощью переносной сушилки.

M — труба из листового железа; *N* — переносное сушило; *P* — верхняя опока; *R* — форма.

рую желают сушить. Действие ее происходит следующим образом. Дутье от воздуходувной машины поступает в воздухопроводные трубы, проходящие через весь литейный зал. У этих труб имеется большое количество боковых ответвлений. При посредстве рукава или какой-нибудь временной трубы из листового железа труба *A* переносной сушилки соединяется с ближайшим патрубком воздухопровода. Дроссельные заслонки *B* и *C* служат для регулирования температуры горячих газов. В зависимости от положения заслонок *B* и *C* можно пропускать большее или меньшее количество воздуха как вниз, у *D*, т. е. с к о з ь коск, так и наверху, у *E*, над коксом, т. е. в холодном виде. Для подвода горячих газов внутрь формы ставится также труба из листового железа, специально приспособленная к положению формы в почве или опоке. Форма плотно закрывается железными листами или на нее надевается черная опока (фиг. 113). Стержни *B* и *C* просушиваются особо в сушильной камере.

Небольшие стержни сушатся в особых сушильных шкапах (фиг. 114). Эти последние снабжаются собственной топкой с колосниковой решеткой (фиг. 114) или же нагреваются горячими отходящими газами из больших сушил.

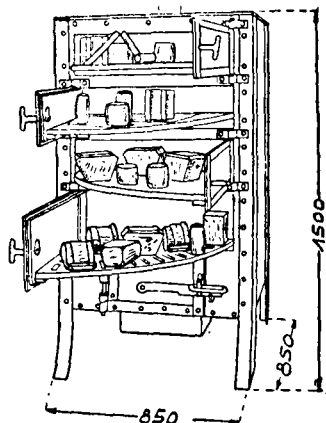
Плавильные печи и вспомогательные устройства к ним.

Употребляемые в литейном деле плавильные печи делятся на следующие три группы: 1) шахтные печи, вагранки, 2) пламенные печи, малые бессемеровские реторты, 3) тигельные печи.

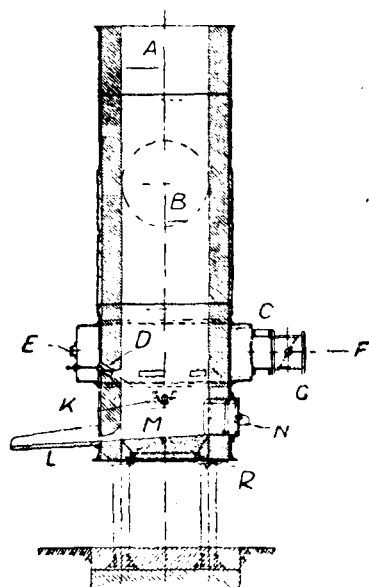
Вагранки.

Шахтные печи или вагранки употребляются преимущественно в чугунолитейном производстве. Фиг. 115 изображает вагранку простейшего типа. Строятся вагранки для часовой производительности от 250 до 2 000 кг чугуна. Шахта выкладывается из огнеупорного кирпича диаметром, в зависимости от производительности, от 0,3 до 1,7 м, при высоте 3,0—8,0 м, и снабжается кожухом из толстого листового железа. В верхней части шахты, непосредственно над колосниковым помостом, находится колошниковое окно — отверстие для загрузки шахты. Часть печи над колошниковым окном имеет более тонкие стенки, на ней устанавливается железная дымовая труба. Верхний открытый конец шахты называется колошником. Ниже шахту охватывает в виде кольца фурменный пояс, к которому присоединен воздухопровод от вентилятора; регулирование дутья производится при помощи дроссельной заслонки. Избыток давления в фурменном поясе соответствует, смотря по диаметру шахты и высоте столба засыпи, 20—70 см водяного столба. Из кольца дутье поступает в вагранку через целый ряд отверстий, так называемых фурм, в которые вставлены сопла. Вдувание воздуха через фурмы также можно извне регулировать. На наружной поверхности кольца, против каждой фурмы, устроено смотровое окошко, закрытое стеклом или слюдой, позволяющее наблюдать за ходом плавки вагранки. Кроме того, имеются особые люки для прочистки фурменного кольца от осевшей на нем пыли или шлака. Пространство между лещадью (подом) и фурмами называется горном. В нижней части горна находится отверстие для выпуска расплавленного чугуна в установленный под ним лоток. Под самыми фурмами устроено другое отверстие для выпуска шлаков (шлаковик). Лещадь вагранки набивается из не слишком жирного формовочного песка на откидном поддоне и легко может быть возобновляема после каждой плавки. Для удобства внутреннего осмотра и исправлений имеется особый лаз.

Малые вагранки с шахтой диаметром до 450 мм очень узки, и проникание внутрь их невозможно. По этой причине средняя часть таких вагранок иногда делается выдвижной и опрокидной (фиг. 116); это дает возможность исправлять, в случае необходимости, горн сверху. а шахту поворачивать для этой цели так, чтобы она могла принять горизонтальное положение



Фиг. 114. Сушильный шкаф для стержней.

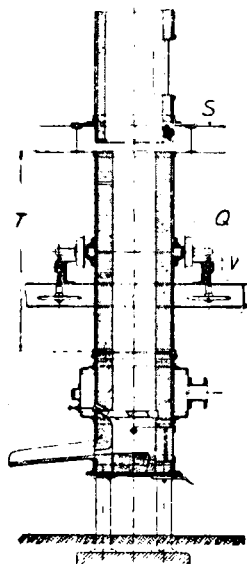


Фиг. 115. Вагранка.

A — колошник, B — шахта, C — фурменное кольцо, D — фурма, E — смотровое отверстие, F — дутье, G — дроссельная заслонка, K — окошко для выпуска шлака, M — горн, L — окошко для выпуска расплавленного чугуна, N — лаз (с внутренней огнеупорной футеровкой), R — откидное дно (поддон).

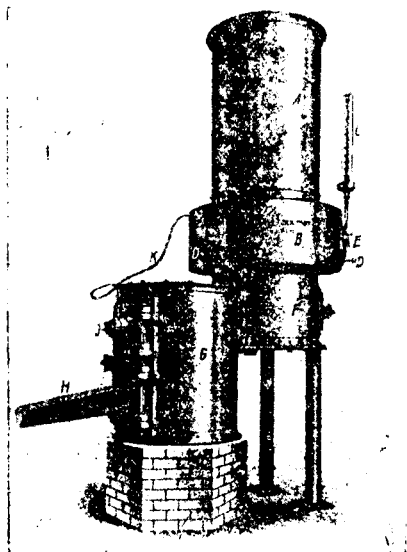
Вагранка, изображенная на фиг. 117, снабжена передним горном, т.е. особым, выложенным из огнеупорного кирпича приемником для расплавленного чугуна. Такое устройство позволяет накапливать сравнительно большие запасы горячего металла в пространстве, совершенно изолированном от холодного дутья и несгоревшей засыпи кокса, что предохраняет его от преждевременного остывания. Такие вагранки дают очень хорошие результаты в тех случаях, когда, по ходу производства, расплавленный чугун требуется сразу в больших количествах.

В представленной на фиг. 118 вагранке горючие газы поворачивают в особую камеру (искроуловитель), имеющую сравнительно большие размеры, в которой пламя, бла-



Фиг. 116. Небольшая вагранка с выдвижной и опрокидной средней частью.

S — колошниковый помост. *T* — часть, которую можно поднимать, выдвигать и опрокидывать, *Q* — передвигается вдоль цапфы, *V* — подъем.



Фиг. 117. Вагранка с передним горном.

A — шахта, *B* — фурменное кольцо, *C* — прибор для измерения силы дутья, *D* — смотровые отверстия, *E* — приспособление для регулирования притока воздуха, *F* — главный горн, *G* — передний горн, *H* — лоток для выпуска чугуна, *J* — смотровое окошко для переднего горна, *K* — трубка для подвода охлаждающего воздуха к смотровому окошку *J*.

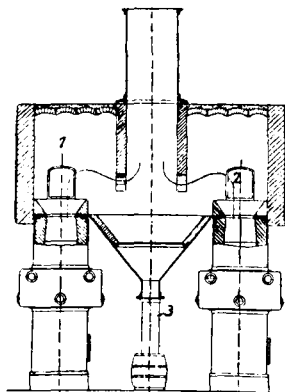
годаря замедлению движения, потухает, при чем частички пыли и золы оседают и снизу отводятся особой трубой прочь. Вместо двух вагранок, по фиг. 118, можно, разумеется, строить только одну и также снабжать ее искроуловителем. Последнее устройство лучше, так как при двух вагранках с общим искроуловителем имеет место столкновение движущихся продуктов горения перед входом их в трубу, что отражается на действии тяги.

Все обслуживание вагранок ведется с колошникового помоста. В этом месте имеется окно, через которое производится загрузка чередующихся слоев засыпи, — чугуна, кокса и флюсов; весовое соотношение между этими материалами соответствует, в среднем, 50 : 5 : 1.

Благодаря вдуваемому воздуху, кокс сгорает в окись углерода и углекислоту. От высокой температуры металл расплавляется и, стекая вниз через нижние слои кокса, скопляется в горне, откуда он затем выпускается для разливки в формы. Когда из открытого отверстия для выпуска шлаков (шлаковика) вместе с шлаком начинает вытекать также и чугун, то это

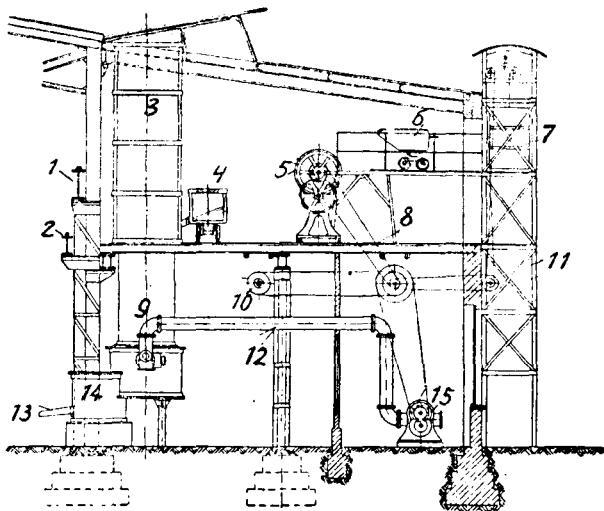
служит признаком того, что горн заполнен жидким чугуном до уровня шлаковика, и поэтому наступил момент открытия выпускного окна для чугуна. Но обычно, для определения количества расплавленного чугуна в горне бывает достаточно знать число засыпанных в вагранку колош и время (25—35 мин.), протекшее с момента загрузки. Для выпуска чугуна необходимо пробить длинной железной шпикой глиняную пробку, затыкающую выпускное окно. Последнее можно снова закрывать в любое время с помощью новой глиняной пробки, насаживаемой на железную палку.

Химические изменения, переносимые чугуном в вагранке, состоят в том, что при соприкосновении с раскаленным коксом



Фиг. 118. Две вагранки с общим искроуловителем.

1 — искроуловитель, 2 — окно для загрузки шихты, 3 — труба для отвода частиц золы и пыли.



Фиг. 119. Ваграночное отделение несколько устаревшего типа.

1 — рельсовый путь для подъемного крана на 20 000 кг, 2 — рельсовый путь для крана на 10 000 кг, 3 — искроуловитель, 4 — вагонетка для доставки колоши, 5 — дробилка для штыкового чугуна, 6 — вагонетка для штыкового чугуна, 7 — клеть подъемника, 8 — колошниковый помост, 9 — вагранка, 10 — главный трансмиссионный вал, 11 — колошниковый подъемник, 12 — воздухопровод, 13 — выпускное окно, 14 — передний горн, 15 — вентилятор.

он насыщается углеродом, в то время как марганец и кремний в значительном количестве окисляются, образуя закись марганца и кремневую кислоту, и переходят в шлаки. Известковый флюс связывает серу, кремневую кислоту и т. п. вещества и способствует образованию легкоплавких шлаков.

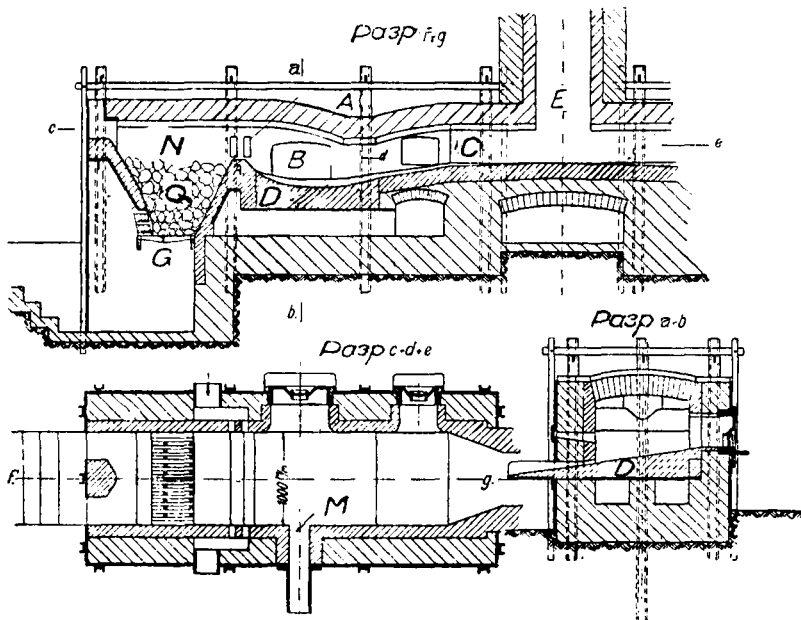
Частицы чугуна в виде маленьких шариков, содержащиеся в шлаке, можно после застывания последнего извлекать из него для дальнейшей переплавки, — для этого шлаки необходимо размедчать и отделение железа производить с помощью магнитного аппарата (см. фиг. 12).

Угар и потери в шлаке составляют, в среднем, 5% от заваленного в вагранку количества чугуна.

На фиг. 119 дан разрез ваграночного отделения. Оно оборудовано подъемником, железная клеть которого поднимает кокс, известняк и лом чугуна вверх, на колошниковый помост. Чугунные свинки с помощью особых вагонеток по еще выше расположенной платформе доставляются к дробилке, описание коей дано будет ниже. Из вагонеток, движущихся по помосту, колоши высыпаются непосредственно в вагранку. Вентилятор для защиты от пыли должен работать в закрытом со всех сторон кожухе.

На современных крупных литейных заводах для загрузки вагранок имеются специальные электрические установки, в основном сходные с устройствами такого же рода для доменных печей. Они управляются одним только лицом, находящимся на заводском дворе, так что

с колошникового помоста никакого другого обслуживания больше не требуется. Это значительно облегчает работу по наблюдению за составом шихты; кроме того, данная часть заводского здания может быть построена более легкой конструкции, так как большая нагрузка колошниково-



Фиг. 120. Пламенная печь с газогенераторной топкой.

A — впуск воздуха, *B* — загрузочная дверца, *C* — дымовой боров, *D* — под, *E* — дымовая труба, *G* — колосниковая решетка, *M* — отверстие для выпуска расплавленного чугуна, *N* — газовый генератор, *Q* — уголь.

вого помоста тяжелыми сырыми материалами здесь совершенно отпадает. Чаще всего ваграночное отделение в таких случаях имеет вид боковой пристройки к главному литейному залу (см. фиг. 148).

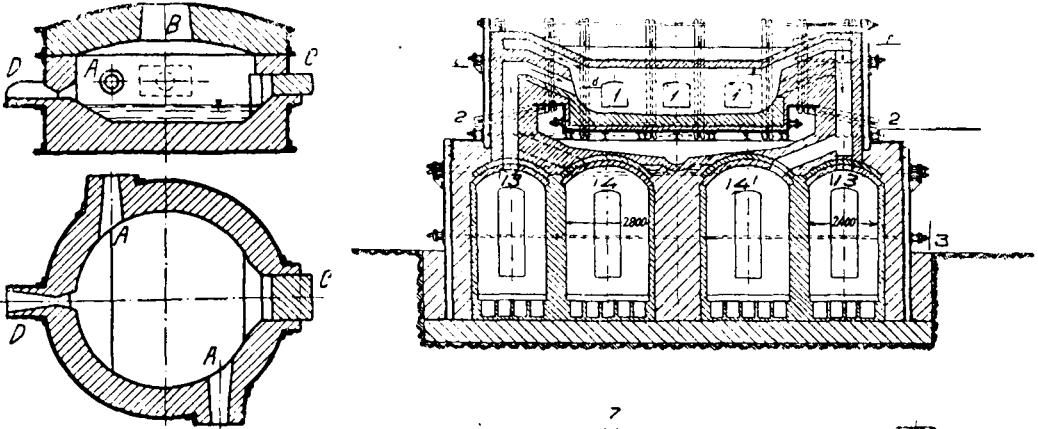
Пламенные печи.

Обыкновенная плавно-пламенная печь представлена на фиг. 120. В генераторную камеру засыпается большое количество угля или кокса и снизу через щели колосников выпускается воздух (первичный) в небольшом количестве. Топливо тогда сгорает только в окись углерода (генераторный газ), к которому, по выходе его из генератора, прибавляется еще предварительно подогретый «вторичный» воздух. Пламя огибает порог *A*, идет вдоль пода, непосредственно соприкасаясь с металлом, и выходит в трубу. Загрузка переплавляемого материала производится через боковую дверцу и, так же, как в вагранке выпускается через выходное очко, расположенное в наиболее низком месте пода.

Такая печь, благодаря горизонтальному поду и его большим размерам, пригодна, главным образом, для переплавки чугуна в больших кусках, например, негодных к употреблению валов, и поэтому употребляется преимущественно для изготовления крупных отливок. Масса чугуна здесь отличается большей однородностью, чем при плавке в вагранках. Емкость современных пламенных печей — от 15 до 45 т чугуна. Что касается химической стороны процесса плавки, то он несколько иной, чем в вагранке: увеличение содержания углерода в чугуне в пламенной печи не может иметь места, так как расплавленный металл здесь не находится в непосредственном соприкосновении с горючим — углем или коксом; здесь, наоборот, благодаря избытку кислорода горючих газов, углерод чугуна частично переходит в окись углерода, — происходит, стало быть, обезуглероживание чугуна. Известковый флюс необходим

также и здесь, для расплавления шлака, образуемого вследствие окисления кремния и марганца.

Вместо генераторной топки, по фиг. 120, пламенные печи часто строятся с чистой газовой топкой или снабжаются обыкновенной топкой с колосниковой решеткой.

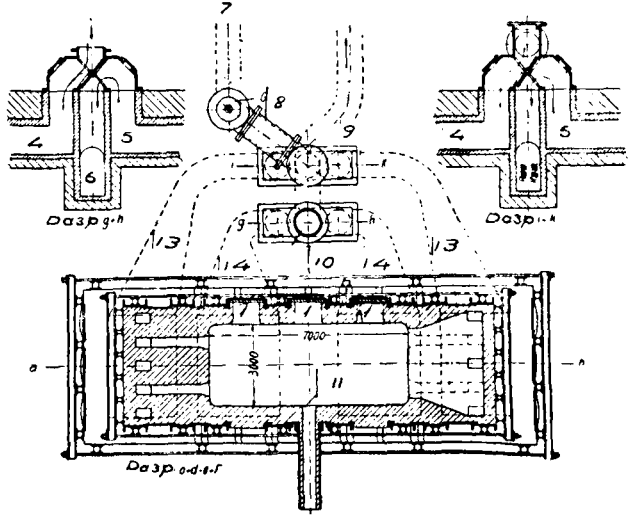


Фиг. 121. Пламенная печь, отопляемая нефтью, для плавки металлов и сплавов. А — отверстия для форсунок, В — отверстие для выхода горючих газов, С — очко для выпуска шлаков, D — выпуск расплавленного металла.

Расход угля в пламенной печи такого типа обычно составляет 50 — 60% от количества расплавляемого чугуна; он следовательно, во много раз выше расхода в вагранке, где он, в среднем, не превышает 10%. Угар, включая механические потери в шлаке, составляет 5—8%. Продолжительность плавки, смотря по размерам засыпи, колеблется в пределах 4 — 12 часов.

Пламенные печи описанной конструкции употребляются также при отливке предметов крупной величины из желтой меди или бронзы.

Для плавки различных сплавов количеством до 1000 кг вполне пригодна печь, изображенная на фиг. 121. С двух сторон в отверстия А входят две форсунки, изображение коих дано на фиг. 130. Пламя скользит по поверхности металлической ванны, над В устанавливается (не показанный на фигуре) вытяжной колпак для горючих газов. Благодаря восстановительному действию пламени (более подробные пояснения даны будут ниже), совершенно исключена возможность окисления металла. Печь может поворачиваться в обе стороны. Для выпуска шлака она должна быть наклонена немного вправо, шлак вычерпывается через очко С при помощи кочерги; для выпуска расплавленного металла через очко D печь наклоняется влево.

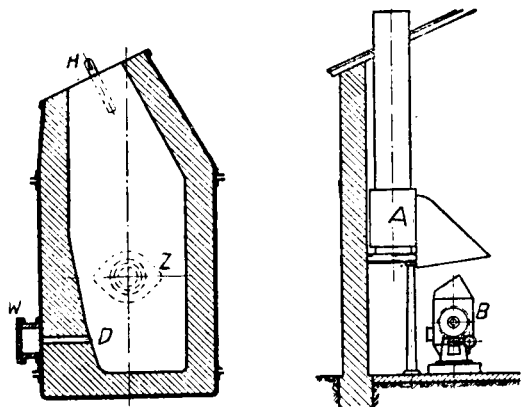


Фиг. 122. Сименс-мартеновская печь на 20 — 25 т железа.

1 — дверцы для загрузки печи, 2 — загрузочная платформа, 3 — пол литейной, 4 — в левую камеру для воздуха, 5 — из правой камеры для воздуха, 6 — боров, 7 — главный газопровод, 8 — запорный клапан для газа, 9 — переключающая заслонка для газовых камер, 10 — переключающая заслонка для воздушных камер, 11 — выпуск продукта, 12 — газопровод, 13 — газ, 14 — воздух.

Для плавки стали требуется значительно более высокая температура, чем для плавки чугуна. Такая высокая температура может быть получена в Сименс-Мартеновской печи, представленной на фиг. 122, путем применения регенераторов, утилизирующих часть теплоты отходящих газов. Работа печи ведется на газе, для производства которого служит особая газовая установка. Принцип действия этой печи состоит в следующем.

В положении, представленном на фиг. 122, газ из главного газопровода притекает через повернутую соответствующим образом переключательную заслонку в левую камеру (регенератор) для газа; одновременно с этим другая такая же заслонка пропускает наружный воздух в левую воздушную камеру. И газ, и воздух при своем прохождении через камеры сильно нагреваются; это происходит благодаря соприкосновению их с устроенными внутри камер решетчатыми перегородками (не показанными на фигуре), выложенными из огнеупорного



Фиг. 123 и 124. Малый бессемеровский конвертор.
А — труба.

кирпича и несколько ранее до того раскаленными добела прошедшими через них горячими продуктами горения. При своем прохождении через камеры газ и воздух нагреваются, примерно, до $1\,000^\circ$ и встречаются над самым подом. При сгорании сильно нагретого газа с сильно нагретым воздухом развивается очень высокая температура, доходящая до $2\,000^\circ$ и больше, благодаря чему даже наиболее тугоплавкие сорта железа быстро расплавляются и могут быть нагреты еще больше, значительно выше своей точки плавления. Из печи горячие еще продукты горения идут в правые регенераторы, где они нагревают добела огнеупорные перегородки, и через открытые переключательные заслонки для газа и воздуха уходят в боров и дымовую трубу.

Спустя некоторое время — в начале плавки через два часа, а затем через полчаса — огнеупорная кладка в правых камерах раскалена добела, левые же камеры нагреты значительно меньше. Теперь обе заслонки с помощью особого рычажного механизма (на фигуре не показанного) одновременно переключаются, т. е. поворачиваются на 90° против движения часовой стрелки. При перестановке заслонок запорный газовый клапан должен быть закрыт, иначе возможны взрывы и бесполезные потери газа. После этой перестановки и газ из газопровода, и наружный воздух меняют свое направление, — они идут сперва в правые камеры, затем над подом и после сгорания поступают через левые камеры в трубу. Спустя еще два часа заслонки снова переключаются, и процесс повторяется в том же порядке.

Новейшие сименс-мартеновские печи снабжены, вместо простых заслонок, особыми переключательными вентилями с гидравлическим затвором. На подробном описании этих вентиляей мы здесь останавливаться не будем.

Угар в сименс-мартеновских печах составляет приблизительно 7%. Несмотря на хорошее использование тепла в регенераторах, расход горючего довольно высок — от 25 до 60% плавящегося металла, что объясняется тем, что продукты горения оставляют печь при очень высокой еще температуре. Это вполне понятно, если иметь в виду, что отходящие газы должны всегда обладать более высокой температурой, чем кладка регенераторов. На практике теплота отходящих газов часто утилизируется для нужд парового хозяйства.

Емкость печей самая разнообразная: от 1 до 30 тонн железа.

Приведение печей в состояние, пригодное для нормальной работы, сопряжено всегда с большим трудом и крупными расходами. Прежде всего, требуется довольно частая смена огнеупорного материала регенераторов, так как на состоянии этого материала очень вредно отражаются чередующиеся колебания температуры, — материал скоро начинает крошиться и распадается. Далее, неплотности клапанов дают довольно чувствительные утечки газа, — часть последнего уходит непосредственно в дымовой канал, минуя печь. При неблагоприятных

условиях соединение свежего газа с горячими отходящими газами сопряжено с опасностью взрыва.

Сименс-мартеновские печи служат для расплавления стали или же передела чугуна и железного лома в сталь. В виду чрезвычайно большой емкости этих печей, они больше всего пригодны для отливки крупных предметов из стали. Для расплавления плака здесь также прибавляется известковый флюс.

Для мелких стальных отливок с успехом применяется малая бессемеровская реторта (конвертор), изображенная на фиг. 123 и 124. По конструкции она сходна с большими ретортами, но емкостью значительно меньше их, а именно 0.5 — 2 тонны чугуна. Конвертор в горизонтальном положении заливается жидким чугуном из вагранки, затем устанавливается дутье, и реторта поворачивается в вертикальное положение в том виде, как она изображена на фигуре. Благодаря дувшему воздуху, происходит полное обезуглероживание чугуна; от последующего прибавления зеркального чугуна или ферромарганца и кокса он вновь науглероживается в сталь, освобождаясь вместе с тем от закиси-окиси железа, которая сделала бы его весьма краснотомным.

Высокая температура в конверторе дает очень горячую и совершенно разжиженную стальную массу, хорошо заполняющую формы, благодаря чему она пригодна также для отливки тонкостенных предметов. Малый бессемеровский конвертор может быть рекомендован в тех случаях, когда стали требуется немного, или когда сталь требуется нескольких различных составов: конвертор легко может быть пущен в ход и также легко может быть остановлен, что дает возможность без особых затруднений менять состав загружаемого материала.

Тигельные печи.

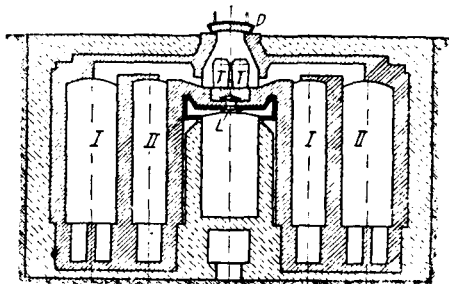
Для плавки самых высокосортных видов стали, которые не должны подвергаться непосредственному действию горючих газов, употребляются тигельные печи (фиг. 125), по конструкции сходные с описанными выше сименс-мартеновскими печами. На полу рабочего пространства печи стоит несколько тиглей *T*, емкостью 10 — 35 кг стали, изготовленных из смеси огнеупорной глины и графита; каж-

дый тигель снабжается плотно закрывающейся крышкой из того же материала. Наверху горн закрывается небольшой крышкой *D*, через которую тигли с помощью клещей (фиг. 126) могут ставиться в горн и выниматься из него. В тигель к расплавлению металлу можно также прибавлять различные ценные примеси, как, например, никель, вольфрам, хром и т. д.

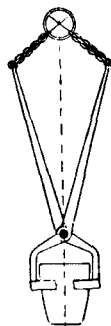
К этой категории печей относятся также и электросталеплавильные печи системы Рехлинг - Роденгаузер, Геру и Стассани, вырабатывающие из стали самую лучшую электросталь, которую можно тут же разливать в формы. В настоящее время электросталь бесспорно является наиболее ценным сортом стали для разного рода отливок и поковок. Когда требуется тонкостенное литье, наилучшим плавильным прибором является электрическая печь.

Тигли применимы, конечно, и для плавки высокосортных чугунов и всех других металлов, но их с успехом можно заменять в таких случаях печами более простой конструкции, так как для указанных металлов нет надобности в такой высокой температуре, какая требуется для плавки стали.

На фиг. 127 изображена тигельная печь для металлических сплавов несколько устаревшей конструкции. В шахте с узким сечением на подставку из огнеупорного кирпича ста-



Фиг. 125. Схема сименс-мартеновской тигельной печи.
I — газ, II — воздух.

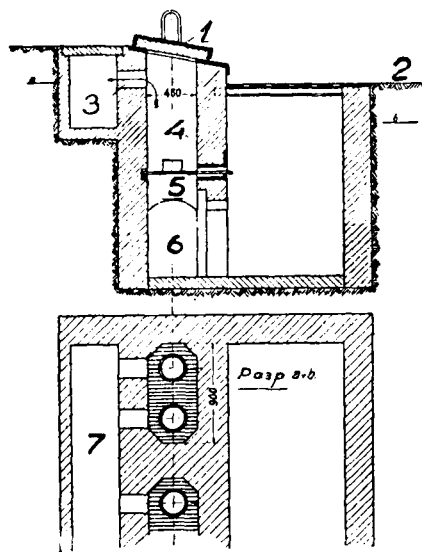


Фиг. 126. Тигельные клещи.

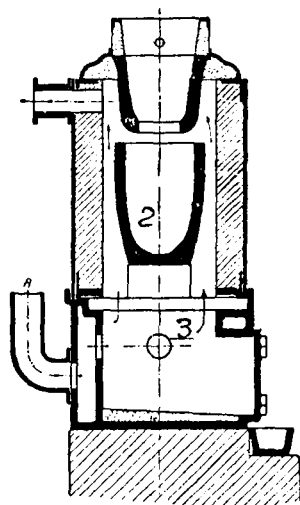
вятся 2 — 4 тигля, вокруг них насыпается кокс, при горении которого происходит плавка содержимого тигля. Огнеупорная подставка, отделяющая тигель от решетки, необходима потому, что на самой поверхности решетки температура ниже, чем на некотором расстоянии над нею, что объясняется притоком в этом месте холодного воздуха. Путь, проходимый продуктами горения, до выхода их в трубу, лежит обыкновенно через боров и сушильную камеру для форм.

Расход горючего в тигельных печах такого типа чрезвычайно высок; причиной этому служат неизбежные потери тепла в окружающую среду. Плавка продолжается обычно очень долго, — 2-3 часа. За это время у сплавов легко могут иметь место окисление и улетучивание, главным образом, цинка и олова, — явления, неблагоприятно отражающиеся на результатах плавки.

Гораздо лучше и экономичнее использование горючего в тигельном горне с предварительным подогревом металла, системы Пиа-Бауман (фиг. 128). Печь работает



Фиг. 127. Старый тип тигельной печи с простой колосниковой решеткой.
1 — крышка, 2 — уровень пола литейной, 3 — боров, 4 — тигель емкостью 30 — 70 кг, 5 — колосниковая решетка, 6 — зольник, 7 — дымовой канал.

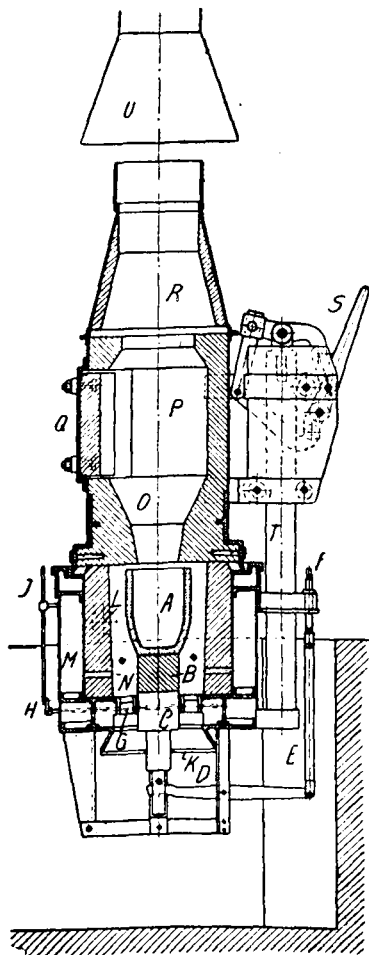


Фиг. 128. Тигельная печь с подогревателем.
1 — подогреватель, 2 — тигель емкостью 50 — 500 кг, 3 — колосниковая решетка.

с дутьем, которое поступает через трубу А. Процесс плавки в этом горне продолжается приблизительно вдвое меньше времени, чем в простых горнах, благодаря весьма интенсивному горению кокса, в который тигель погружен. Горячие газы до выхода наружу омывают подогреватель, благодаря чему содержащийся в нем металл хорошо нагревается и, после расплавления содержимого ниже лежащего тигля, соскальзывает вниз в тигель (ср. фиг. 131). В горн ставится только один тигель, — этим обеспечивается вполне доступное со всех сторон рабочее пространство. Здесь для разливки содержимого тигля в формы также необходимо снять крышку с подогревателем и вытащить тигель из горна. От неизбежного при этих операциях охлаждения и зажима клещами тигель, разумеется, сильно страдает; после, примерно, пятнадцати плавков тигель в этих условиях для дальнейшей работы уже непригоден.

Печь Дебуса (фиг. 129) в отношении использования горючего работает еще экономнее, чем только что описанная печь. Вдуваемый у L воздух проходит сперва через камеру М, где он до соприкосновения с топливом предварительно подогревается. Из М воздух поступает в камеру сгорания частью через щели колосниковой решетки, частью через каналы N. Зазор между тиглем А и подогревателем О делается шириною лишь в несколько сантиметров для того, чтобы горючие газы могли хорошо омывать тигель. Зазор этот устанавливается при помощи

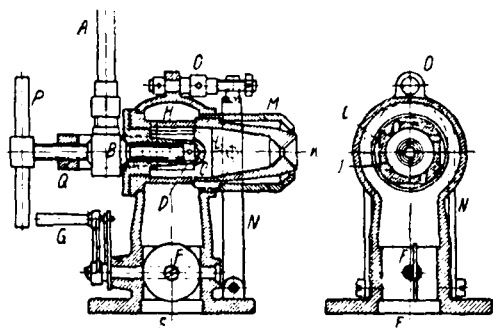
системы рычагов в $D—E—F$, служащей для перемещения подставки C в вертикальном направлении. Печь сразу же вмещает требуемое количество горючего, так что добавочной загрузки последнего во время плавки не требуется. Перед опорожнением тигля для разливки металла части $O—P—Q—R$ с помощью рычажного механизма S приподнимаются вверх и откидываются в сторону, после чего тигель захватывается клещами (фиг. 126) и вынимается. В такой печи можно расплавить 100 кг металла в течение, примерно, 30 минут. Расход кокса составляет приблизительно 12—15% от расплавленного металла.



Фиг. 129. Тигельная печь системы Х. Дебус, Гехт и/М!

A — плавильный тигель, B — шамотная подкладка, C — передвижная подставка, D, E, F — рычажный механизм для перемещения подставки C , G — опрокидывающая решетка, разъемная, H, J — система тяг для открывания решетки при выпуске шлака, K — дверца для выпуска шлака, L — отверстие для впуска дутья, M — воздушная камера, N — канал для входа воздуха в рабочее пространство, O — подогреватель, P — загрузочный силос, Q — дверца к P , R — дымовая труба, S — рычажный механизм для поднятия вверх частей $O—R$, T — опорная стойка для S , U — колпак.

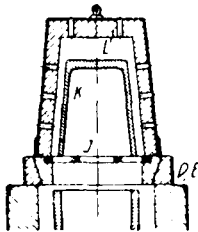
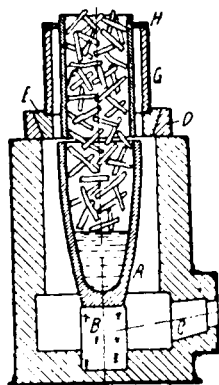
Печи, изображенные на фиг. 121 и 131—133, работают на жидком топливе, большей частью на смоле (дегте), представляющей собою побочный продукт, получаемый при коксовании. На фиг. 130 представлена форсунка для таких печей. Горючее протекает под естественным напором (самотеком) через трубу A из резервуара, устанавливаемого на высоте 3—5 м, и бьет тонкими струйками через канальчики D навстречу вдуваемому воздуху. Последний входит под давлением от 300 до 600 мм водяного столба через отверстие E в воздушное пространство H , регулирование производится с помощью заслонки F ; через четыре тангенциально расположенных прореза J воздух поступает в конус K , откуда он быстрым вращательным движением увлекает с собою топливо, выходящее в мелко распыленном виде через правый конец сопла K , где оно горит ярко-белым некоптящим пламенем. Вследствие своего быстрого вращательного движения, пламя имеет тенденцию распространяться



Фиг. 130. Форсунка для жидкого топлива производительностью 15 кг в час, констр. завода Карл Шмидт, в Гейльбронне.

A — подводящая труба для жидкого топлива, B — присоединение трубы A , C — сопло для жидкого топлива, D — наклонно просверленные канальчики для топлива, E — входное отверстие для дутья, F — регулирующая заслонка, G — рукоятка для поворачивания F , H — воздушное пространство, J — четыре тангенциально расположенных отверстия для впуска воздуха, K — сопло, L — четыре канала для добавочного воздуха, M — коробка для добавочного воздуха, N — хомут, O — винт для перестановки M, P и Q — винтовой зажим для собранных частей форсунки.

вширь, в виде широкого веера; это, с одной стороны, имеет положительное значение, так как этим предотвращается образование острого ударяющего пламени, однако, с другой стороны, оно неблагоприятно отражается на движении пламени в печи, необходимом для правильного ведения плавки. Чтобы парализовать такую тенденцию, в коробку *M* через каналы *L* подводится добавочный воздух, выходящий затем через узкую щель между конусом *K* и коробкой *M*; этот добавочный воздух охватывает и несколько сжимает пламя, не давая ему принять острую форму.



Фиг. 131 а и б. Стационарная тигельная печь, работающая на жидком топливе.

A — тигель, *B* — огнеупорная подставка, *C* — отверстие для форсунки, *D* — крышка, *E* — кольцо, *F* — подогреватель, *G* — рубашка для подогревателя, *H* — крышка, *J* — решетка для ковша, *K* — литейный ковш, *L* — изоляционный футляр.

С помощью хомута *N* и установочного винта *O* можно переставлять коробку *M* в продольном направлении; сужением или уширением кольцевой щели между *K* и *M* можно, таким образом, регулировать в довольно широких пределах приток добавочного воздуха.

Благодаря хорошему внутреннему смешиванию горючего с воздухом, топливо, выходящее из форсунки в сильно распыленном виде, напоподобие мелкого тумана, сгорает при очень высокой

температуре; последняя непосредственно у форсунки составляет приблизительно 1600° и, следовательно, достаточна для расплавления стали в тиглях. Подачу воздуха можно производить в таком размере, чтобы пламя могло оказывать восстановительное действие, т.е. чтобы оно не содержало избыточного количества кислорода, влияние которого на расплавляемый металл может оказаться чрезвычайно вредным.

Конструкция изображенной на фиг. 131 стационарной тигельной печи для жидкого горючего (дегтя) ясна из фигуры и пояснений к имеющимся на ней о значениях. Отверстие *C*, предназначенное для помещения в нем форсунки, имеет несколько наклонное положение книзу и, кроме того, устраивается сбоку, в касательном положении, дабы заставить пламя не ударять в тигель, а омывать его при вращательном движении, а затем подниматься вверх. Когда крышка *H* закрыта, пламя омывает только подогреватель *F*, и использование тепла идет довольно хорошо. Когда требуется, чтобы расплавляемый металл не подвергался непосредственному действию пламени, крышка *H* открывается, и газы поднимаются вверх через прозор между *F* и *G*.

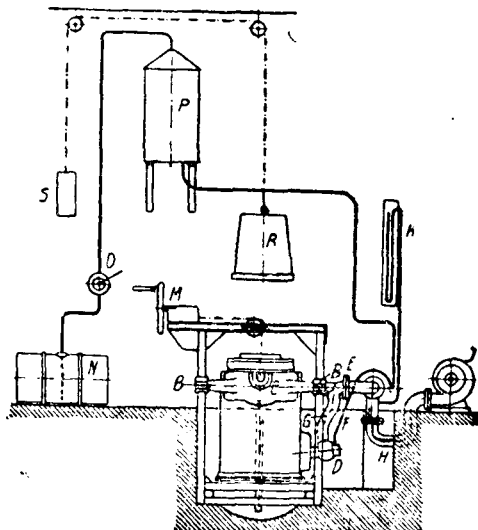
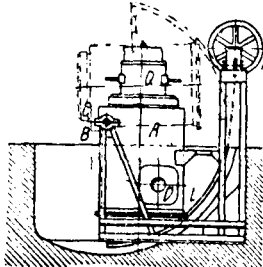
Представленное на фиг. 131 б устройство для прогрева литейного ковша *K* предназначено для опрокидной тигельной печи, у которой расплавленный металл для разливки в формы выливается из тигля в ковш; при неопрокидных печах тигель обычным способом, при помощи клещей, вытаскивается из горна, и разливка производится на него непосредственно. Прогрев ковша *K* происходит следующим образом: когда весь загруженный в подогреватель металл соскользнул без остатка вниз, подогреватель снимается, и вместо него ставится на решетку *J* открытым концом книзу ковш *K*, нагреваемый затем горячими газами докрасна. Это делается для того, чтобы предохранить жидкий металл от застывания при соприкосновении с холодными стенками разливного ковша. Футляр *L* содействует лучшему использованию тепла отходящих газов.

На фиг. 132 изображена установка с опрокидной тигельной печью, работающей на жидком топливе. Пунктиром показано положение печи в опрокинутом состоянии, т.е. в повернутом на 90° (даже немного больше) положении; поворачивание производится при помощи подъемного устройства *M*. Линия, соединяющая оси обоих цапф *B*, около которых происходит вращение, у данной печи проходит через лоток *C*. Делается это для того, чтобы истечение струи расплавленного металла могло происходить всегда из одного и того же места, дабы обеспечить тем самым аккуратное попадание ее в подставляемый под лоток ковш. Если взять для сравнения печь, представленную на фиг. 121, то там выливание металла в ковш связано с известными затруднениями. При конструкции плавильного тигля по фиг. 132 нет никакой надобности вынимать его из горна, благодаря чему он значительно лучше сохраняется.

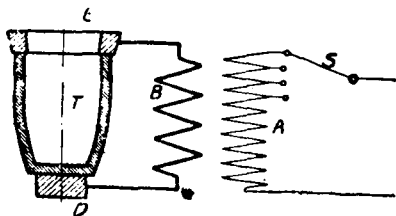
Подогреватель Q , во всем сходный с подогревателем F на фиг. 131, остается на печи лишь в течение всей плавки. Как только последние куски металла из подогревателя спустились в тигель, на его место так же, как и там, ставится литейный ковш.

Фиг. 132. Опрокидывая тигельная печь (завода Карл Шмидт, Гейльбронн).

A — тигельная печь, B — две цапфы, около которых печь может поворачиваться, C — лоток для выливания расплавленного металла, D — форсунка, E — сальник для воздухопровода, F — трубопровод для горючего, G, H — воздухопровод, J — воздуходувка, K — манометр для указания давления дутья, L — дуговая направляющая для поворачивания печи, M — лебедка для опрокидывания печи, N — бочки для жидкого топлива, O — насос, P — напорный резервуар для горючего с шкалой и выпускным краном, Q — подогреватель для металла, R — изоляционный колпак для литейного ковша, S — противовес для R .

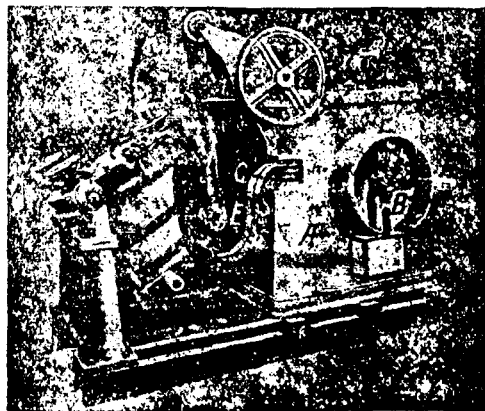


Электрическая тигельная печь системы Гельбергер и В. К. Э. в Берлине (фиг. 133 и 134) работает следующим образом. Благодаря первичной обмотке A (фиг. 133), имеющей большое число витков и присоединенной к существующей сети переменного тока, во вторичной обмотке B возбуждается переменный ток низкого напряжения, примерно, 6 — 24 вольт соответственно высокой силы, начиная с 100 и доходя, смотря по величине тигля, до нескольких тысяч ампер. Трансформатор у этих установок такой же, как у электрических сварочных машин.



Фиг. 133. Схема электрической тигельной печи.

A — первичная обмотка, B — вторичная обмотка, C и D — верхний и нижний электроды, S — выключатель, T — тигель.



Фиг. 134. Электрическая тигельная печь, емкостью 100 кг.

A — ящик для трансформатора, B — выключатель, C — подвод тока, D — маховики для прижатия электродов к тиглю, E — цепь для опрокидывания печи, F — подъемное устройство, G — мотор, H — верхний электрод.

Возбуждаемый таким образом ток проходит через угольные электроды C и D и тигель T , изготовленный из смеси угля и графита; вследствие своего сопротивления проходящему току тигель раскаляется добела, расплавляя через самое короткое время весь содержащийся в нем металл. При этом температура тигля может быть доведена до $3\,000^\circ$, т. е. до такой температуры,

которая достаточна для расплавления самых тугоплавких металлов, например, платины. Температура регулируется при помощи выключателя *S*, путем включения и выключения соответствующего количества витков первичной обмотки. Число ступеней включения у печей производственного типа — 5, у печей, служащих для опытных целей. — 10 или 2×10 .

Раскаленный добела тигель на воздухе легко может сгореть. Для предупреждения этой опасности он с наружной стороны снабжается оболочкой из неокисляющихся веществ; внутри он покрывается магнием, окисью цинка, окисью алюминия, известью или шамотом, — это для того, чтобы расплавленный металл не мог понизить сопротивления тигля проходящему току. Очень часто внутри угольного тигля, через который пропускается ток, ставится другой, графитовый тигель, вмещающий расплавляемый металл и легко заменяемый, в случае износа или порчи, другим. Кроме того, наружный тигель для лучшего сохранения тепла помещается в особый футляр с толстыми стенками.

Фиг. 134 изображает один из существующих типов электрических тигельных печей очень крупных размеров. Для предохранения электродов от чересчур быстрого сгорания, к ним подводится охлаждающая вода. Тигель снабжается изоляционным футляром, о котором упоминалось выше, и опрокидывается около выпускного лотка, так что вынимать его из печи нет надобности.

Такие печи строятся для плавки в количестве от 0,5 до 120 кг, а также и железа или стали от 1 до 100 кг. При дешевой электрической энергии они применяются преимущественно для расплавления латуни, никеля и благородных металлов. Расход энергии составляет приблизительно для:

100 кг латуни	18 киловатт-часов
100 » меди	38 »
100 » железа	75 »

Общая характеристика систем отопления плавильных печей.

Чтобы дать читателю возможность сравнивать описанные выше системы отопления плавильных печей, остановимся в общих чертах на достоинствах и недостатках тех или иных топков, поскольку они в достаточной мере выявлены практикой.

Обыкновенная колосниковая решетка, по стоимости оборудования является, пожалуй, наиболее дешевой, но зато обслуживание ее требует от рабочего большого практического опыта, ведения процесса при возможно большей полноте сгорания, с незначительным дымообразованием, умения держать максимально возможную равномерно высокую температуру плавки. Обыкновенная колосниковая решетка, вообще говоря, никогда не дает вполне равномерной температуры рабочего пространства по той причине, что при каждой новой загрузке приходится открывать топочную дверцу, а также и потому, что засыпаемая каждый раз свежая порция топлива не сразу начинает гореть, а требует для этого хотя бы нескольких минут времени. В пламенных печах с колосниковой топкой расход каменного угля на расплавление 100 кг чугуна надо считать 50 — 60 кг. Тигельные печи, в которых горение поддерживается дутьем, дают немного более благоприятные результаты, так как печи эти работают на таком высокосортном топливе, как кокс. Они не требуют такой частой загрузки топлива; кроме того, температура значительно быстрее повышается снова до того состояния, которое является нормальным для данного производства. Колосниковая топка без дутья не всегда дает полное сгорание, расход угля или кокса здесь непропорционально высок; поэтому такие топки на современных заводах постепенно вытесняются топками с дутьем. Для тигельных печей с дутьем расход кокса на плавку 100 кг чугуна или стали составляет около 40 кг.

В газогенераторной топке достигается лучшее использование горючего, в особенности низкосортного топлива. Производство ведется чище, так как здесь дымообразование и выделение сажи значительно меньше, чем в обыкновенной колосниковой топке. Теплота генератора, а равно и отходящих газов, может быть использована через промежуточную стенку для подогрева необходимого для горения воздуха, — это также дает известную экономию топлива. Утилизация тепла может быть даже доведена до высшего, практически возможного предела, если применить принцип противотока, при котором даже сильно охладившиеся

продукты горения все еще в состоянии отдавать свою теплоту идущему им навстречу холодному воздуху. Такого рода топки, у которых теплота передается через стенку, носят название *рекуператорных*. Содержание их в надлежащей исправности не связано с значительными расходами, так как при установившейся работе печи все части топки сохраняют почти одинаковую температуру. Обслуживание генератора значительно удобнее, благодаря продолжительным промежуткам между загрузками, а также и простоте самого способа подачи топлива. В огневом пространстве температура также устанавливается без всяких затруднений, она и при загрузке остается все время почти на одной и той же высоте.

Регенеративная топка Сименса в состоянии развивать самую высокую температуру. Дефектом этой системы является то, что внутренняя кладка регенераторов подвержена постоянным температурным колебаниям, благодаря чему кирпич постепенно разрушается и, прослужив несколько месяцев, должен заменяться новым. Отходящие газы должны оставлять печь при температуре около 700° и, в лучшем случае, могут быть в дальнейшем использованы в паровых котлах и т. п. установках. Поэтому, расход топлива в регенеративных сименсовских печах больше, чем в рекуператорных. На 100 кг расплавленной стали надо считать 25—60 кг угля. С другой стороны, сименсовская печь лучше приспособлена к достижению высоких температур, — нагревание газа и воздуха через стенку, разумеется, не может протекать так же интенсивно, как путем непосредственного соприкосновения с горячими кирпичами регенераторов.

Чистого газовая топка дороже топок других систем. Ей часто дается предпочтение перед другими топками по той причине, что она в высшей степени удобна для обслуживания и регулировки и чрезвычайно гигиенична; кроме того, она совершенно исключает возможность образования дыма, сажи и неприятного запаха, от которых рабочим обыкновенно приходится страдать. Другое чрезвычайно важное преимущество ее — абсолютная равномерность температуры. Там, где газ находит применение для каких-либо иных целей, им пользуются также для отопления плавильных печей.

Топки для жидкого топлива в последнее время получают все большее распространение. Преимущества такой топки — те же, что и газовой, в отношении чистоты, равномерности температуры и возможности регулировки; вместе с тем она в эксплуатации дешевле, так как она работает на более дешевом топливе. В сравнении с коксовой топкой, работающей с дутьем, оборудование топки для жидкого топлива стоит лишь немногим дороже. На 100 кг расплавленного металла обычно принимают расход газовой смолы 15—20 кг, каменноугольной — 12—15 кг.

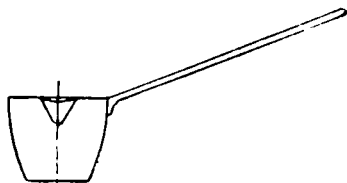
Электрическая печь имеет преимущества перед другими печами во всех тех случаях, где отсутствие пламени, газов, дыма и сажи играет особую важную роль. При электрической печи рабочим совершенно не приходится страдать от пламени, выбрасываемого из печи. Поэтому наблюдение за ходом плавки может вестись здесь без всяких затруднений, дополнительная засыпка металла в тигель во время плавки производится легко и удобно.

Самый процесс плавки протекает весьма интенсивно, температуру можно регулировать с значительно большей точностью, чем при печах других систем, для этого не требуется особой квалификации. Угар металла меньше благодаря тому, что процесс плавки здесь идет довольно быстро. В дымовой трубе надобности нет, поэтому установка такой печи возможна в любом месте, например, в помещении лаборатории. Правда, эксплуатационные расходы плавки в электрических печах больше, чем в печах других систем, но они большей частью компенсируются указанными преимуществами. Известные экономические выгоды электрическая печь дает при дешевой электрической энергии (например, в случае гидравлической силовой установки).

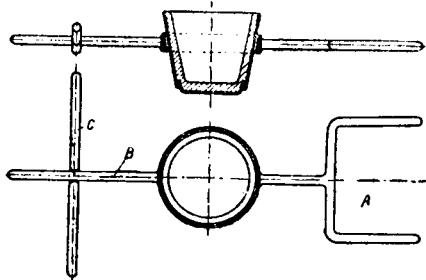
Литейные ковши.

Литейные ковши служат для разливки расплавленного металла из печи в формы. Большей частью они склепываются из листового железа, свариваются или штампуются и внутри выкладываются толстым слоем огнеупорной массы. Для небольших количеств металла применяются *ложки* или *черпаки* (фиг. 135); работать такой ложкой может один рабочий. Разливка более значительных количеств металла производится с помощью *ухватного ковша*

(фиг. 136): один рабочий держа развилку ухвата, опрокидывает ковш, разливая металл в формы, в то время, как другой рабочий держит прямой конец *В*; для разливки больших количеств металла рукоятка *В* поддерживается свободной поперечной штангой *С*, удерживаемой двумя рабочими. Для очень больших масс, превышающих 150 кг, употребляются крановые ковши (фиг. 137). Для удержания последних служат натяжные рукоятки *В*; опрокидывание производится с помощью ручного маховика *С* и червячной передачи.

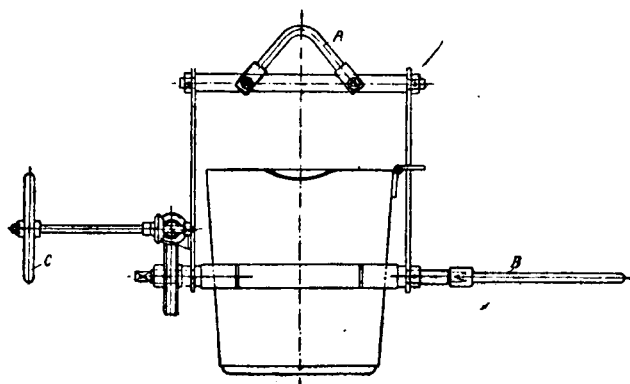


Фиг. 135. Разливная ложка.
Емкость 15₂ — 25 кг.

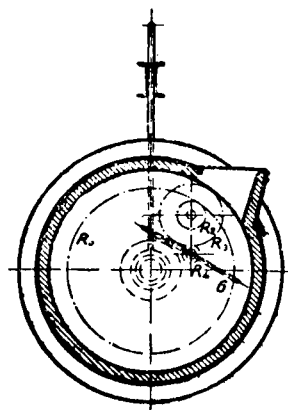


Фиг. 136. Ухватный ковш.
А — вилка, *В* — прямой конец вилки, *С* — штанга, не связанная с рукояткою *В*. Емкость 50 — 150 кг.

Но обстановка, в которой приходится работать ковшами только что описанной формы, чрезвычайно вредна для здоровья рабочих, постоянно подверженных опасности глазных заболеваний, вследствие ослепляющего действия пламени. Опасность эту можно устранить, применяя разливные барабаны, образец коих представлен на фиг. 138. Барабаны эти



Фиг. 137. Крановый ковш для разливки чугуна.
А — подвесная скоба, *В* — натяжная рукоятка, *С* — механизм для опрокидывания ковша. Емкость 500 — 10 000 кг



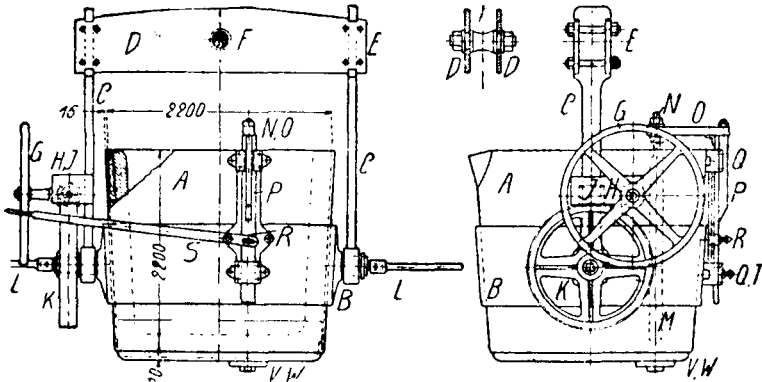
Фиг. 138. Литейный барабан.
*R*₁, *R*₂, *R*₃, *R*₄ — цилиндрические зубчатые шестерни, *G* — червячная передача.

со всех сторон закрыты и этим предохраняют чугун от чрезмерно быстрого остывания. Они обычно ставятся на тележки или подвешиваются к крану.

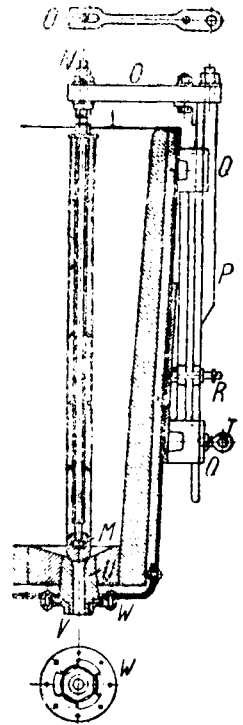
При отливке стальных изделий важно изыскать удобный способ отделять большие массы шлаков, плавающие на поверхности жидкого металла, и производить разливку в формы по возможности ровной и спокойной струей. Поэтому, литейные ковши для стали имеют обыкновенно особое устройство, позволяющее выпускать расплавленный металл из отверстия, проделанного в днище, благодаря чему частицы шлаков не могут попадать в формы. Смотря по надобности, ковши этого типа подвешиваются к крану (фиг. 139) или ставятся на тележки. Седло *U* и пробка *М* делаются из огнеупорной глины. Пробка *М* сидит на железной штанге *N*, на которую надета трубка из огнеупорной глины; она поднимается нажатием рычага *S*. Для удаления шлака ковш опрокидывается, действуя маховичком *G*; к опрокидыванию ковша прибегают также в случае порчи механизма пробки.

Дробление штыкового чугуна.

До подачи подлежащего плавке металла в печь его необходимо несколько раздробить. Чугун обыкновенно доставляется в форме свинок (фиг. 2), имеющих глубокие надрезы через каждые 150—200 мм, которые позволяют дробить свинки на отдельные куски указанной длины. Очень часто дробление производится вручную, при помощи тяжелой кувалды. Гораздо удобнее и дешевле в работе специальные дробилки для свинок, приводимые в действие от

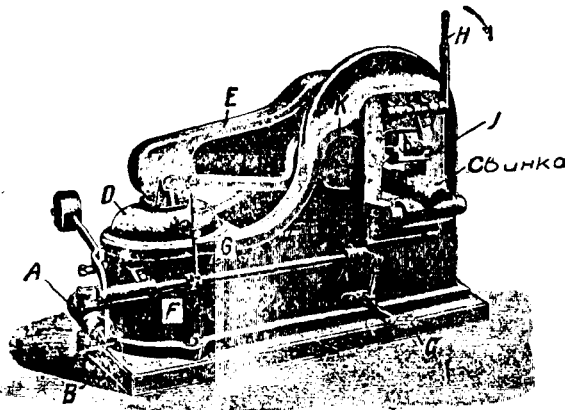


Фиг. 139. Ковш для разливки стали вместимостью 30 000 кг. А — ковш, В — кольцо, в которое вставляется ковш, с цапфами, С — подвесные штанги, D — траверса, E — соединительные болты, F — палец для захвата ковша краном, G — ручной маховичок, H — конические зубчатые шестерни, J — червяк, K — червячное колесо, L — натяжные рукоятки для перемещения ковша, M — пробка, N — штанга для M, O — вилка, P — ползушка, Q — направляющая для P, R — болт, S — рычаг для подъема и посадки M на место, T — болт для закрепления ползушки P, U — выпускное отверстие для металла, V — фланец для U, W — фланец ковша.



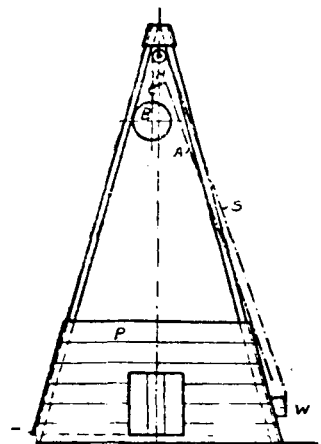
Фиг. 139а.

трансмиссии или от электродвигателя, или же гидравлическим способом. Из существующих многочисленных типов дробилок мы опишем дробилку, изображенную на фиг. 140.



Фиг. 140. Гидравлическая дробилка.

А — впускной золотник, В — нагнетательный водопровод, С — педаль с рычагом, D — поршень, E — дробильный рычаг, F — цилиндр, G — регулируемая тяга, H — зажимной рычаг, J — дробильная щека, K — цапфа, около которой поворачивается рычаг E.



Фиг. 141. Копер.

А — канат, В — железный шар, H — крюк, P — обшивка, S — подъемный канат, T — дверь, W — ворот (может быть заменен мостовым краном с магнитом вместо крюка H).

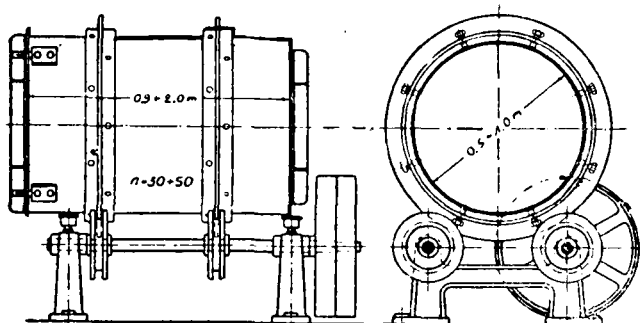
Дробилка приводится в действие гидравлическим способом. Когда поршень *D* поднимается вверх, рычаг *E* поворачивается около цапфы *K*, отчего свинка размывается и отломанная часть проваливается вниз. Когда поршень *D* достиг своего наивысшего положения, тяга *G* автоматически закрывает вход нагнетательной воды. При поворачивании рукоятки *H* в направлении, показанном стрелкой, ползун *J* передвигается по наклонным поверхностям вниз и крепко зажимает свинку перед ее разломом.

Для дробления кусков очень крупной величины, например, старых машинных частей или негодных отливок, идущих обратно в плавку, употребляются к о п р ы (фиг. 141). Копер представляет собой деревянные козлы, имеющие форму пирамиды, вышиной, примерно, 12 м, посредине которой действует поднимаемый сверху тяжелый железный шар, всюю своею тяжестью падающий на лежащую внизу отливку. Козлы в нижней своей части обшиваются толстыми досками *P*, иначе разлетающиеся осколки могут причинять увечья стоящим у копра рабочим. Копер обычно устанавливается на заводском дворе.

Очистка литья.

Очистка отливок имеет целью удаление пригоревшего к поверхности их формовочного песка, устранение стержней и проволоки, литников, прибылей и заливок, образуемых от проникания металла в щели между поверхностями формы.

Простейший способ очистки, в настоящее время применяемый, главным образом, для крупных отливок, состоит в том, что песок снимается зубилами и железными штангами, стержни



Фиг. 142. Вращающийся барабан для очистки литья.

и проволока удаляются с помощью крюков и т. д. Часто бывает, что остатки проволочных каркасов приходится разбивать или разрывать в самой отливке. Работа эта над отливками малой и средней величины производится на особых столах, крытых решетчатыми плитами, через которые песок и пыль проваливаются вниз и затем, в целях обеспыливания мастерской, вытягиваются эксгаустором. Более крупные отливки с гладкими поверхностями очищаются от пригоревшего

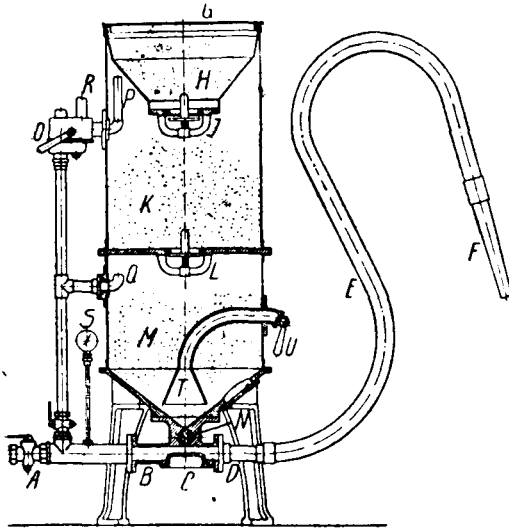
песка особыми пневматическими молотками, которых мы здесь подробно описывать не будем. Гребни и швы у крупных отливок отбиваются вручную или пневматическими зубилами, у мелких они удаляются на шлифовальном станке. Литники и прибыли отшибаются, спиливаются или стачиваются.

Мелкие изделия удобно очищать от приставшего к наружной поверхности их песка, помещая их в большом количестве, вместе с крупным песком, в особые б о ч к и или б а р а б а н ы (фиг. 142), которые затем вращаются в течение нескольких часов. Благодаря перекидыванию и перекатыванию отливок, достигается чрезвычайно интенсивная и дешевая очистка наружных поверхностей; этот способ, однако, имеет тот недостаток, что углы и кромки изделий сминаются и от ударов отлетают.

Наиболее производительными приборами для очистки всякого рода литья являются пескоструйные аппараты. Их особенность состоит в том, что выбрасываемая ими сильная струя остроконечного кварцевого песка, ударяя о поверхность очищаемой отливки, соскабливает целиком пригоревший формовочный материал. При помощи пескоструйных аппаратов очень удобно удалять также и стержни. От действия песчаной струи литье получает равномерную синевато-серую поверхность с притупленными краями, благодаря чему при дальнейшей обработке, при полном отсутствии приставшего ранее к обрабатываемым местам твердого фор-

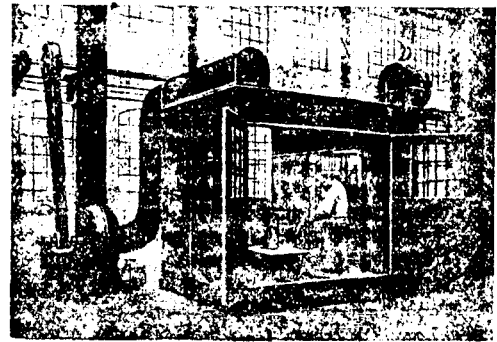
мовочного песка, резцы и фрезера в значительной степени сохраняются от преждевременной порчи.

Пескоструйные аппараты работают преимущественно с давлением воздуха в 1—2, реже 4 кг/см². Из существующих разнообразных типов наибольшим применением пользуются нагнетательные пескоструйные аппараты, предназначенные для очистки отливок крупных размеров. Один такой аппарат представлен на фиг. 143. Песок падает вниз на крышку *C*, захватывается поступающим через кран *A* сжатым воздухом и через *D* идет в трубу или шланг *E—F*. Мундштук *F* дается рабочему в руки для свободного маневрирования (фиг. 144), или же получает принудительное движение (фиг. 145—147).



Фиг. 143. Пескоструйный аппарат.

*A**—подвод сжатого воздуха, *B*—смешивательная камера, *C*—затвор, *D*—присоединение шланга для песчаной струи, *E*—резиновый шланг, *F*—мундштук, *G*—сито, *H*—воронка, *J*—верхний клапан для песка. *K*—верхнее отделение, *L*—нижний клапан для песка, *M*—нижнее отделение. *N*—кран для песка, *O*—двойной кран для сжатого воздуха, *P*—впуск сжатого воздуха в верхнее отделение, *Q*—впуск сжатого воздуха в нижнее отделение, *R*—выход воздуха наружу, *S*—манометр, *T*—выдувная труба для прочистки, *U*—затвор для трубы *T*.

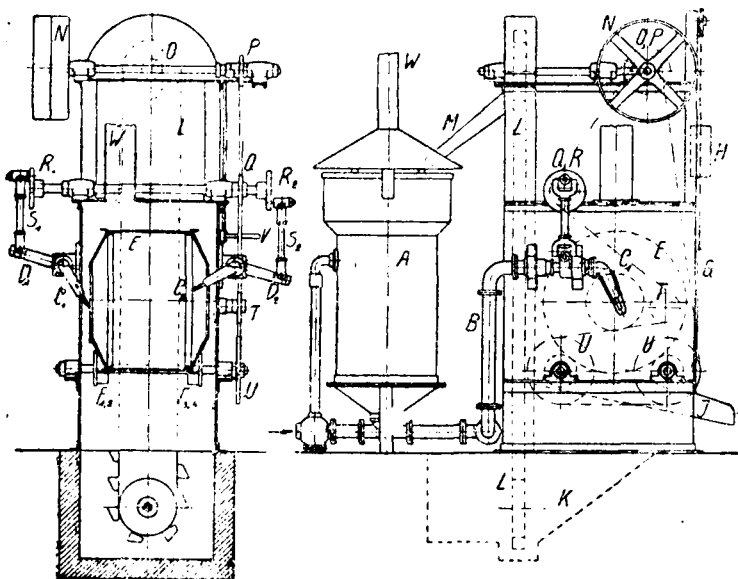


Фиг. 144. Камера для очистки отливок. *A*—пескоструйный аппарат по фиг. 143, *B*—очистная камера, *C*—тележка с очищаемым предметом, *D*—ковшевой элеватор, *E*—щели для воздуха, *F*—вентиль, *G*—устройство для отсасывания пыли.

Снабжение камеры *M* песком происходит следующим образом: через сито *G* в воронку *H* подается свежий или уже бывший в употреблении песок. До тех пор, пока труба *P* сообщается с *R*, а через нее с внешней атмосферой, в отделении *K* нет никакого избыточного давления, и песок из *H* свободно подается через клапан *J* в *K*. Переставляя двойной кран *O*, мы *R* закрываем; теперь, вследствие впуска сжатого воздуха в отделение *K*, давление в последнем повышается, клапан *J* моментально закрывается, и песок собственным весом открывает клапан *L*, ведущий в нижнее отделение *M*, так как давление в *K* и *M* теперь одинаково. Если вновь повернуть кран *O* в первоначальное положение, т.-е. вновь сообщить отделение *K* с внешней атмосферой, клапан *L* вновь закрывается, а *J* опять открывается; это дает возможность свежему песку поступать в *K*. Некоторые аппараты новых конструкций позволяют крану *O* открываться и закрываться автоматически.

При очистке крупных отливок, различным образом реагирующих на давление песчаной струи, мундштук *F*, согласно фиг. 143 и 144, дается рабочему в руки, чтобы дать ему возможность свободного маневрирования, — одни места подвергать действию более сильной струи, другие — менее сильной. Так как работа эта развивает большую пыль, то для

ограждения от нее рабочих устраиваются специальные очистные камеры, как показывает фиг. 144. Рабочий стоит в самой камере, держа планг пескоструйного аппарата в руке.



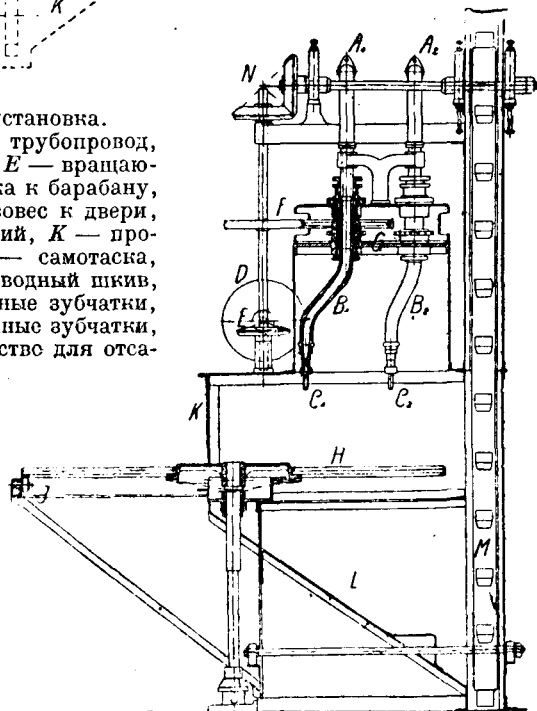
Фиг. 145. Барабано-пескоструйная установка.

А — пескоструйный аппарат, В — двойной трубопровод, С — качающиеся насадки, D — тяги к ним, E — вращающийся барабан, F — четыре опорных ролика к барабану, G — выдвижная дверь к кожуху, H — противовес к двери, I — желоб для спуска очищенных изделий, K — пространство для отработанного песка, L — самотаска, M — течка для питания аппарата, N — приводный шкив, O — конические шестерни, P и Q — цепные зубчатки, R — кривошипы, S — шатуны, T и U — цепные зубчатки, V — рукоятка для пуска в ход, W — устройство для отсасывания пыли.

вниз под пол камеры, поднимается самотаской D снова вверх, проходит через сито и вновь поступает в аппарат А. В дверях перегородки, там, где стоит рабочий, устроены кругом узкие щели E, через которые во время работы эксгаустора в камеру поступает свежий воздух; последний стремительно идет в G, увлекая с собою всю пыль, прежде, чем она успеет проникнуть в дыхательные органы рабочего.

Для очистки мелких частей служит барабано-пескоструйное устройство, показанное на фиг. 145. Подлежащие очистке предметы кладутся в барабан E и при вращении последнего подвергаются действию песчаных струй, выпускаемых качающимися насадками C. Барабан вращается очень медленно, благодаря чему изделия в углах и кромках не сминаются и не сбиваются, как в барабане, изображенном на фиг. 142.

Очищаемые изделия помещаются на решетчатой плите или ввозятся в камеру на тележке, или же подаются в камеру на поворотном столе. Последний устроен так, что в то время, как поступившие в камеру отливки очищаются, другой рабочий снаружи укладывает неочищенные еще отливки и в нужный момент поворачивает стол на 180°. Во время чистки двери остаются закрытыми. Отработанный песок падает



Фиг. 146. Пескоструйный аппарат с вращающимся столом.

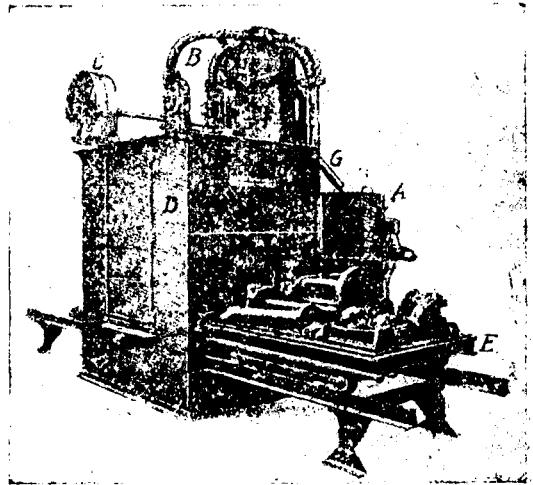
А — соединение с воздуходувкой, В — вращающиеся насадки, С — сменные мундштуки, D — приводный шкив, E — коническая зубчатая передача, F — цилиндрическая зубчатая передача, G — цепные зубчатки, H — вращающийся стол, I — опорные ролики к столу, K — резиновый фартук, L — место скопления отработанного песка, M — самотаска.

На этих аппаратах автоматически выбиваются также и литейные шишки. Песок падает в пространство *K*, где он поднимается самотаской *L* и через течку *M* снова подается в аппарат *A*. Образующаяся при этом пыль отсасывается у *W* и удаляется вон.

Для изделий мелких и средних размеров употребляются чаще всего пескоструйные аппараты с вращающимся столом (фиг. 146). Насадки имеют вращательное или качательное движение, благодаря чему вся ширина стола находится в сфере действия песчаных струй. Внешнему насадку должно быть сообщено большее число оборотов или качаний, чем внутреннему, так как действие его охватывает большую часть поверхности стола. Очищаемые отливки кладутся на решетчатый стол *H*, медленно вращающийся около своей вертикальной оси, заходят в завешенное фартуком *K* поле действия насадков и выходят из под фартука с другой стороны. Рабочий переворачивает отливки, чтобы и другая сторона могла быть основательно очищена. Когда отливка очищена со всех сторон, она снимается со стола, и на ее место кладется другая.

Для продолговатых предметов вместо вращающихся столов употребляются столы с поступательным движением, могущие перемещаться туда и обратно (фиг. 147).

Всякая установка, работающая песчаной струей, состоит из воздушного компрессора, построенного на давление 2—4 кг/см², воздушного резервуара для выравнивания колебаний давления, пескоструйного аппарата, эксгаустера для отсасывания насыщенного пылью воздуха и устройства для выделения пыли из отсасываемого воздуха.



Фиг. 147. Пескоструйный аппарат со столом, имеющим продольное движение на роликах. *A* — пескоструйный аппарат, *B* — труба для песка, *C* — приводный шкив, *D* — кожух, *E* — перемещающийся стол, на котором располагаются отливки, *F* — самотаска, *G* — течка для загрузки свежего песка.

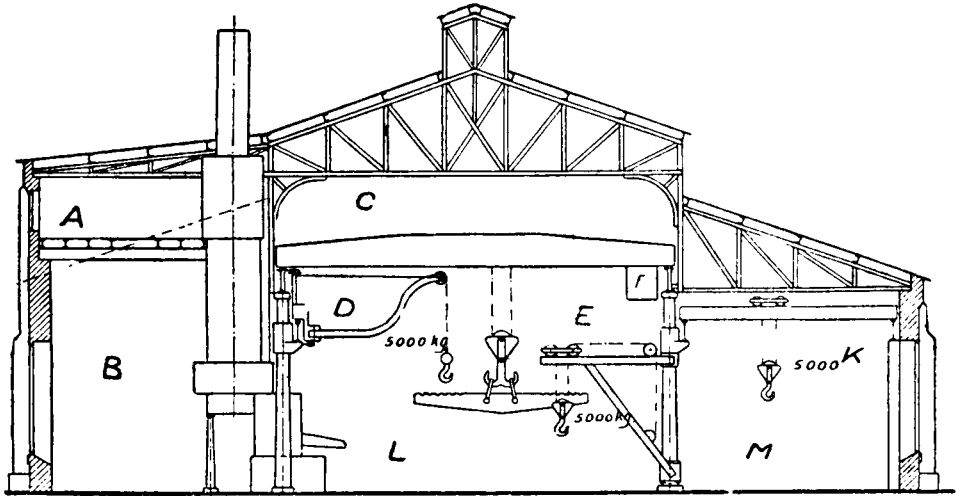
Общие сведения о литейных мастерских.

На фиг. 148 представлен поперечный разрез корпуса литейной обыкновенного типа. Здание разделено на три параллельных помещения, длина коих для литейных средней величины составляет приблизительно 100 м. Средний зал имеет в ширину 15—20 м и предназначается для формовки крупных предметов, поэтому он должен быть оборудован особенно мощными мостовыми кранами, которые в состоянии обслуживать всю длину зала. Большей частью ставят два, даже три мостовых крана, укладывая рельсовые пути для них либо на одинаковом уровне, либо на различной высоте (см. фиг. 119). Эти краны находятся в действии при особенно тяжелых работах, назначение их — перемещать формовочный материал, модели, расплавленный чугун, а также и черное литье. Формовщики во время работ имеют возможность пользоваться литейными кранами меньшей грузоподъемности, установленными в среднем зале сбоку. Для транспорта легких грузов литейный зал часто снабжается стенными передвижными кранами, перемещающимися вдоль стены зала по двум расположенным друг над другом рельсам; такое устройство дает возможность передвигать грузы, несколько не стесняя свободы передвижения и не занимая какой бы то ни было части площади пола.

Боковые отделения в большинстве случаев строятся ниже среднего зала. Они предназначены для мелких литейных работ, изготовления стержней и очистки отливок. Кроме того, эти отделения служат для устройства сушил и приготовления формовочного песка. Посредине одного из боковых зал ставится вагранка (фиг. 119) со всем вспомогательным оборудованием.

Спускной лоток вагранки выходит в средний зал, что дает возможность большому мостовому крану непосредственно забирать и перемещать ковш с жидким чугуном. Из одного зала в другой транспорт осуществляется при помощи железных вагонеток, передвигающихся по поперечному рельсовому типу.

Почти все подъемные устройства литейной приводятся в действие электромоторами. Скорость передвижения кранов от 4 до 9 м/мин, смотря по весу груза. Для удобства пово-ра-



Фиг. 148. Литейная.

A — колошниковый помост, *B* — ваграночное отделение, *C* — два мостовых крана на 15 — 30 т. *D* — два-три ственных передвижных крана на 5 т, *E* — два-четыре литейных крана, *K* — два-четыре мостовых крана на 5 т, *L* — средний зал, *M* — боковой зал.

чивания опок, подвешенных на цепях или длинных тросах, крюки снабжаются поперечинами (см. фиг. 39 или 148).

Для правильной работы литейных кранов необходимо, чтобы груз мог быть поднят или спущен по строго вертикальному направлению, чтобы движение вверх или вниз, во избежание порчи форм при сборке, могло измеряться в миллиметрах. Это требует соответствующего направления каната, поскольку оба каната, на которых груз подвешен, должны наматываться на барабан так, чтобы груз всегда мог висеть строго вертикально под серединой барабана. Далее, должна существовать возможность останавливать груз в любом месте, что приводит к необходимости в особенно тщательно сконструированном тормозе.

ЧАСТЬ II.

КОВКА. СВАРКА. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА.

А. Ковка и другие аналогичные работы.

Введение.

Под ковкой в широком смысле слова понимают всякую деформацию металлов, основанную на их вязкости. Под ковкой в узком смысле слова, в большинстве случаев, понимают обработку металлов, которая производится на наковальнях, под приводными молотами, на кузнечных прессах и на ковочных машинах.

Все деформации, происходящие при ковке, относятся к одной из следующих: сжатие, растяжение, изгиб, или же они состоят из нескольких деформаций, только что названных. Напряжение материала от сжатия, растяжения и изгиба при операцииковки всегда выше предела упругости и ниже разрушающего напряжения, так как, с одной стороны, деформация в результатековки должна получиться остаточной, а, с другой, материал не должен разрушаться. Поэтому металлы, как, например, чугун, у которых предел упругости и разрушающее напряжение совпадают, как в холодном, так и в раскаленном состоянии, не могут коваться ни при каких условиях.

У многих металлических сплавов, как, например, у железа, бедного углеродом, у свинца, меди, алюминия, дельта-металла, бронзы, предел упругости и разрушающее напряжение отстоят друг от друга уже достаточно далеко и в холодном состоянии, так что их можно ковать непосредственно без нагрева, хотя лишь и в узких границах. Но в большинстве случаев при нагревании предел упругости металла падает значительно ниже, чем разрушающее напряжение, и, таким образом, область допустимых напряжений при ковке расширяется. Дляковки металл нагревают до такой температуры, какую только он может переносить без вреда для своего строения и без плавления. Благодаря понижению предела упругости, желательные деформации металла получаются при значительно меньшей затрате работы. Дляковки железо нагревается до белого (около 1200°) или красного (около 700°), а медь до слабого красного каления (см. об этом также ниже, в главе «Горячая штамповка»). При обработке железа следует безусловно избегать так называемого «с и н е г о н а г р е в а» ($300 - 400^{\circ}$), так как при этом получают трещины, которые остаются незамеченными. Хрупкость железа при синем нагреве очень велика, и многие несчастные случаи имели причиной именно ее.

Почти все металлы в раскаленном состоянии весьма энергично поглощают кислород из горячих газов, а также воздуха, и образуют на своей поверхности слой окиси, который при ковке отскакивает в виде «окалины». Эта потеря в металле, называемая «у г а р о м», конечно, тем больше, чем чаще и чем сильнее приходится нагревать поковку. Кроме того, следует заметить, что при нагревании железа кислород окиси железа легко соединяется с углеродом, содержащимся в железе, в окись углерода, которая удаляется в газообразном состоянии. Поэтому, содержание в железе углерода вследствие накаливания уменьшается. Часто, особенно при нагревании стали, приходится иметь в виду, что внешний слой обезуглероживается и тем самым отчасти или совсем теряет способность закаливаться. В некоторых случаях может даже произойти окисление железа, распространяющееся и на внутренние слои; такая сталь называется «с о ж ж е н о й»; она не может быть возвращена в первоначальное состояние. Кроме того, у железа и стали слишком сильное нагревание может перевести мелкозернистое строение в крупнозернистое. В этом случае говорят, что «сталь или железо п е р е г р е т ы». Во многих случаях, однако, можно осторожной ковкой вернуть перегретому металлу его прежние свойства (см. также ниже главу «З а к а л к а»).

Металлы коуют в холодном виде лишь в том случае, когда необходимо избежать окисления поковок, как, например, в случае тонких листов, или когда приходится путем холодной обработки, например, под молотами или при помощи прокатки, уплотнить поверхность тел, форма которых в общем уже готова, и делать ее тверже. В результате холоднойковки металл делается все более и более хрупким («наклепка») и, наконец, для возможности продолжения ее, металл приходится отжигать (см. об этом ниже, в главе «Обработка листового материала»).

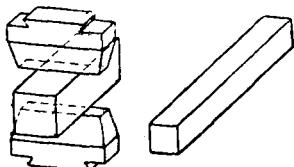
Кузнечные работы.

В большинстве случаев металл при ковке подвергается сжатию при помощи удара или давления, при чем он может раздаваться в одном или в двух направлениях, перпендикулярных к оси, около которой его поворачивают. Если какое-либо тело (фиг. 1) сжимается в вертикальном направлении давлением сверху вниз по всему поперечному сечению так, что металл может раздаваться в обе стороны, следовательно, сечение тела будет одновременно увеличиваться, то операцию называют «о с а ж и в а н и е м».

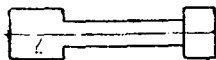
Если кусок металла сжимают в двух взаимно перпендикулярных направлениях одновременно или попеременно, то в одном, то в другом, как на фиг. 2, то материал может подаваться



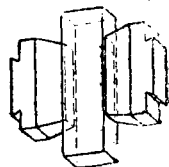
Фиг. 1.
Осаживание.



Фиг. 2.
Вытяжка.



Фиг. 3.
Обжим.



Фиг. 4.
Приглаживание.

лишь в одну сторону. При этой работе поперечное сечение будет уменьшаться, в то время как длина будет увеличиваться. Эта операция называется «в ы т я ж к о й». Вытяжка будет производиться с тем меньшей затратой энергии, чем уже будет часть поверхности поковки, которая подвергается удару или давлению. Поэтому вытяжка производится таким образом, чтобы давление от удара или нажима приходилось на возможно меньшей площади, а именно при обработке ручным молотом удар производится узким концом (носком), а при обработке на механических молотах поковка кладется поперек наковальни (см. фиг. 14 и 15), в случае же крупных кузнечных прессов то же самое достигается помещением между поковкой и бабой узкой подкладки (фиг. 13).

Если вытяжка производится не по всей длине куска и, кроме того, таким образом, что сечение в н е з а п и о суживается (фиг. 3), то операция называется «о б ж и м о м».

Если по изделию ударяют лишь слегка или же оно подвергается незначительному давлению, распределенному по всей площади бабы молота, то толщина поковки при каждом ударе или нажиме уменьшается лишь немного, но зато поверхность делается гладкой. Такая операция называется «п р и г л а ж и в а н и е м».

Изгиб материала в раскаленном состоянии производится без труда и не требует дальнейших пояснений.

Чистые растягивающие напряжения получаются при ковке лишь в редких случаях, так как, в отличие от сжатия, разрушающее напряжение при растяжении легко может быть преодолено.

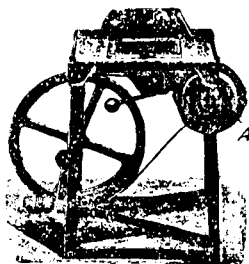
Пробивание дыр и обрубка дополняют перечень собственно кузнечных работ и, как общеизвестные, не нуждаются в каком-либо пояснении.

Печи для нагревания поковок.

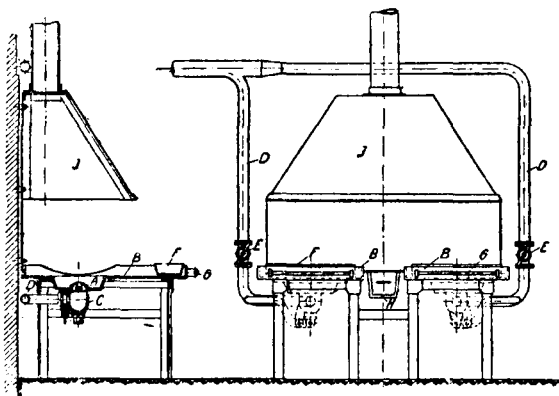
Способ действия и конструкция печей для нагревания поковок бывают различными в зависимости от величины поковок, от температуры, до которой их нужно доводить, и от особых требований, которые предъявляются к обслуживанию печи.

Небольшие и средние поковки чаще всего нагреваются в кузнечных горнах, конструкция которых, в зависимости от их назначения, бывает разной, а именно мы различаем «переносные горны» (фиг. 5) и неподвижно стоящие, собственно кузнечные горны. Последние строятся по одному или соединяются в одно целое по два, вплоть до четырех.

Фиг. 6 показывает, например, двуогневой кузнечный горн. *A* — представляет фурму с раковиной, в которой производится нагревание поковки. На фиг. 7 эта раковина вычерчена отдельно. Она состоит из углубления *L*, которое наполняется кузнечным углем (см. ниже) и в которое между углями вкладывают поковку. Щель *M* устроена таким образом, чтобы в камеру *C* могло

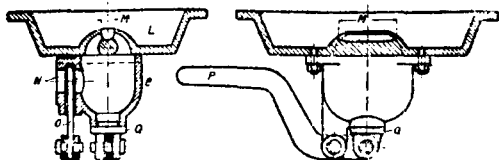


Фиг. 5.
Переносный горн.
A — вентилятор.

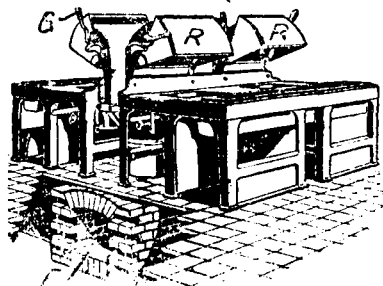


Фиг. 6. Двуогневой кузнечный горн.
A — фурма. *B* — плита, *C* — камера фурмы, *D* — трубопровод от вентилятора, *E* — краны, *F* — водяной сосуд. *G* — прут для подвески инструментов, *H* — сосуд для угля, *J* — аонт.

падать возможно меньшее количество угля и золы и чтобы дутье распределялось по возможно большей площади для равномерного нагревания крупных поволоков. Плита *B* покоится либо на станине из углового железа, как показано на фигуре, либо на кирпичной кладке. Сосуд *F* наполняется водой и служит для охлаждения нагревшегося инструмента. На прут вешается кузнечный инструмент, который мы опишем ниже. Большие зонты над кузнечными горнами довольно часто являются неудобными, так как они, особенно, когда горн стоит посредине,



Фиг. 7. Двуогневой кузнечный горн.
Z — раковина фурмы, *M* — щель, *N* — патрубок: *O* — задвижка, *P* — рукоятка, *Q* — крышка, закрывающая отверстие для чистки.



Фиг. 8. Кузнечный горн с подземным отведением газов, фирмы Вейнер Гейб. Общ. с фогр. отв. в Кельн — Эренфельде.
F — бороз, *G* — рукоятка для перестановки колпака *R*.

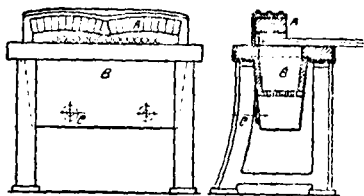
сильно затемняют мастерскую и высасывают газы не вполне, будучи расположены слишком высоко над огнем ¹⁾.

Подземная вытяжка дымовых газов (фиг. 8) производится при искусственной тяге вентилятором, при естественной — дымовой трубой. В этом случае зонты *R* ставятся близко над огнем и их конструкция должна допускать установку, при помощи рукояток *G*, видимых на

¹⁾ См. Praeger-Lehmann, «Grundzüge der Unfallverhütungstechnik in Maschinenfabriken». Bibl. d. ges. Technik, Band 229.

чертеже, настолько низко, насколько это возможно при данных размерах поковки. Дым отсасывается в боров *F* при помощи трубы, идущей вниз. Благодаря отпадению больших, подвешенных к потолку зонтов и вытяжных труб, кузница остается светлой, и ее полезная кубатура получается больше. Отсасывание дыма само по себе неправильно; вместо этого, целесообразнее следить за тем, чтобы топливо сгорало без дыма, т.-е. использовалось лучше; в этом случае не приходится тратить энергию на отсасывание дыма.

Благодаря своей простой конструкции, кузнечные горны применяются довольно часто. Несмотря на то, что использование теплоты в них довольно незначительно. Так как топка сверху совершенно открыта, то в направлении вверх происходит значительная потеря тепла вследствие излучения. Эти потери можно до некоторой степени ограничить тем, что в качестве кузнечного пользуются мелким спекающимся углем, который во время горения периодически обильно опрыскивают водой при помощи кисти. Благодаря этому, на поверхности слоя угля образуется



Фиг. 9. Печь для нагревания прутков с полезной площадью 800×250 мм.
А — свод, В — топка, С — патруб-
бок для дутья.

довольно плотная спекшаяся корка из несоревшего угля, которая несколько уменьшает бесполезную потерю топлива. Кузнечный уголь по возможности не должен содержать серу, так как, при значительном содержании последней, получается опасность соединения ее с железом в сернистое железо, вследствие чего поверхность поковки делается пористой и шероховатой. Поверхность же стали в местах образования сернистого железа делается не закаливающейся, — образуются так называемые мягкие пятна, которые потом не могут быть закалены (см. главу «Закалка»).

Значительно лучшее использование теплоты осуществляется в нагревательной печи для большого числа поковок, представленной на фиг. 9. У нее топка закрыта также и сверху, а именно сводом А. Под у этих печей имеет размеры 1 000×400 до 800×250 мм. Большой частью эти печи применяются для нагревания прутков металла или концов их, при работе на ковочных машинах или при ковке в штампах.

Печи для нагревания более крупных поковок по своей конструкции значительно отличаются от вышеописанных типов. Печи, предназначенные для нагревания поковок до очень высокой температуры, т.-е. до сварочного жара, называются сварочными, в отличие от калильных, предназначенных для достижения менее высоких температур. Между конструкциями сварочных и калильных печей имеется лишь незначительная разница. У сварочных печей под несколько наклонен с целью, чтобы шлаки, образующиеся при высокой температуре из железа, содержащего кремний, могли стекать. Калильные же печи большей частью имеют горизонтальный под.

Ниже мы опишем несколько наиболее употребительных типов печей, которые в основном различаются лишь своими топками.

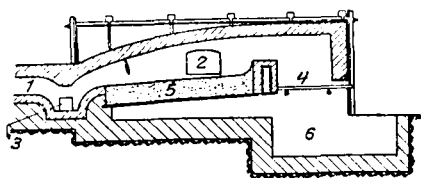
Фиг. 10 показывает сварочную печь с обыкновенной колосниковой решеткой. Последняя состоит из прутков прямоугольного сечения, толщиной приблизительно 30 мм. Такая конструкция преследует цель, чтобы, при поворачивании прутков, зола и шлаки могли легко удаляться и чтобы сами прутки можно было менять, не прерывая работы. Под состоит из слоя песка или же из утрамбованной огнеупорной массы. Нагреваемые поковки вводятся через одну или несколько загрузочных дверец. Эти дверцы после загрузки по возможности замазываются глиной для предохранения от проникновения в печь лишнего воздуха.

В большинстве случаев, еще горячие отходящие газы, образующиеся в печи, из борова проводят через паровой котел для возможно более полного использования их теплоты.

Пламенная печь, изображенная на фиг. 11, вместо топки с колосниковой решеткой, работающей менее экономно, имеет рекуперативную топку. В целях экономии места паровой котел устанавливается над печью. Загрузку поковок в печь можно производить через дверцы, видимые на фигуре, с трех сторон; эта печь является сварочной печью, следовательно, имеет наклонный под. В настоящее время от конструкции с котлом над печью переходят снова

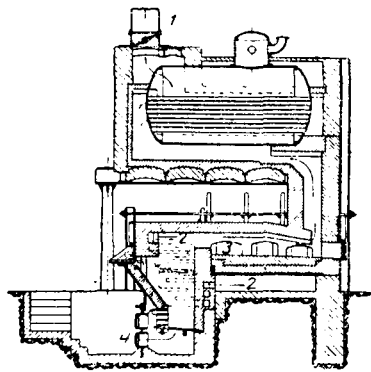
к прежнему расположению и помещают котел около печи, чтобы не иметь дела с ним при необходимых периодических ремонтах печи.

Все вышеописанные печи не допускают непрерывной работы, так как поковки загружаются в огневое пространство печи в холодном виде, и каждый раз приходится ждать, пока они не нагреются до требуемой степени. Если у печи имеется несколько дверец, то ее можно, конечно, устроить таким образом, чтобы всегда одна из поковок имела надлежащую температуру. Но, даже несмотря на такое устройство, перерывы в работе, особенно в случае крупных поковок, получаются очень большими.



Фиг. 10. Простая сварочная печь с колосниковой решеткой.

1 — боров, 2 — загрузочная дверца, 3 — для выгребания шлаков, 4 — колосниковая решетка, 5 — под, 6 — зольник.



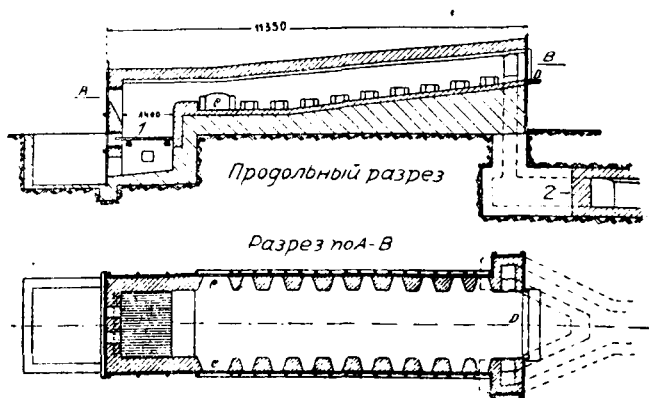
Фиг. 11. Рекуперативная пламенная печь с паровым котлом над ней.

1 — дымовая труба, 2 — вторичный воздух, 3 — под, 4 — первичный воздух.

Перекатные или рольные (также называемые методическими) печи, одна из которых представлена на фиг. 12, могут вмещать одновременно большое количество одинаковых поковок и допускают непрерывную работу. Эти печи имеют очень длинный, наклонный к топке под. Поковки загружают с верхнего конца пода сбоку, в месте, обозначенном буквой *D*, и при помощи прутьев, через ряд дверец, продвигают по направлению к топке навстречу горячим газам. Для предохранения пода печи поковки кладутся на две железных трубы, идущих вдоль оси печи и охлаждаемых при помощи циркулирующей воды; эти трубы на чертеже не показаны. Нагретые поковки вынимаются из печи сбоку, в месте, обозначенном буквой *C*.

Поковки можно вынимать из печи через очень короткие промежутки времени, так как они, пока доходят до нижнего конца печи, уже успевают приобрести надлежащую температуру.

Теплота в таких печах используется лучше, так как, во-первых, все поковки, наполняющие печь, нагреваются от одной точки одновременно, и так как, во-вторых, в них применен известный принцип противотока (принцип методического нагревания): поковки движутся навстречу горячим газам и, в противоположность вышеописанным печам, газы, частично уже охладившиеся, используются еще раз для нагревания более холодных поковок.



Фиг. 12. Перекатная методическая печь с колосниковой решеткой.

1 — колосниковая решетка, 2 — к дымовой трубе.

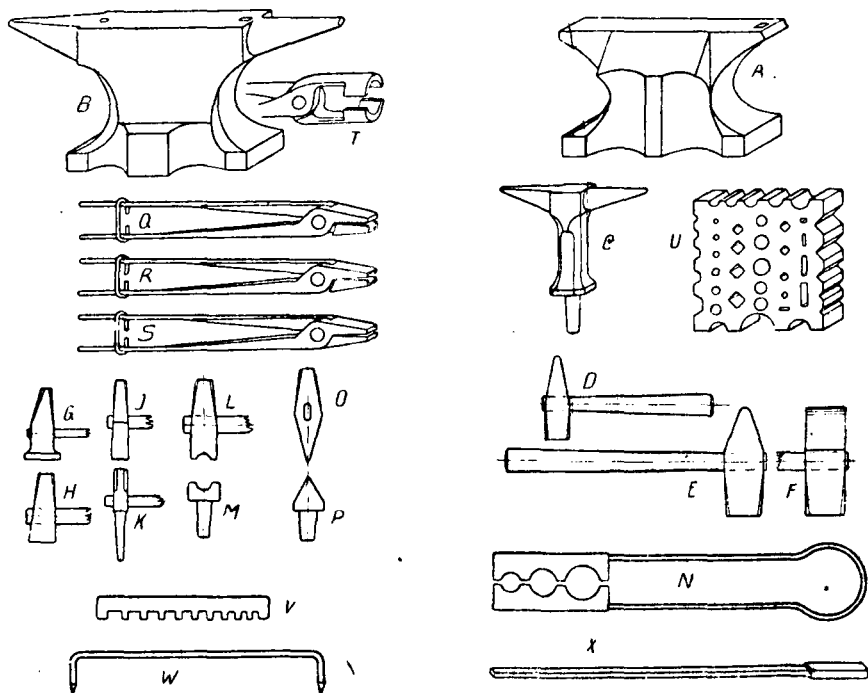
Конечно, вместо топок с колосниковой решеткой, можно ставить также и газовые или нефтяные топки. Далее топki также делаются и с двух сторон печи. В этом случае поковки можно вынимать из печи не сбоку, а с фронта. Вместо продвижения поковок вручную, их можно также двигать через печь механическим путем при помощи стержня, напирającego на болванки сверху.

Два последних типа печей часто применяются на заводах, производящих одинаковые изделия в большом количестве, например, для изготовления осей железнодорожных вагонов, железнодорожных колес, для нагревания полых болванок для труб, болванок, идущих в прокатку, и т. д. Форму поперечного сечения свода в этих случаях по возможности делают по форме поковок.

Ручной инструмент для кузнечных работ.

Наиболее важные из большого числа ручных инструментов, применяемых кузнецами для изменения формы раскаленного металла, приведены на фиг. 13.

Наковальня (А и В) представляет возможно более тяжелый кусок железа, который в различных странах делается различной формы. Верхняя плоская поверхность назы-



Фиг. 13. Ручной кузнечный инструмент.

В — наковальня, G — гладилка, H — подбойка, K — пробойник, LM — обжимки, N — исподник, O, P — зубила, Q, T — кузнечные клещи, V — калибр, W — скобка для разметки.

А — наковальня, C — шпёрк, D — ручной молоток, E — боевые молоты, K — форма, X — подкладка для вытяжки под механическими молотами, N — пружинная обжимка.

вается лицевой или боем и большей частью образуется наваренной стальной плитой. Наковальня А не имеет носа (рога) совсем, а наковальня В имеет на концах круглый и плоский носы. Носы у наковальни служат для вытяжки и, главным образом, для сгибания поковок по кругу и под углом. Круглые и четырехугольные дыры на лицевой поверхности наковальни служат для вставки инструментов С, М, Р. Наковальня ставится на чурбан так,

чтобы лицевая плоскость находилась на удобной высоте над полом, что составляет около 750 мм; одновременно чурбан служит для наковальни упругим основанием.

Шп е р а к С представляет небольшую наковальню с двумя сравнительно большими носами. Он вставляется либо в чурбан, либо в отверстие на лицевой плоскости большой наковальни. Шперак главным образом применяется для легких работ при изгибе листов.

Ручной молоток или ручник D кузнец берет одной рукой. Один конец молотка, верхний, сужен и закруглен и называется носком или хвостом, а другой, нижний, представляет слегка выпуклую плоскость и называется б о е м. Как уже упомянуто на стр. 6, закругленный конец применяется для вытяжки, а плоский для осаживания или приглаживания.

Боевые молоты (кувалды, бойки) E и F значительно тяжелее обычного молотка; они применяются при ковке более крупных предметов и молотобоец берется за них о б е и м и руками.

Острый конец у молота *F* проходит параллельно рукоятке, в то время как у молота *E* он проходит перпендикулярно. Эти молоты делают одинакового веса и каждый из них держат двумя руками. Молоты эти применяются в том случае, когда необходимы два молотобойца. При этом, один молотобоец становится перед, а другой около кузнеца, повернувшись один к другому под углом 90°; молотобоец, стоящий рядом с кузнецом, работает молотом *F*, а другой молотом *E*, при чем оба молотобойца ударяют по поковке носками молотов.

Г л а д и л к а G служит для приглаживания поковок. Для этого кузнец ставит гладилку на поковку и придерживает ее на поверхности последней, в то время, как молотобоец ударяет по гладилке кувалдой. Рукоятки у гладилок *G*, а также у инструментов *H*, *J*, *K*, *L*, *O*, большей частью делаются изогнутыми, при чем рукоятки не должны в них сидеть плотно, или же должны быть гибкими, так как иначе удар легко передается руками.

П о д б о й к у H держат так же, как и гладилку. Она служит для обжима поковок. При помощи лишь ручника и боевого молота кузнец попасть точно на желательное место не мог бы.

П р о б о й н и к (бородок) K применяется для пробивания дыр в раскаленных поковках. При этой операции поковка кладется на форму или же на кольцо. Пробойник большей частью делается круглым, но может также иметь и какую-нибудь другую форму.

Обжимка L и исподник M применяются дляковки круглых предметов. Исподник *M* вставляется в отверстие на лицевой стороне наковальни, а обжимку держат при помощи рукоятки.

В пружинной обжимке N верхняя и нижняя части соединены в одно целое при помощи пружины. Этот инструмент применяется при работе на механических молотах и прессах.

Зубила O, P служат для обрубki нагретых поковок.

Кузнечные клещи Q, R, S и T служат для держания раскаленных поковок. Для облегчения рук клещи зажимаются при помощи надеваемых на них колец. Клещи, в зависимости от диаметра поковок, имеют различных размеров. Длинные железные поковки, которые нагреваются лишь с одного конца, благодаря своей незначительной теплопроводности, остаются на другом конце настолько холодными, что их можно держать непосредственно руками. При ковке же меди это невозможно, так как, вследствие хорошей теплопроводности, весь предмет становится настолько горячим, что к нему прикасаться руками нигде нельзя. К очень массивным поковкам приваривают временную железную державку, так как клещи не могли бы держать такую поковку достаточно крепко и они были бы слишком дороги из-за своих размеров.

Ф о р м а или гвоздильня U служит для подкладывания под поковку при пробивании дыры пробойником *K*. Полукруглое, шестигранное и квадратное углубления на краях могут служить в качестве матрицы для поковок соответствующей формы.

К а л и б р V служит для измерения толщины раскаленных поковок. В большинстве случаев для той же цели применяется обыкновенный кронциркуль, форма которого общеизвестна. Для измерения длины шин и т. п. за границей применяются измерительные колесики, которыми обводят кругом шины.

При помощи скобки *W*, которая сгибается из проволоки для каждой поковки отдельно, измеряются более или менее значительные расстояния на раскаленных поковках.

Подкладка *X* служит для вытяжки поковок под крупными паровыми молотами и прессами, наковальня и рабочая поверхность баб которых широки. Подкладку кладут на поковку и заставляют молот или пресс давить на поковку через подкладку.

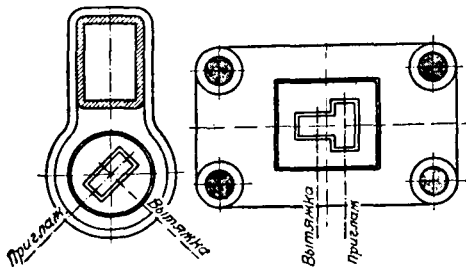
Механические молоты.

Общие сведения о молотах и их действии.

При ковке ручными и механическими молотами необходимое для изменения формы давление производится ударом молота или бабы молота по поковке и наковальне, на которой поковка лежит. Но от удара, кроме желательного изменения формы, получается еще и движение наковальни, которое выражается в сотрясениях ее фундамента и которое будет тем меньше,

чем больше масса последнего. Полное устранение сотрясений было бы возможно лишь в случае применения фундамента бесконечно большого веса. Но так как на практике, конечно, этого выполнить нельзя, то при пользовании молотами приходится считаться с неизбежным сотрясением наковальни, ее фундамента и почвы в ближайшей окрестности. В случае очень крупных приводных молотов сотрясение почвы можно проследить на расстоянии до 100 м, причем от сотрясений соседние постройки могут быть даже повреждены. Потому, например, в Германии, установка крупных механических молотов требует разрешения полиции.

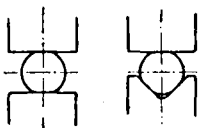
Для того чтобы предохранить молот и его механизм от сотрясений, наковальню устанавливают отдельно от станины молота, а у более крупных молотов делаются также и отдельные фундаменты. Кроме того, между фундаментом и наковальней, соответственно станине, молота, подкладывают доски из твердого дерева или же прессованный войлок, которые благодаря своей упругости смягчают сотрясения и заглушают также силу звука.



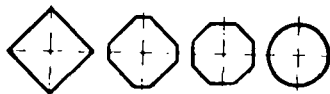
Фиг. 14.

Фиг. 15.

Вытяжка и приглаживание на механических молотах и прессах.



Фиг. 16 а и б.



Фиг. 17. Перековка квадратного сечения в круглое.

Не говоря уже о беспокойстве для окружающих, сотрясения фундамента требуют также излишнего расхода энергии, так как из всей кинетической энергии, располагаемой непосредственно перед ударом, т.е. $\frac{1}{2}mv^2 = G \cdot h$, часть расходуется на сотрясения и лишь остаток ее может быть использован на желательное изменение формы поковки. По законам удара неупругих тел, которые приблизительно справедливы для процессов при ковке, работа деформации F относится к энергии движения (сотрясения) B , как вес наковальни Q к весу бабы G , следовательно $F : B = Q : G$. Таким образом, если мы хотим, чтобы молот работал с теоретическим коэффициентом полезного действия 0,9 т.е., 90%, то наковальня вместе с фундаментом и поковкой должна весить в 10 раз больше бабы.

К механическим молотам следует предъявлять следующие требования:

1. Должна иметься возможность регулирования силы удара,
2. Должна иметься возможность регулирования числа ударов по произволу от отдельных сильных и легких ударов до быстро следующих друг за другом, также сильных или слабых ударов.

Для повышения скорости бабы в момент удара о наковальню, от которой и зависит сила удара, применяются следующие средства:

1. Свободное падение бабы у ременных молотов и фрикционных молотов с доской;
2. Кривошипный привод, в соединении с пружиной, у пружинных молотов;
3. Кривошипный привод в соединении с цилиндром для использования воздуха в качестве упругого промежуточного тела — у пневматических молотов с воздушным буфером;
4. Сжатый воздух или пар, которые вводятся в цилиндр и давят на поршень, представляющий бабу — у паровых молотов и пневматических, приводимых в действие воздушным компрессором.

Для того чтобы поковки можно было вытягивать и приглаживать при помощи одного и того же молота, без смены бойков у бабы и наковальни, применяются следующие средства. У небольших молотов рабочие поверхности бойков делаются в форме сравнительно узкого прямоугольника, как на фиг. 12 и 14. Этот прямоугольник у молота, изображенного на фиг. 14, расположен под углом 45° к осям симметрии его, так что поковку для вытяжки можно класть поперек, а для приглаживания — вдоль наковальни, при чем станина молота совершенно не мешает. У крупных молотов и прессов часто применяются Т-образные наковальни (фиг. 15), на которых поковки можно вытягивать и приглаживать без поворачивания их на 90° . Недостаток этой конструкции состоит в том, что нагрузка бабы никогда не получается в точности в центре тяжести ее, вследствие чего легко могут страдать направляющие. У более крупных молотов и прессов наковальни делают почти квадратными, ставят их симметрично по отношению к средним плоскостям молота и пользуются подкладками, начерченными на фиг. 13 и обозначенными буквой Х.

Наковальня состоит из двух частей: верхней, собственно наковальни, и очень тяжелой нижней, стула или шабота, который ставится на фундамент. Как мы уже упомянули раньше, последний образует одно целое с фундаментом станины лишь у совсем небольших молотов.

При проковке крупных валов между двумя параллельными плоскостями (фиг. 16 а) оказывается, что у валов получается овальное сечение, и, так как валы в промежутках между отдельными ударами несколько повертывают, то структура материала внутри разрушается. Чтобы избежать этого, в наковальне делают треугольный вырез (фиг. 16 б), благодаря которому материал вала уплотняется при ударе и во внутренних частях, так как раздавание вала в ширину исключено.

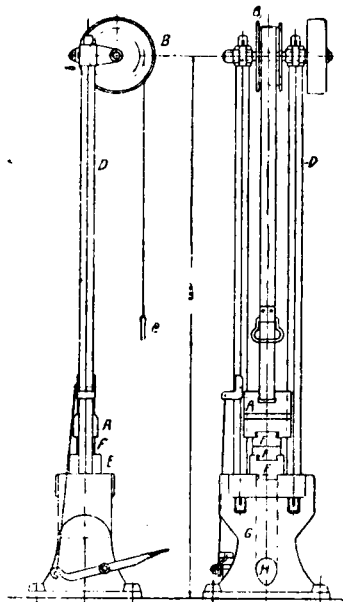
При перековке квадратных болванок в поковки круглого сечения, по тем же причинам целесообразнее сперва из квадратного сечения сделать восьмиугольное и лишь после этого придать ему круглую форму при помощи легких ударов, чтобы действие молота ограничилось лишь поверхностными слоями (фиг. 17).

1. Ременные молоты (фальгаммеры).

Простейшую конструкцию молота с падающей бабой мы имеем у ременного молота, начерченного на фиг. 18. Баба А подвешена к ремню, который всегда обхватывает на 180° шкив В, вращающийся в указанном на чертеже направлении. Если потянуть за ручку С с силой $P = Q : e^{\mu\alpha}$ (в среднем $P = \frac{1}{5}Q$, где Q обозначает вес бабы), то баба будет подниматься вверх; если ручку отпустить, то баба снова упадет на поковку. Рабочие поверхности молота и наковальни (бойки) делают из стали и могут сменяться на штампы, пробойники и т. д.

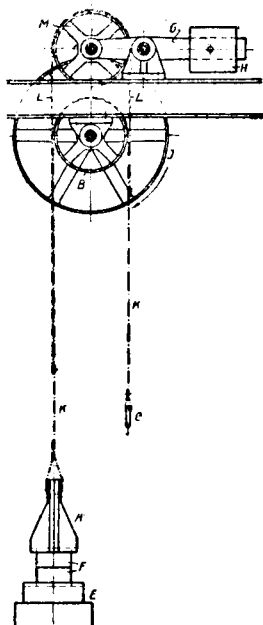
Только что описанный молот очень дешев, но зато он имеет ряд следующих недостатков. Эти молоты можно лишь строить с бабой весом не более 100 кг, так как иначе сила, с которой приходилось бы тянуть за ручку, была бы слишком велика и при длительной работе человек ее развивать не мог бы. Далее, при работе на молотах этой конструкции, в противоположность другим, кузнец не может приводить их в действие при помощи ноги. Для работы на этих молотах кузнецу в большинстве случаев требуется подручный, который должен тянуть и отпускать ручку С. Далее, вследствие проскальзывания ремня по шкиву В во время падения и поднимания бабы, затрачивается большое количество работы на трение. От действия теплоты, развивающейся при трении, ремень легко обугливается. Таким образом, вследствие трения ремень всегда сильно изнашивается, и часть веса бабы для ударной работы теряется.

Нежелательное проскальзывание ремня на шкиве у нижеследующей конструкции молота устраняется при помощи подьемного приспособления. На фиг. 19 этот молот начерчен без станины. Баба висит на ремне *K*, к которому пришит второй ремень *L*. Главный ремень *K* охватывает шкив *B*, который вращается от трансмиссии, а ремень *L* охватывает шкив *M*. Последний опирается на рычаг *G* и приподнимается при помощи противовеса *H*, так что, при падении бабы *A* вниз, ремень по шкиву не проскальзывает. Таким образом, в этой кон-



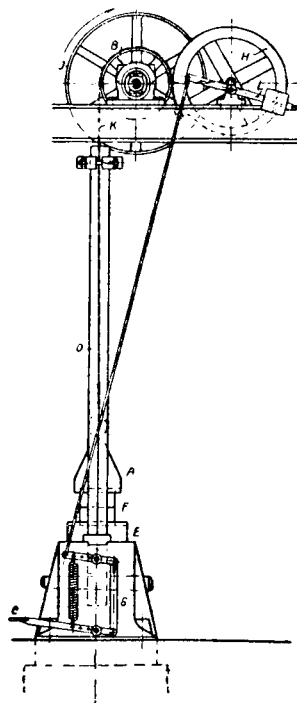
Фиг. 18. Простейший тип ременного молота.

A — баба молота, *B* — ременной орлик, *C* — рукоятка. *D* — направляющие, *E* — наковальня, *F* — бойки, *G* — станина, *H* — отверстие, через которое выпадают отштампованные предметы.



Фиг. 19. Ременный молот с особым приспособлением для поднимания бабы.

A — баба молота, *B* — ременной ролик, *C* — рукоятка, *D* — направляющие (не начерчены), *E* — наковальня, *F* — бойки, *G* — рычаг, *H* — противовес, *I* — приводной шкив, *K* — ремень, за который подвешена баба, *L* — ремень для поднимания бабы, *E* — ролик подъемного механизма.



Фиг. 20. Молот с наматывающим барабаном.

A — баба молота. *B* — ременной ролик, *C* — педаль, *D* — направляющие. *E* — наковальня, *F* — бойки, *G* — станина, *H* — наматывающий барабан, *I* — приводной шкив, *K* — ремень, за который подвешена баба, *L* — рычаг для *H*.

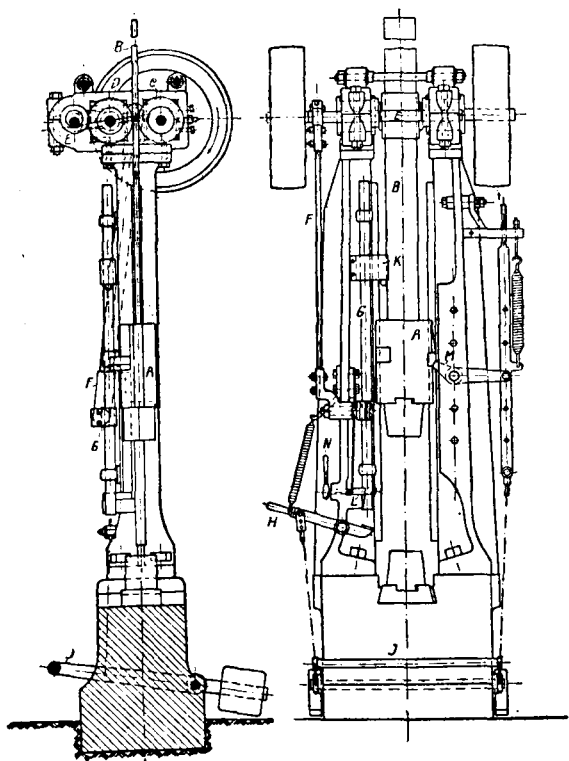
струкции баба может развить силу удара, так как при падении ее ремень никоим образом тормозить не будет. Конечно, при данной конструкции рабочий должен тянуть за ручку сильнее, чем в случае молота, изображенного на фиг. 18, так как приходится еще приподнимать груз *H*. Благодаря этому недостатку выгода неослабленной силы удара может быть снова уничтожена.

Молот с наматывающим барабаном (фиг. 20) может обслуживаться самим кузнецом, так что особый подручный необходим лишь в случае очень тяжелых молотов. Баба *A* при помощи ремня *K* соединяется с легким деревянным шкивом *H*, обод которого имеет несколько спиралевидную форму. Шкив *A* насаживается на кривошипный вал, который при помощи педали *C* и рычага *L* может быть прижат к шкиву *B*. Пока рабочий давит ногой на педаль *C*, баба поднимается вверх; во время поднятия бабы рычаг, а следовательно, и шкив *H*, вследствие спиральной формы последнего, приходится оттягивать вниз все больше и больше. Когда же рабочий перестает давить на педаль, баба останавливается на достигнутой высоте. При опу-

скании рычага, ремень *K* освобождается, и баба падает на поковку. При надавливании же на педаль *C* во время падения бабы, последняя может быть заторможена. Благодаря тому, что приводной шкив и станина молота друг от друга отделены, на подшипники шкивов сотрясения не передаются. Молоты вышеописанной конструкции выполняются с бабой весом до 1 000 кг и с высотой падения до 3 м. Проскальзывание ремня в этой конструкции полностью не устранено, но зато при ней, надавливая на педаль *C* с небольшим усилием, можно поднимать очень тяжелые бабы. Силу удара здесь можно удобно регулировать, следовательно, молот очень чувствителен к управлению.

2. Фрикционные молоты с доской.

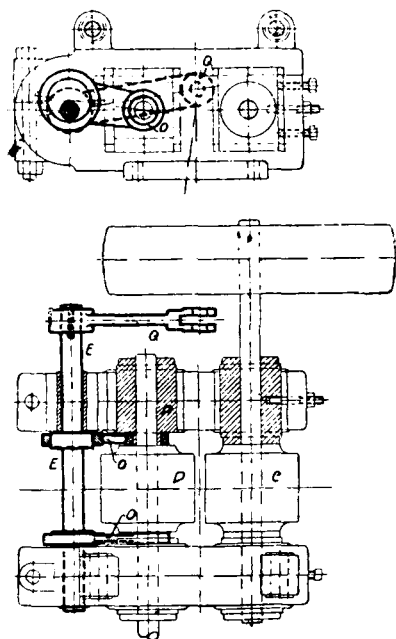
У фрикционных молотов с доской, одна из конструкций которых начерчена на фиг. 21—23, отсутствуют многие недостатки ременных фрикционных молотов. Фрикционные молоты с до-



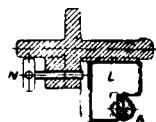
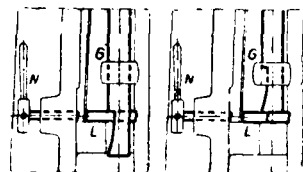
Фиг. 21.

Фрикционный молот с доской и автоматическим управлением.

A — баба молота, *B* — доска, *C* — неподвижный ролик, *D* — подвижный ролик, *E* — эксцентриковый вал, *F* — тяга к нему, *G* — тяга управления, *H* — рукоятка управления, *I* — педаль управления, *K* — переставной упор для *G*, *L* — защелка, *M* — рычаг, *N* — зажим.



Фиг. 22.



Фиг. 23.

ской требуют, однако, много места в высоту для подъема доски, в небольших же мастерских часто места для этого нет. У этих молотов баба *A* насаживается на широкую деревянную, так называемую фрикционную доску *B*, которая сверху утолщается в виде клина. Для уменьшения износа в доску часто забивают большое количество шипов из твердого дерева. Фрикционная

доска проходит между двумя вращающимися железными роликами *C* и *D*. При прижимании ролика *D* фрикционная доска *B* вместе с бабой *A* будет подниматься вверх все время, пока ролики *C* и *D* будут еще сближаться друг с другом. Если расстояние между *C* и *D*, начиная с некоторого момента, будет оставаться без изменения, то доска *B* поднимается не выше того положения, при котором толщина ее будет равна зазору между роликами. Если затем ролик *D* отодвинуть влево, то баба упадет вниз.

Передвигание ролика *D* производится при помощи планок *O*, начерченных на фиг. 20 пунктиром (на фиг. 22 они выделены толстыми линиями), при вращении эксцентрикового вала *E*. Если нажать на рукоятку *H* или педаль *I*, то *G* поднимется, ролик *D* отойдет влево и поднятая ранее баба *A* упадет вниз. Когда штанга *G* под действием собственного веса упадет вниз, то ролик *D* отожмется опять вправо и баба будет подниматься снова вверх.

Удары бабы могут происходить также и автоматически. Благодаря весу штанги *G* производится зажатие доски бабы между роликами, а, следовательно, и подъем ее, который длится до тех пор, пока она не встретит упор *K* и не поднимет *G*. Благодаря пружинной защелке (фиг. 23 справа) штанга *G* будет оставаться в поднятом положении до тех пор, пока баба снова не упадет на поковку. В своем нижнем положении баба *A* при помощи планки на левой стороне отжимает защелку снова влево, вследствие чего штанга *G* падает вниз (фиг. 23, слева), и баба поднимается снова вверх.

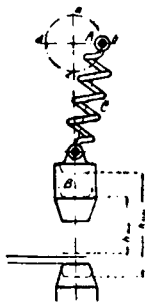
В самом высоком положении баба может удерживаться рычагом *M*, который освобождает бабу при надавливании *I*. Рукояткой *N* запирают для запираания защелку *L* в крайнем правом положении для держания штанги приподнятой, пока нужно, чтобы баба лежала на наковальне.

Регулирование силы удара производится от руки, при автоматической же работе молота — при помощи верхнего и нижнего упоров *K*.

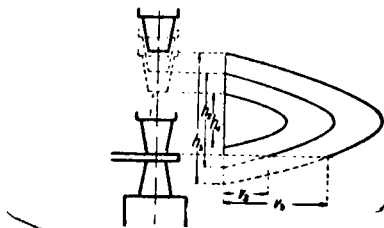
Из всех молотов с ударным действием фрикционные молоты с доской имеют наибольший коэффициент полезного действия, так как на создание скорости при ударе вес бабы используется почти полностью и потери на трение вряд ли достигают заметной величины. Благодаря точным направляющим и хорошему коэффициенту полезного действия, фрикционные молоты с доской охотно применяются при кузнечной штамповке.

3. Пружинные молоты.

У пружинных молотов кривошип *A*, вращающийся с постоянной скоростью, соединен с бабой *B* при помощи пружины *C*, как схематически представлено на фиг. 24. Пока



Фиг. 24.
Схема пружинного молота.



Фиг. 25. Регулирование пружинного молота.
I — кривая скоростей при самом медленном ходе молота, *II* — кривая скоростей при среднем ходе молота, *III* — кривая скоростей при самом быстром ходе молота.

кривошип вращается очень медленно, баба будет двигаться почти так, как будто она соединена с кривошипом жестко, т.е. она будет совершать такое же движение, как и поршень насоса. Предположим сперва, что наковальни и поковки нет, так что баба может опускаться вниз на

любое расстояние. Тогда в различных положениях кривошипа, при вращении его, мы имеем следующие кинематические условия:

Положение *a*.

B начинает двигаться вниз.

Путь *a — b*.

Скорость *B* увеличивается. Движение *B* производится давлением на пружину *C*, которая укорачивается, в начале сильнее, а потом постепенно все меньше. Сокращение тем значительней, чем быстрее кривошип вращается, чем большая скорость, следовательно, должна быть сообщена бабе *B*.

Положение *b*.

B занимает среднее положение и имеет наибольшую скорость. Ускорение *B* стало равным 0; *C* никаким растягивающим усилиям не подвержено.

Путь *b — c*.

Скорость *B* снова уменьшается. Благодаря необходимому для этого растягивающему усилию, *C* будет удлиняться, а именно вначале мало, а затем все больше.

Положение *c*.

B достигла низшего положения и начинает подниматься вверх; *C* остается растянутым, при чем степень его растяжения тем больше, чем больше скорость бабы в положении *b*.

Путь *c — d*.

B движется с некоторым ускорением вверх. Натяжение *C* постепенно уменьшается.

Положение *d*.

B занимает приблизительно свое среднее положение и имеет наибольшую скорость. Усилий в *C* нет.

Путь *d — a*.

Скорость *B* уменьшается; благодаря замедлению движения, *C* будет все более и более сжиматься, а именно тем больше, чем больше число ударов молота.

Положение *a*.

B достигла наивысшего положения, *C* остается сжатым: движение вниз начинается снова.

Отсюда видно, что ход бабы *B* с увеличением числа ударов увеличивается, так как пружина *C* в мертвых положениях кривошипа растягивается или сжимается сильнее. Если скорости бабы, например, при самом медленном, среднем и самом быстром ходах отложить по горизонтали вправо, то получаются кривые I, II и III (фиг. 25). При наименьшем числе оборотов баба *B*, вообще, касаться поковки не будет. При увеличении числа оборотов баба ударяет о поковку с увеличивающейся скоростью *B*.

Из большого числа пружинных молотов мы опишем лишь 4 типичных конструкции.

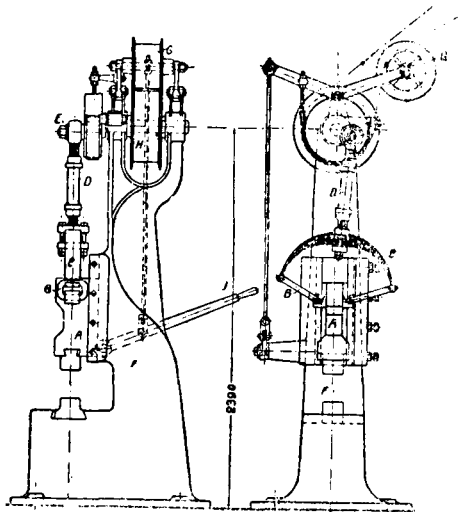
Пружинный молот с бабой весом 150 кг, изображенной на фиг. 126, представляет одну из наиболее обычных конструкций небольших молотов. Баба *A* подвешена к очень сильной рессоре *C* за 2 подвески *B*; рессора соединяется кривошипом *E* при помощи шатуна *D* с изменяемой длиной. В станине *F* имеются направляющие для бабы.

Как уже было объяснено выше, регулирование силы удара производится путем изменения числа оборотов кривошипа. Наиболее обычный, конечно, не совсем безупречный способ этого регулирования состоит в том, что при помощи натяжного ролика *G* сообщают приводному ремню большее или меньшее скольжение на шкиве *H*. При опускании *G*, кривошип тотчас же останавливается ленточным тормозом, видимым на чертеже.

У пружинного молота Шмидта (фиг. 27) баба *A* приводится в движение при помощи коромыслообразной листовой рессоры *B*, эксцентриковой тяги *C* и эксцентрика *D*. Регулирование числа оборотов, а вместе с тем и силы удара, достигается передвиганием ремня с холостого на рабочий шкив на большую или меньшую ширину, что производится при помощи рычага ножного управления *E* или рукоятки *F*. Здесь также, при нажимания вниз *E* или *F*, молот тотчас же останавливается тормозом *G*.

На фиг. 28 детали управления начерчены еще раз в перспективе. На чертеже видны рычаг ножного управления *E*, вилка для ремня *R*, тормоз *G*, а также противовес *W*.

Молоты эти строятся с бабами весом 30 — 260 кг и с числом оборотов (равным максимальному числу ударов) 300 — 120 в минуту; высота хода составляет 150 — 375 мм. Молот во всех своих частях построен очень прочно и потому долгое время работает без ремонта.



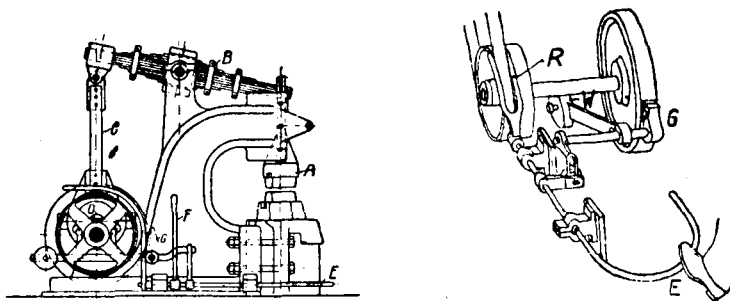
Фиг. 26. Пружинный молот с бабой весом 150 кг.

A — баба молота, *B* — подвески, *C* — рессора, *D* — шатун с регулируемой длиной, *E* — шейки кривошипа, *F* — станина, *G* — натяжной ролик, *H* — приводной шкив.

втулке, которую в свою очередь можно переставлять маховичком при помощи червячной передачи. Благодаря этому, центр приводного вала передвигается влево или вправо, при чем размах колебаний рамы *D*, а также ход молота увеличивается или уменьшается, так что

К типу пружинных принадлежат также, молоты представленные на фиг. 29 и 30. Главное отличие их от вышеописанных механических молотов состоит в том, что баба *A*, соединенная с деревянным рычагом (молотовищем) *B*, приводится в движение по дуге круга, описанного около цапфы *C* (фиг. 29), в то время как у всех остальных молотов бабы имеют прямолинейный ход. Движение молота производится рамой *D*, качающейся также около *C*, и тремя резиновыми буферами *E*, *F* и *G*. Буферы *E* и *F* сообщают молоту толчок книзу, а буфер *G* вверх.

Силу удара здесь также можно регулировать путем изменения числа оборотов приводного вала, за счет большего или меньшего скольжения ремня на приводном шкиве. Действительно, этот способ регулирования применяется у многих молотов, например, у известных молотов «Брадлей» (фиг. 30), при помощи большего или меньшего натягивания ремня роликом. Но у молота, представленного на фиг. 29, регулирование силы удара производится при помощи следующего устройства. Приводный вал вместе с цапфами кривошипа *H* вращается в длинной эксцентриковой



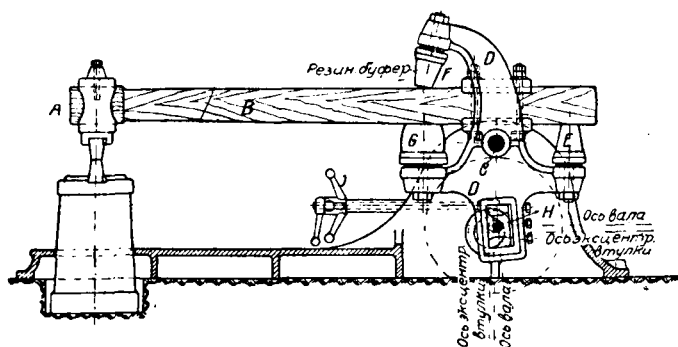
Фиг. 27 и 28. Шмидтовский пружинный молот.

A — баба молота, *B* — рессора, *C* — тяга эксцентрика, *D* — переставной эксцентрик, *E* — педаль управления, *F* — рукоятка управления, *G* — тормоз.

удар по поковке становится легче или тяжелее. Одновременно этим способом можно регулировать силу удара в соответствии с толщиной поковки.

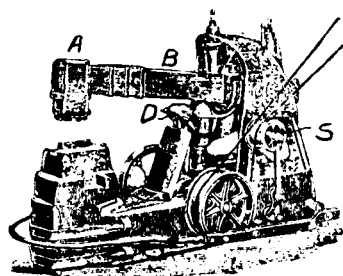
Молоты двух последних типов работают с очень большим числом ударов (до 500 ударов в минуту) и потому их предпочитают для тонких поковок, которые быстро охлаждаются. Их недостаток состоит в том, что рабочие поверхности молота и наковальни параллельны друг

к другу лишь при одной определенной толщине поковки. В мелкой фабрично-заводской промышленности с массовым производством, например, ножей, небольших инструментов и т. д.



Фиг. 29. Молот допускающий регулирование силы удара при постоянном числе оборотов.

A — баба молота, *B* — деревянный рычаг (молотовище), *C* — цапфы для *B* и *D*, *D* — качающаяся рама, *E—G* — резиновые буфера, *H* — переставной эксцентриковый вал, *I* — механизм для перестановки вала *H*.



Фиг. 30. Молот конструкции Брайда в исполнении Машинностроительного завода Обершнейде.

A — баба молота, *B* — деревянный рычаг, *D* — качающаяся рама, *E* — натяжной ролик для приводного ремня. *I* — ремень.

все поковки имеют почти одинаковую толщину, так что недостаток, указанный выше, в сравнении с выгодой очень большого числа оборотов, имеет меньшее значение. Молоты эти строятся с бабами весом приблизительно до 100 кг.

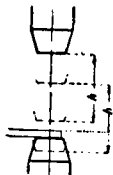
4. Пневматические молоты.

Молоты с воздушным буфером и молоты, приводимые в действие воздушным компрессором, на практике часто не различаются по наименованию и носят общее название пневматических или воздушных. Под собственно пневматическими следовало бы понимать молоты, приводимые в действие сжатым воздухом от особого компрессора. Эти молоты применяются для клепки, чеканки, обрубки и т. д. и описаны в третьей части. Все молоты, описанные в этой главе, применяются для собственноковки и являются молотами с воздушным буфером, у которых упругое действие воздуха регулируется в весьма широких границах. Их принцип действия мы объясним на некоторых конструкциях.

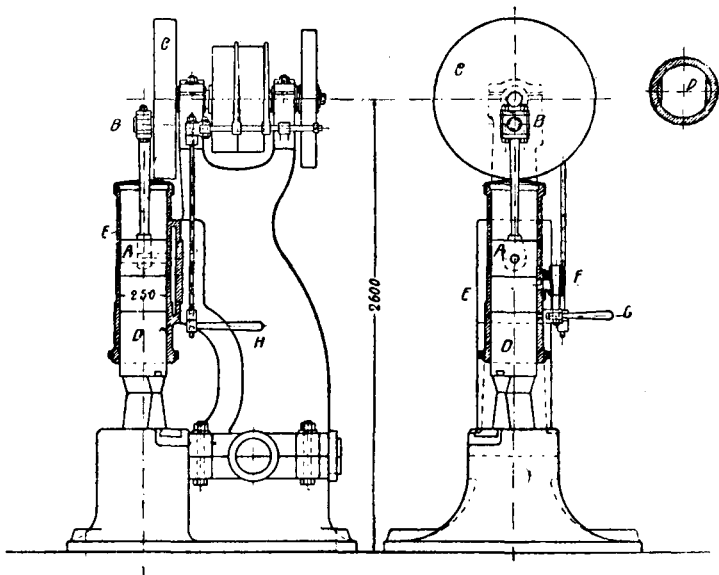
У всех молотов с воздушным буфером баба прикрепляется к поршню, который может двигаться в цилиндре одновременно с другим поршнем, приводимым в движение кривошипом, как, например, на фиг. 32. Нижний поршень, т. е. поршень, несущий бабу молота, повторяет движение поршня вверх и вниз, производимое кривошипом. Здесь мы имеем аналогию с уже описанными пружинными молотами. У пневматических молотов, вместо удлинения и укорочения пружины (фиг. 24 и 25), получается сжатие и разрежение воздуха между двумя поршнями. Здесь также можно было бы производить регулирование силы удара путем изменения числа оборотов кривошипа. Но во всех конструкциях пневматических молотов применяют лучший способ регулирования силы удара, состоящий в том, что увеличивают подачу воздуха в пространство, заключающееся между двумя поршнями, если нужны сильные удары, и уменьшают, если нужны легкие удары. Число оборотов кривошипа, а следовательно, и число ударов молота остается постоянным. Таким образом, при отсутствии наковальни, баба при каждом числе ударов имела бы один и тот же ход, лишь крайние положения бабы при легких ударах перемещались бы выше, а при тяжелых ниже (фиг. 31). При искусном обслуживании, при помощи пневматического молота можно также получать и одиночные тяжелые удары.

Пневматический молот, начерченный на фиг. 32 и 33, является простейшим в своем роде. Поршень *A* в цилиндре *E* приводится в движение вверх и вниз кривошипом *B*

при помощи маховика *C*. В том же цилиндре свободно движется вверх и вниз поршень *D*, сделанный в виде бабы. Вращение поршня *D* около своей оси устраняется двумя вставками, начерченными на фиг. 33. Как уже объяснено выше, поршень *D*, при ходе *A* вверх, будет также подниматься кверху, а при ходе *A* вниз, будет двигаться также вниз под действием сжатого воздуха. При ходе поршня *A* вверх, в пространство между *A* и *D* через регулирующий кран *F* с рукояткой *G*, о конструкции которого говорить здесь не место, засасывается воздух, количество которого регулируется в зависимости от желаемой силы удара. Отдельные удары могут быть произведены путем быстрого однократного поворачивания вперед и назад рукоятки *G*.



Фиг. 31.
Регулирова-
ние хода у
пневмати-
ческих моло-
тов.



Фиг. 32 и 33. Простой пневматический молот машиностроительного завода в Кельне.

A — поршень, движущийся от привода, *B* — шейки кривошипа, *C* — маховик, *D* — баба молота *E* — цилиндр, *F* — кран управления, *G* — рукоятка к нему, *H* — отводка для ремня.

Пневматический молот Иеклей (Jeakley), начерченный на фиг. 34 — 36, работает следующим образом.

Поршень *A* приводится в движение вверх и вниз кривошипом. При ходе вниз он, при помощи клапана *B*, высасывает воздух из пространства над бабой *C*. В наиболее низком положении поршня, в пространстве над *A* через отверстие *G* поступает снова наружный воздух. Воздух, оставшийся после обратного выхода в атмосферу через клапан *D*, при ходе поршня вверх сжимается. Но так как в начерченном положении золотника *B* воздух в пространство над *C* поступать не может, то баба остается в своем наивысшем положении, и воздух, сжатый поршнем *A*, распределяется по воздушным камерам E_1 — E_3 .

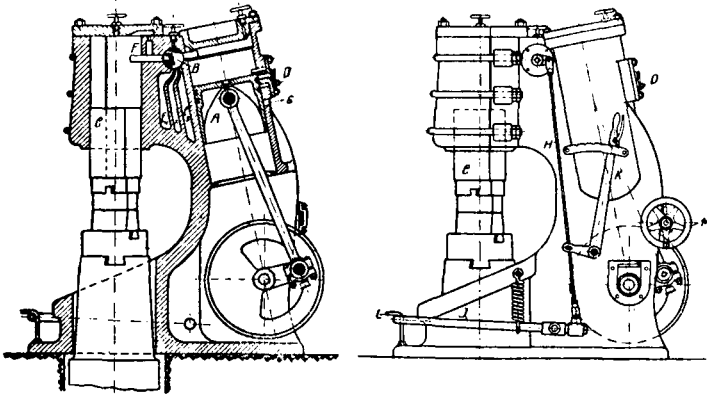
Когда золотник *B* будет несколько повернут в направлении, противоположном вращению часовой стрелки, так что, например, воздушная камера E_1 будет перекрыта, а канал *F* немного открыт, то часть (меньшая) сжатого воздуха поступит в пространство над бабой *C* и будет двигать ее книзу, в то время как остальная (большая) часть сжатого воздуха поступит в камеры E_2 и E_3 . Чем на больший угол, в направлении противоположном часовой стрелки, будет повернут *B*, тем больше будут перекрыты камеры *E* и тем большее количество сжатого воздуха войдет внутрь цилиндра, т. е. тем сильнее будет самый удар. Если золотник *B* из начерченного положения (фиг. 35) будет повернут на 180° , то он будет действовать лишь как напорный клапан, т. е. сжатый воздух сможет поступать лишь в пространство над *C*, высасываться же обратно он не будет. В этом случае поршень *A* будет засасывать воздух через отверстие *G*

и нагнетать его в пространство над *C*, при чем поршень *C* будет прижимать поковку к наковальне. Это положение бабы выгодно применять для держания поковки на наковальне и изгибания ее молотом от руки; этот способ применения можно видеть на фиг. 36.

Баба *C* имеет прямоугольное сечение и припильфовывается к своим направляющим. При износе бабы уплотнение достигается путем простого подтягивания крышки *N*.

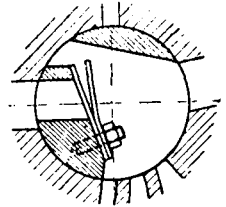
Пневматический молот Бешё (фиг. 37 — 38) работает следующим образом. При соединении, при помощи распределительного крана *L*, пространства *c* с пространством *i*, а пространства *d*,

при помощи распределительного крана *N*, с пространством *k*, баба *B* будет повторять движения поршня *F*. В мертвых положениях последнего отверстия *A* и *B* от-



Фиг. 34. Пневматический молот «Иеклей».

A — поршень, *B* — золотник, *C* — баба молота, *D* — регулируемое отверстие для впуска воздуха, *E* — воздушные камеры, *F* — канал для воздуха, *G* — отводка для ремня, *H* — тяга управления, *I* — рычаг ножного управления, *K* — рычаг ручного управления.

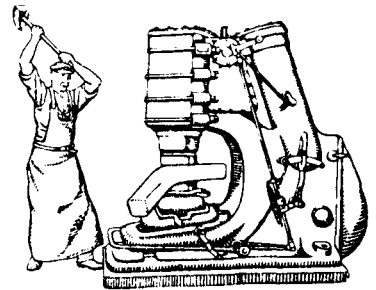


Фиг. 35. Положение золотника пневматического молота «Иеклей» при остановке молота.

крывают выход в атмосферу, так что движение бабы на несколько мгновений делается независимым от движения поршня *F*. В конце хода вниз поршень, вследствие удара о поковку или же о пустую наковальню, останавливается. Благодаря только что указанной независимости, баба начинает подниматься вверх не тотчас же после удара (отскакивающей удар), а остается некоторое время лежать на поковке (прилипающий удар). При ходе бабы вверх, воздух уходит из нее через *S* наружу; при опускании же бабы вниз, воздух поступает в нее снова через клапан *g*, а затем через отверстие *f*. К концу хода бабы вверх движение воздуха, выходящего из *H*, благодаря валику *e*, вставленному в отверстие с небольшим зазором, сильно тормозится и таким образом, баба *H* останавливается плавно.

Для держания бабы *H* на весу распределительные краны *L* и *N* повертываются в положение, показанное на фиг. 38 *a*. В этом случае воздух может попасть в пространство *C* лишь окружным путем через камеру *m*, канал *n*, клапан *M*, канал *l* и распределительный кран *L*, движение же воздуха в обратном направлении из-за клапана *M* невозможно. Камеры *a* и *k* сообщаются непосредственно с наружным воздухом. Если давление в пространстве *i* слишком велико, то воздух может выходить через трубу *R*, неначерченный обратный клапан, распределительный кран *N* и выпускное отверстие *S*.

Сила удара регулируется вращением распределительных кранов *L* и *N* при помощи тяги, как и в случае молота, изображенного на фиг. 34 — 36. При этом распределительные краны повертывают из положения на фиг. 38 *a* в положение на фиг. 38 *b* на тем больший угол, чем сильнее должен быть удар. Если золотники будут повернуты в положение на фиг. 38 *c*, то,



Фиг. 36. Применение пневматического молота «Иеклей» для держания поковки.

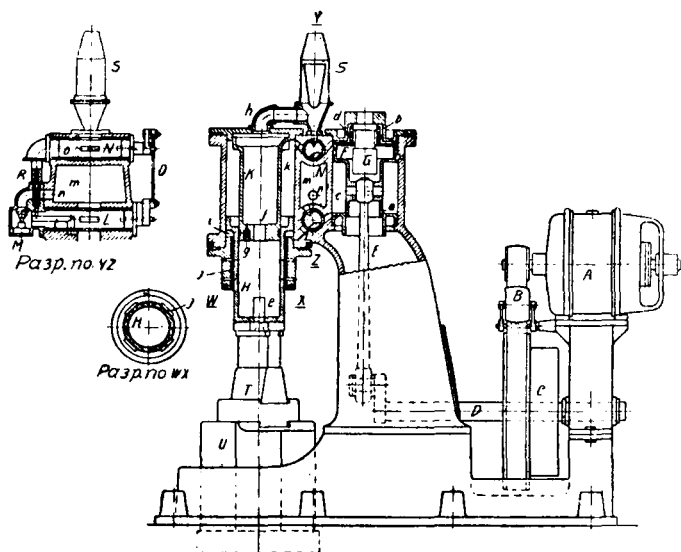
как и на фиг. 38 а, пространство i будет изолировано от пространства c , при чем воздух, идущий через L из c , будет проходить через m , n , M , l , R , o и N в пространство k и держать таким образом бабу на поковке, как на фиг. 36.

Молот Эймук работает по тому же принципу. На его конструкции мы, вследствие недостатка места, останавливаться не будем.

Пневматический молот Акц. О-ва Гессенмюллер, изображенный на фиг. 39 — 41, представляет значительный прогресс в отношении надежности и экономичности

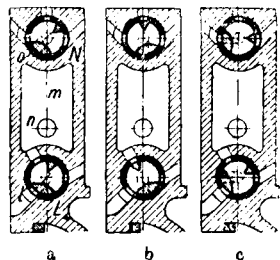
держания поковки на наковальне. Конструкция молота ясна из фиг. 39, принцип же его действия будет нами сейчас изложен. Среднее положение рычага R_2 дает холостой ход, при повороте рычага вверх баба останавливается на весу и производятся отскакивающие удары, а при повороте вниз получается также остановка бабы на весу и производятся прилипающие удары.

Фиг. 38 а. Отскакивающий удар, производимый в такт с поршнем компрессора (наиболее низкое положение золотника). Канал i_1 через верхний кольцевой канал o , сое-



Фиг. 37. Пневматический молот Бешё.

A — электромотор, B — натяжной ролик, C — маховое колесо, D — вал с кривошипом, E — шатун, H — поршень, a — нижнее, b — верхнее уравнивательное отверстие в поршне компрессора, c — пространство под поршнем, d — пространство над поршнем компрессора, G — неподвижный золотник, H — баба молота, I — четыре направляющих планки на медных заклепках, K — неподвижный поршень, f — отверстие b , K , g — всасывающий клапан K , h — соединение K и S , i — пространство под бабою, k — пространство над бабою, L — нижний распределительный кран, l — канал в L , m — камера в станине, n — канал из l в m , M — клапан для сжатого воздуха, N — верхний распределительный кран, o — канал в N , O — тяга распределительного механизма, соединяющая L с N , R — соединительная труба, S — выпускное отверстие с глушителем, T — наковальня, V — шабот. Вес бабы 350 кг, максимальный ход 700 мм, число ударов 120 в минуту, расход мощности 30 л. с. Давление при держании поковки на наковальне 3 000 кг. Работа удара 900 кгм/удар.



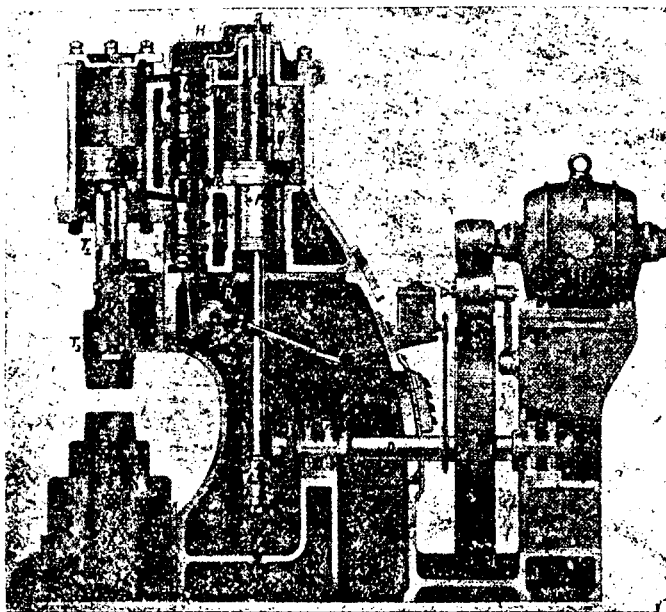
Фиг. 38. Различные положения управления пневматического молота, изображенного на фиг. 37.

диняется непосредственно с каналом k_1 , а канал i_2 при помощи средней золотниковой камеры q_3 с каналом k_2 . Таким образом, баба T , при ходе поршня компрессора F вниз, будет подниматься вверх под действием сжатого воздуха снизу и разрежения сверху. Наоборот, при ходе поршня компрессора вверх баба T под действием сжатого воздуха сверху и разрежения снизу будет опускаться вниз. Поршень T_1 совершает такое же движение, как и поршень F , но со смещенной фазой, которая при кривошипной передаче соответствовала бы углу приблизительно 60° . Благодаря тому, что все каналы имеют короткую длину и большое сечение, потери от трения незначительны и получается очень хороший коэффициент полезного действия, а именно 70 — 75%.

В нижней мертвой точке, т.-е. в момент удара о поковку, противодавления, которое могло бы ослабить удар, нет. Баба (если только она не отскакивает под действием упругих сил) на одно мгновение остается лежать на поковке, пока поршень компрессора не начнет двигаться вниз.

В верхней мертвой точке поршень T_1 перекрывает канал k_1 , благодаря чему образуется воздушный буфер, который плавно останавливает поршень, а при начале хода вниз увеличивает его ускорение; кроме того, этот буфер предотвращает удар поршня о крышку цилиндра.

Регулирование силы удара производится путем перестановки золотника. Чем выше установлен последний, тем большая часть воздуха, поступающего в том или



Фиг. 39. Пневматический молот фирмы Гессенмюллер.

Привод: A — электромотор, B — натяжной ролик, C — тяжелое маховое колесо, D — вал с кривошипом, E — шатун.

Воздушный компрессор: F — дифференциальный поршень, G — всасывающая труба с узкими щелями g для засасывания свежего воздуха из верхней части станины H .

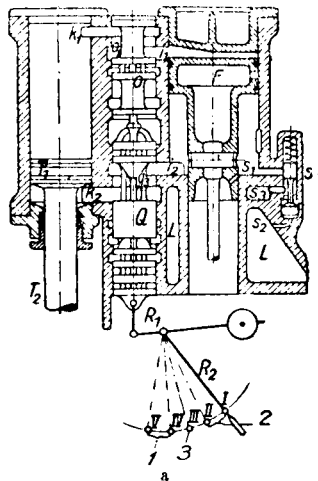
Распределительная коробка (см. фиг. 40): i_1 — канал, идущий из пространства над поршнем F ; i_2 — канал, идущий из пространства под поршнем F ; k_1 — канал, идущий в пространство над поршнем T ; k_2 — канал, идущий в пространство под поршнем T ; l — канал, идущий в камеру L для сжатого воздуха; m_1 — верхний канал, идущий к вспомогательной камере M ; m_2 — нижний канал, идущий к вспомогательной камере M ; n_1 — верхний кольцевой канал, n_2 — нижний кольцевой канал, n_3 — вспомогательный канал к k .

Золотник: O — верхняя часть золотника, o_1 — верхний кольцевой канал, o_2 — щель, o_3 — нижний кольцевой канал, P — соединительная тяга, Q — нижняя часть золотника, g_1 — верхний обратный клапан, g_2 — верхняя щель, g_3 — средняя полость золотника, g_4 — средняя щель, g_5 — нижний обратный клапан, g_6 и g_7 — нижние щели, R_1 — тяги распределительного механизма, R_2 — рукоятка управления, S — клапан сжатия, s_1 — канал, идущий из пространства под поршнем F , s_2 — канал, идущий к камере сжатого воздуха, s_3 — добавочная камера.

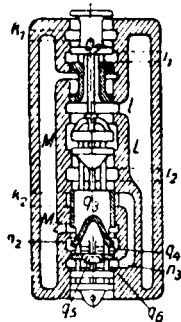
Ударный механизм:

T_1 — поршень,
 T_2 — поршневой шток (см. также фиг. 41)
 T_3 — баба с вставленным бойком

составляют
одно целое.



Фиг. 40а. Золотниковый поршень молота, изображенного на фиг. 39. Полный удар для вытяжки (отскакивающий удар).

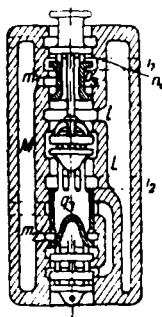


Фиг. 40b. Золотниковый поршень молота, изображенного на фиг. 39. Держание бабы на весу.

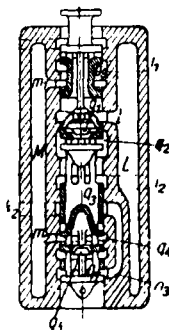
ином направлении через i_1 в пространство над поршнем компрессора F , будет идти через щель o_2 и канал l в камеру для сжатого воздуха L или из нее; таким образом, движение верхнего воз-

духа будет в большей или меньшей степени тормозиться в зависимости от желательной силы удара. Хотя вследствие дросселирования канала k_2 выход воздуха из-под поршня T_1 и затрудняется, все же поступление воздуха по окружающему пути через q_2, n_2, q_4, q_5 к k_2 происходит без дросселирования, так что баба, даже при самом легком ударе, всегда отходит назад вверх с полной скоростью, что и обуславливает быстроту работы.

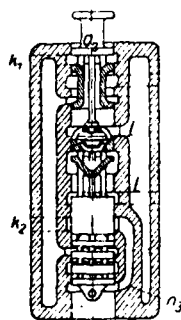
Фиг. 40 б. Держание бабы на весу перед откачивающим ударом (перед вытяжкой поковки). Положение золотника, соответствующее этому случаю, в сущности, является предельным положением, получающимся при все увеличивающемся дросселировании, при поднятии золотника. Канал i_1 полностью изолирован от k_1 , следовательно, сжатый воздух не может поступать в пространство над поршнем T_1 и двигать его книзу. Весь воздух, находящийся над поршнем компрессора, поступает через i_1, o_2 и l лишь в камеру L и высасывается затем обратно. При этом расход энергии получается незначительным. Воздух из нижней части



Фиг. 40с. Золотниковый поршень молота, изображенного на фиг. 39. Холостой ход.



Фиг. 40d. Золотниковый поршень молота, изображенный на фиг. 39. Наполнение камеры сжатым воздухом, держание бабы на весу перед «мертвым» ударом.



Фиг. 40е. Золотниковый поршень молота, изображенный на фиг. 39. Мертвый (прилипающий) удар или держание поковки на наковальне.

цилиндра компрессора через обратный клапан q_5 поступает под поршень бабы, при чем итти в обратном направлении воздух не может. После наполнения пространства под поршнем бабы T_1 , воздух через i_2, q_3 и m_2 движется в запасную камеру M и обратно, что также не производит заметного расхода работы.

Фиг. 40 с. Холостой ход. Золотник находится в своем среднем положении. При этом канал i_1 , через кольцевой канал o_3 в поршне, канал m_1 , а также канал i_2 через q_3 и m_2 соединится с вспомогательной камерой M , следовательно, верхняя и нижняя части цилиндра компрессора соединяются через M одна с другой и воздух будет лишь переходить из верхней части цилиндра компрессора в нижнюю и обратно. Расход энергии здесь также крайне незначителен, при чем электрические пусковые аппараты могут иметь простейшую конструкцию, так как молот приходится пускать в ход лишь при нагрузке, близкой к нулю.

Фиг. 40 d. Наполнение камеры и держание бабы на весу перед «мертвым» (прилипающим) ударом. Золотник передвигается выше. Канал i_1 через o_3 и m_1 соединяется с вспомогательной камерой M , которая производит такой же эффект, как и большое вредное пространство, и потому не допускает увеличения давления выше 2 кг/см^2 . В свою очередь камера M через m_2, q_4 , обратный клапан q_5 , каналы n_3 и k_2 соединяется с пространством под поршнем бабы T_1 . Благодаря этому, баба перемещается в свое наивысшее положение и там останавливается.

По каналу i_2 сжатый воздух через q_3, q_2, q_1 и l поступает в камеру L , из которой выйти обратно он не может, вследствие действия обратного клапана q_1 . Необходимое давление воздуха составляет около 4 кг/см^2 и достигается в камере L после 4 — 5 ходов поршня. Для того, чтобы

давление, несмотря на дальнейшую работу компрессора, не повышалось, поставлен клапан S , начерченный на фиг. 40 а с правой стороны цилиндра компрессора. Если давление в камере L повысится до максимального допускаемого, то S поднимется вверх и сожмет находящуюся над ним спиральную пружину. Благодаря этому, каналы s_1 и s_2 будут непосредственно соединены друг с другом, а добавочная камера s_3 будет присоединена к нижней части цилиндра компрессора, вследствие чего его вредное пространство увеличится настолько, что давление нагнетания не сможет превзойти 2 кг/см^2 , и компрессор будет производить сжатие и разрежение вхолостую. При падении давления в камере L , добавочная камера снова выключается и сжатие в нижней части цилиндра компрессора будет опять доведено до давления 4 кг/см^2 .

Так как для получения необходимого давления в камере L достаточны 4 — 5 ходов поршня, то при 190 — 130 об./мин. давление в ней можно доводить до надлежащей величины 30 — 40 раз в минуту. Так как кузнец в состоянии произвести лишь 30 — 20 ударов в минуту, то указанные цифры значительно превышают требования, предъявляемые к молоту.

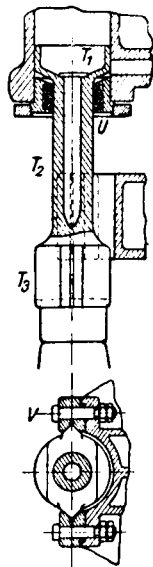
Фиг. 40 е. Держание поковки на наковальне. (Крайнее верхнее положение золотника). Камера L , в которой воздух предварительно доводится до давления 4 кг/см^2 , через канал l , щель o_2 и канал k_1 соединяется с пространством над поршнем бабы T_1 . Благодаря этому, баба, в зависимости от степени открытия щелью o_2 канала k_2 , с большей или меньшей скоростью прижмет подковку к наковальне и будет держать ее так, как показано на фиг. 36. Давление, производимое молотом, в зависимости от величины его составляет 600 — 4 400 кг. Пространство под поршнем бабы при помощи канала k_2 и канала n_3 соединяется непосредственно с внутренним пространством станины молота, так что воздух после поднятия бабы вверх может быть выпущен внутрь станины.

Вообще говоря, следует заметить, что как засасывание свежего воздуха, так и выпуск его производится через станину молота, вследствие чего устраняется пыль и заглушается шум. Кроме ручного управления при помощи рычагов R , можно поставить и ножное, как у других вышеописанных пневматических молотов. Более крупные молоты делаются с двухступенчатым сжатием для верхней стороны, при чем, при более равномерной нагрузке мотыля, достигается давление выше 5 кг/см^2 и потому действие получается более сильным.

Фиг. 41 показывает поршень, поршневой шток и бабу, составляющие одно целое, а также направляющие последней, которые, в случае необходимости, могут быть заменены новыми. Поршень и поршневой шток сделаны полыми, чтобы при наименьшем весе получить большие моменты инерции поперечного сечения и увеличить сопротивление поршневого штока продольному изгибу. Благодаря этому, центр тяжести всех падающих частей смещается значительно книзу, что довольно благоприятно влияет на уменьшение сотрясений станины молота и напряжений в поршневом штоке от продольного изгиба. Следует обратить внимание на переход от поршневого штока к бабе, выполненный по большому радиусу, что предотвращает поломки особенно при эксцентричном ударе. Уплотнение поршневого штока достигается при помощи набивочной коробки, состоящей из двух частей, с несколькими надетыми на шток уплотнительными кольцами, которые, в противоположность обычной набивке, производят сравнительно незначительное трение.

Молоты строятся с бабами весом от 50 до 250 кг, с ходом 330 — 600 мм, с 210 — 130 ударами в мин., при расходе мощности 5,4 — 28 л. с., 86 — 700 кгм/удар или 300 — 1 520 кгм/сек с коэффициентом полезного действия 75 — 70%.

Таблица на следующей странице дает сравнительный обзор четырех описанных типов пневматических молотов.



Фиг. 41. Баба молота, изображенная на фиг. 39, с поршнем и штоком (обозначение, как на фиг. 39).

Молоты типа Брейер, Шумахер и К°, фиг. 32 и 33	Молоты типа Иеклей (Jeakley), фиг. 34—36	Молоты типа Бешé и Эймуко, фиг. 37 и 38	Молоты типа Гес- сенмюллер, фиг. 39—41
Коленчатый вал зани- мает высокое положение, поэтому молот не вполне свободен от сотрясений. У молота имеется лишь один цилиндр для порш- ня и бабы, поэтому получается более про- стая конструкция.	Коленчатый вал зани- мает низкое положение, поэтому сотрясений нет. Так как имеются два отдельных цилиндра, то получается более слож- ная конструкция.	Как в столбце 2.	Как в столбце 2.
Незначительный рабо- чий объем, поэтому мо- лот годен лишь для небольшой мощности.	Рабочий объем может быть сделан очень боль- шим, поэтому конструк- ция пригодна для боль- ших мощностей.	Как в столбце 2.	Как в столбце 2.
Компрессор простого действия.	Как в столбце 1. Распределительный ор- ган подвержен давлению с одной стороны. Кожан- ный клапан подвержен сильному износу.	Компрессор двойного действия, поэтому полу- чается более сильное действие и быстрая ра- бота.	Как в столбце 3. Распределительный ор- ган разгружен и пе- редвигается легко.
Баба отводится от по- ковки на большое рас- стояние в высоту. Ниж- нее уплотнение одно- временно играет роль направляющих.	Как в столбце 1.	Как в столбце 1.	Баба при помощи спе- циального устройства подводится на близкое расстояние к поковке. Уплотнительная короб- ка не служит направляю- щей бабы.
Уплотнение бабы про- изводится при помощи кожаных манжет.	Уплотнение бабы про- изводится путем при- шляфровки.	Уплотнение бабы про- изводится при помощи кожаных манжет.	Уплотнение при помощи металлических колец без добавочного трения.
Поднимание бабы про- изводится благодаря раз- режению воздуха в верх- ней части цилиндра.	Как в столбце 1.	Поднимание бабы про- изводится лишь при по- мощи сжатого воздуха.	Поднимание бабы про- изводится при помощи разрежения над порш- нем и сжатия под порш- нем, поэтому движе- ние вверх производится с большим ускорением.
Держание бабы на весу невозможно.	Держание бабы на весу возможно.	Держание бабы на весу возможно.	Держание бабы на весу возможно.
Держание поковки на наковальне невозможно.	Держание поковки на наковальне возможно.	Держание поковки на наковальне возможно.	Держание поковки на наковальне возможно.
Прилипающий удар не- возможен.	Прилипающий удар не- возможен.	Прилипающий удар не- возможен.	Прилипающий удар воз- можен.

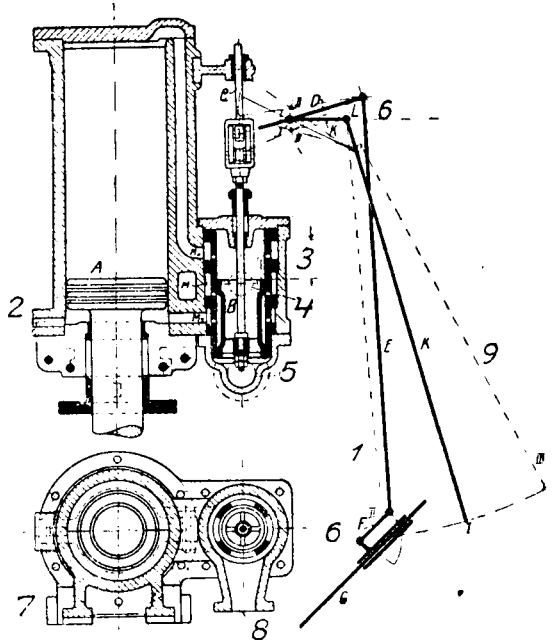
5. Паровые молоты.

У паровых молотов баба соединяется наглухо с поршнем и поднимается вверх при помощи пара, поступающего под поршень; в большинстве случаев удар по поковке производится также при помощи пара, который вводится для этого в верхнюю часть цилиндра, но у многих молотов пар лишь поднимает бабу, падает же она на поковку свободно под действием силы тяжести. Поэтому различают молоты с верхним паром и молоты без верхнего пара. На машиностроительных заводах в большинстве случаев встречаются молоты с верхним паром, так как, при одинаковой силе удара, у них бабы имеют меньший вес и они дают большее число ударов в минуту, чем молоты без верхнего пара. Чаще всего удар производится выпуском свежего пара, реже мятого, использованного для поднятия бабы (система Делен). В этой главе описываются лишь паровые молоты с верхним паром.

Фиг. 42. Паровой молот с бабой весом 100 кг, фирмы Принкман.

A — паровой поршень, *B* — цилиндрический золотник с внутренним выпуском, *C* — шток золотника, *GD* — тяги распределительного механизма, *H* — баба молота, *I* — переставные цапфы для *D*, *K* — рычаг, *L* — неподвижный центр вращения для *K*, *M* — паровпускной канал, *M₁* — канал для впуска пара в пространство над поршнем, *M₂* — канал для впуска пара в пространство под поршнем, *O* — рукоятка парозапорного клапана.

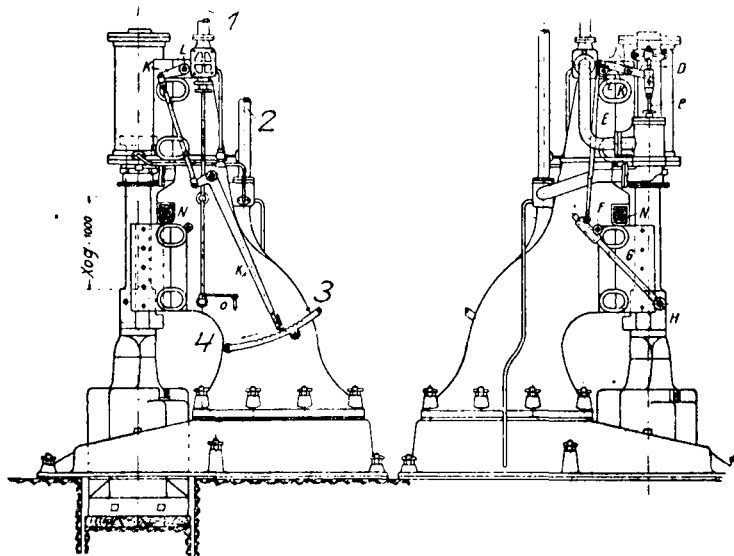
1 — тяжелые удары, *2* — выпуск воды из цилиндра, *3* — ход золотника, *4* — вход пара, *5* — выход пара, *6* — неподвижный центр вращения, *7* — выступы для хомута, *8* — вход пара, *9* — легкие удары.



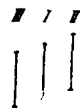
Управление парового молота должно быть сконструировано таким образом, чтобы можно было наиболее удобным образом производить и самые легкие и самые тяжелые удары с любой частотой (в известных пределах), а также отдельные легкие и тяжелые удары. Кроме того, молот должен автоматически производить ряд ударов одинаковой силы.

На фиг. 42 и 43 изображен паровой молот с бабой весом 1000 кг; он относится к молотам среднего размера. Мы опишем здесь принцип действия его управления.

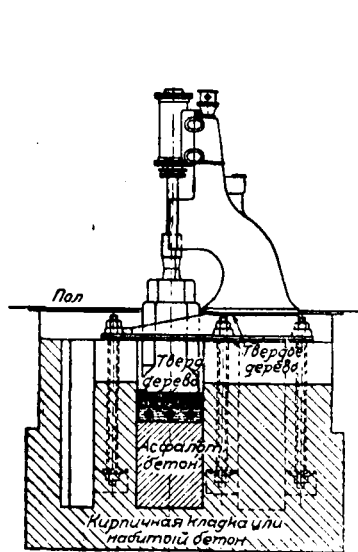
Последнее частично изображено на фиг. 42. Поршень *a* вместе с бабой и поршневым штоком представляет одну поковку. Поэтому нижняя крышка цилиндра и набивочная коробка должны состоять из двух частей. Если же баба не составляет одного целого с поршневым штоком, а насаживается на него, то набивочная коробка может быть цельной. Распределение пара над и под поршнем производится, как у паровой машины, при помощи цилиндрического золотника *B* с внутренним выпуском. Золотник вместе со штоком *C* передвигается бабой *H* вверх и вниз при помощи системы рычагов и тяг, состоящей из частей *D*, *E*, *F* и *G*, так что поршень *A* меняет направление своего движения в нижнем и верхнем мертвых положениях автоматически. Рычаг *D* вращается около цапфы *J*, которая сама в свою очередь сидит на коленчатом рычаге *K* и может переставляться вращением около неподвижного центра *L*. Благодаря такой перестановке *K*, положение по высоте цапфы *J*, а вместе с тем и парораспределение изменяется, как описано ниже.



Фиг. 43. Паровой молот с бабой весом 1 000 кг, фирмы Принкман. А — паровой поршень, В — цилиндрический золотник с внутренним впуском, С — шток золотника, DG — тяги распределительного механизма, Н — баба молота, I — переставные цапфы для D, К — рычаг, L — неподвижный центр вращения для К, М — паровпускной канал, М₁ — канал для впуска пара в пространство над поршнем, М₂ — канал для впуска пара в пространство под поршнем, О — рукоятка парозапорного клапана.

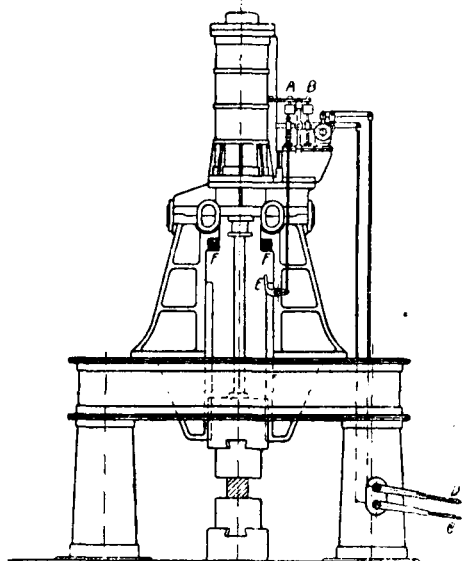


Фиг. 44. Ход распределительного золотника при легких, средних и тяжелых ударах.



Фиг. 45. Фундамент парового молота.

1 — пол, 2 — твердое дерево, 3 — асфальтовый бетон, 4 — кирпичная кладка или бетон.



Фиг. 46. Паровой молот с бабой весом 100 кг Германского машиностроительного завода в Дуйсбурге.

А — клапан для верхнего пара, В — клапан для нижнего пара, С — ручное управление, D — парозапорный клапан, E — упор для предотвращения слишком большого подъема бабы, F — упорные бруссы.

На фиг. 142 цапфа J начерчена в своем среднем положении. Пар, в зависимости от положения золотника B , из канала M идет через M_1 в пространство над поршнем или через M_2 — под поршень. Среднее положение золотника, при среднем положении I цапфы J , таково, что молот производит удары средней силы. Когда же K и J переставлены в положение II, то смещается также и среднее положение золотника, около которого происходит его движение вверх и вниз (см. выше). В этом случае канал A_1 будет открыт в течение более длинного, а канал M_2 будет открыт в течение более длинного, а канал M_1 в течение более короткого промежутка времени, т.-е. молот будет производить более тяжелые удары. В положении III канал M_1 будет открыт в течение меньшего, а канал M_2 в течение большего промежутка времени, т.-е. молот будет давать лишь легкие удары или же вообще не будет касаться поковки. Различные положения, по высоте крайних точек хода золотника показаны на фиг. 44.

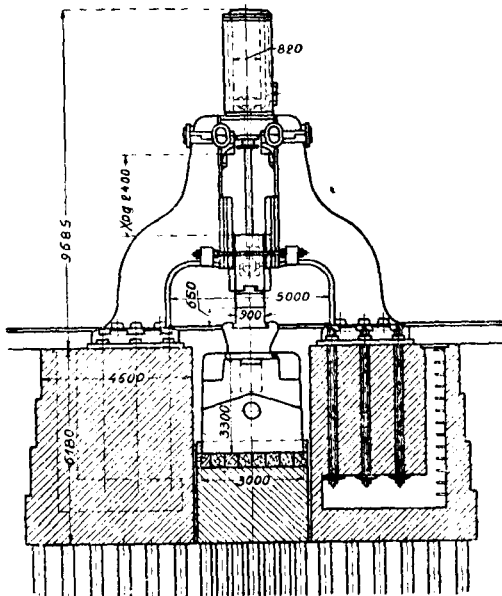
Конструкция парового молота, изображенного на фиг. 43, теперь понятна сразу. Отдельные части станины молота соединяются при помощи хомутов, так как болты при сотрясениях ослабевают. Фундаментные болты предохраняются от такого ослабления клиньями.

Управление молотом производится следующим образом. Изменение высоты хода бабы производится посредством рычага K , при чем, конечно, изменяется и сила удара. Само регулирование силы удара производится независимо от хода путем большего или меньшего мятя пара посредством вращения рычага O . Видимые на чертеже тонкие трубы служат для отведения образующейся конденсационной воды. Вместо того, чтобы вводить в пространство над поршнем свежий пар, у молотов конструкции «Делен» для получения удара вводится мятый пар из под поршня, поток которого имеет очень значительный диаметр (т.-е. вводится пар, употребленный на поднятие бабы). Так как верхняя площадь поршня в 4 раза больше нижней кольцевой (площадь поршня минус площадь сечения потока), то получается значительное давление на бабу.

Фиг. 45 показывает фундамент парового молота описанной конструкции. Мы уже из чертежа видим исключительные размер и вес его. Как уже упомянуто раньше, сотрясения молота и окружающих предметов будут тем меньше, чем тяжелее фундамент. Поэтому наковальню ставят на тяжелое чугунное основание, стул или шабот, которое, благодаря высокому удельному весу чугуна, занимает меньше места, чем если бы шабот был сделан из кирпича или бетона. Шабот должен стоять на упругом основании, чтобы сотрясения передавались соседним фундаментам и домам в возможно меньшей степени. Таким упругим основанием, в большинстве случаев, является настил из деревянных брусьев, которые укладываются в два слоя — один вдоль, а другой поперек.

Чтобы, по возможности, предохранить части самого молота от сотрясений, производимых наковальнею, рекомендуется не соединять вместе фундаменты шаботы и станины. При известных обстоятельствах, особенно в случае плохого грунта, целесообразно делать фундамент под шабот отдельно от фундамента под станину до самого материка, как на фиг. 47. На фиг. 45 это не сделано потому, что основание под шабот, состоящее из асфальто-бетона (смесь асфальта, гравия и цемента) является достаточно упругим, чтобы обезвредить сотрясения.

На фиг. 46 можно видеть установку мощного парового молота. Молот установлен на порталобразной клепаной станине, чтобы можно было удобно ставить под него со всех сторон даже большие поковки. Начерченный молот может работать как с верхним паром,



Фиг. 47. Паровой молот с бабой весом 15 т.

так и без него. Автоматического парораспределения, как на фиг. 41 — 43, он не имеет. Каждый отдельный удар должен производиться путем поворота соответствующих рукояток.

Фиг. 47 показывает общий вид весьма крупного парового молота мощностью 15 000 кг. Стапина отлита из чугуна и установлена на двух отдельных бетонных фундаментах огромной величины. Каждый фундамент опирается на 54 сваи, имеющие в длину около 2,5 м. Шабот сделан из чугуна и имеет вес 310 000 кг, т. е. вес его больше веса бабы в 20 раз. Шабот стоит на настиле из дубовых брусьев 400×400 мм. Следует обратить внимание на то, что здесь фундамент наковальни совершенно отделен от фундамента самого молота; последний стоит также на 119 сваях такой же длины (2,5 м).

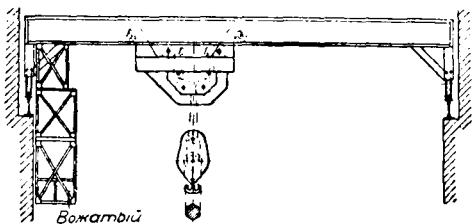
Ременные фрикционные молоты	Фрикционные молоты с доской	Пружинные молоты	Пневматические молоты	Паровые молоты
Вес бабы 100—600 кг	Вес бабы 100—600 кг	Вес бабы 50—350 кг	Вес бабы 100—500 кг	Вес бабы 100—2 000 кг, в исключ. случаях до 15 т
Высота падения до 6 м	Высота падения до 2 м	Ход 0,2—0,4 м	Ход 0,3—0,8 м	Ход до 2,5 м
Число ударов незначительно, максимум 45 в минуту	Число ударов незначительно, максимум 60 в минуту	Число ударов велико. У обыкновенных молотов для предварительнойковки 100—300 в минуту. У отдельных конструкций до 2 000 в минуту	Число ударов в минуту обычно составляет 200 в минуту	Число ударов, в зависимости от веса бабы, до 120 в минуту
Максимальная производительность удара при весе бабы 300 кг и ходе 1,6 м — 16 тм/мин.	Максимальная производительность удара при бабе весом 300 кг и при ходе 1,6 м — 17 тм/мин.	Максимальная производительность удара при бабе весом 300 кг — 35 тм/мин.	Максимальная производительность удара всего лишь 120 тм/мин.	Средняя производительность удара при бабе весом: 300 кг — 120 тм/мин. 1 000 „ — 250 „ 2 000 „ — 290 „ 5 000 „ — 400 „ 10 000 „ — 500 „
Механический коэффициент полезного действия 0,45—0,65	Механический коэффициент полезного действия 0,50—0,78	Механический коэффициент полезного действия незначителен из-за скольжения ремня при регулировании	Механический коэффициент полезного действия весьма хорош	Расход пара очень высок из-за больших вредн. пространств, при чем объем вредного пространства в нижней части цилиндра сильно увеличивается вместе с толщиной поковки
Число ударов уменьшается при увеличении силы удара, следовательно, мы имеем большое число и малую силу ударов или низкое число и большую силу ударов	Число ударов уменьшается при увеличении силы удара, мы имеем большое число и малую силу ударов или низкое число и большую силу ударов	Число ударов увеличивается вместе с силой удара, следовательно, мы имеем большое число и большую силу ударов или низкое число и малую силу ударов	Число ударов остается постоянным. Сила удара регулируется по желанию.	Число и сила ударов регулируются независимо друг от друга
Преимущественно для отдельных ударов при ковке в штампах.	Преимущественно для отдельных ударов при ковке в штампах	Преимущественно для простой вытяжки. Дляковки в штампах негодны	Для всех кузнечных работ, исключая ковку в штампах Часто пригодны для держания поковки на наковальне (фиг. 38)	Для всех кузнечных работ, включая ковку в штампах Допускают держание поковки на наковальне (фиг. 38).

Паровые молоты характеризуются своей исключительной приспособляемостью к различным условиям работы. На них можно обрабатывать как простые, так и сложные поковки; их можно строить как небольшой мощности, начиная с 10 кг, так и до 50 000 кг. Расход пара у молотов, вообще говоря, слишком высок, так как вредные пространства в паровом цилиндре всегда очень велики и с увеличением толщины поковки вредное пространство в нижней части цилиндра еще более увеличивается.

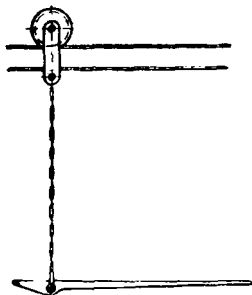
На машиностроительных заводах паровые молоты с бабой весом более 2 000 кг в настоящее время применяются редко. Сотрясения, сообщаемые такими большими молотами ближайшим окрестностям, и повреждения, которые по этой причине приходится оплачивать соседним домовладельцам, настолько велики, что, вместо молотов, охотнее устанавливают описываемые ниже кузнечные прессы. Паровые молоты с бабой свыше 2 000 кг встречаются, главным образом, на металлургических, а также на заводах, изготовляющих особенно крупные поковки. Сравнение различных типов молотов сделано в вышней следующей таблице.

Механизмы для поднимания, подачи и поворачивания поковок.

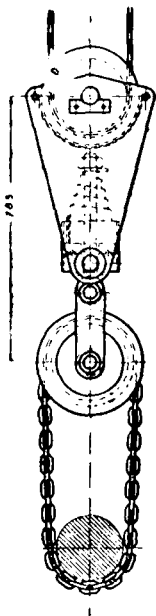
Более или менее крупные поковки часто вынимают из печи при помощи клещей руками, кладут их на небольшие железные тележки, отвозят к паровому молоту и там снова подают, поворачивают и держат при помощи клещей. Этот способ пригоден для поковок, которые во всех направлениях имеют приблизительно одинаковые размеры. Для больших длинных по-



Фиг. 48. Кран с приспособлением для поворачивания больших поковок.



Фиг. 50. Железный рычаг для поднимания и поворачивания поковок через ребро.



Фиг. 49. Пружинное цепное приспособление грузоподъемностью в 2 300 кг, фирмы бр. Вейсмюллер.

вок, как поршневые штоки, коленчатые валы, шатуны и т. д., передвижение и подача на накопальню производится при помощи специального крана, один из которых, в качестве примера, начерчен на фиг. 48. Поковка поддерживается бесконечной цепью, которою обхватывают поковку возможно ближе к центру тяжести последней, и подвешивается к крюку крана. Передвижение может производиться механическим путем. Поворачивание и поднимание поковки, при помощи крана начерченной конструкции, производится следующим образом. Оба конца грузовой цепи

или каната, на которых висит крюк, закрепляются на отдельных барабанах T_1 и T_2 . Если на барабаны будут наматываться оба конца цепи или каната, то поковка поднимется вверх и поворачиваясь. Если же канат на один барабан будет наматываться, а с другого сматываться, то поковка будет поворачиваться, не меняя своего положения по высоте.

Для того чтобы удары и неизбежные сотрясения поковки не могли передаться на подъемный механизм крана и тем самым повредить его, современные краны снабжаются и р у ж и н ы м и к р ю к а м и, один из которых, небольшой грузоподъемности, начерчен на фиг. 49. Поворачивание поковки производится от руки при помощи надетых на нее хомутов и рычага.

Если поковки имеют слишком большие размеры, то, конечно, брать их при помощи клещей нельзя. В этом случае пользуются железным рычагом (фиг. 50), который подвешивается на цепи.

К холодному концу большой поковки можно предварительно приварить державку, о чем мы уже упоминали раньше.

Прессы.

Общие сведения о прессах.

В противоположность молотам, которые производят желаемое изменение формы металла при помощи удара, прессы работают бесшумно при помощи сильного давления. Многие неприятные явления, сопровождающие работу молота, в особенности в случае крупных паровых молотов, при употреблении прессов отпадают.

Фундамент пресса должен быть лишь такой величины, чтобы он надежно стоял на грунте. Наоборот, для молотов, во избежание сотрясений, нужны очень большие фундаменты, при работе же прессов никаких сотрясений в самом прессе или же кругом около него заметить нельзя. Поэтому, напр., в Германии установка прессов, в отличие от молотов, не требует никаких полицейских разрешений, так как даже крупные кузнечные прессы работают бесшумно, в то время как удары и крупных и небольших молотов производят большой шум. Исключением из этого правила являются эксцентрикковые прессы, которые работают не без известного шума и в то же время не относятся к молотам. Опыт показал, что крупные поковки под прессом проковываются основательнее и уплотнение материала может быть достигнуто даже в самых внутренних слоях. Действие же удара молота, вследствие короткой продолжительности, ограничивается лишь наружными слоями и распространяется внутрь поковки лишь на небольшую глубину.

Ясно, что сжимающая сила, заменяющая действие удара, должна быть значительно больше веса бабы молота. Действительно, кузнечные прессы нередко производят давление до 6 000 000 кг, даже—до 12 000 000 кг. Давление, необходимое для изменения формы металла при ковке, к концу операции все более и более растет, так что наибольшее давление получается в конце хода поршня. Разделение прессов на группы обычно производится по их применению (прессы для вырезки, выдавливания, изгибания,ковки и т. д.), но лучше это делать по их приводу. С последней точки зрения различают следующие типы прессов:

1. Кривошипные и эксцентрикковые прессы, главным образом, для небольших и средних усилий и для средних ходов.

2. Винтовые прессы, главным образом, для небольших и средних усилий и для больших ходов.

3. Гидравлические прессы для больших усилий и произвольных ходов.

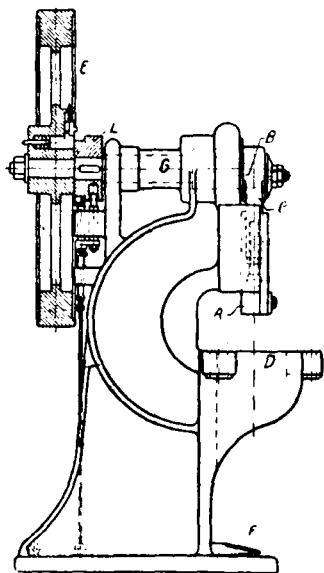
Кривошипные и эксцентрикковые прессы применяются дляковки в штампах лишь в редких случаях. Чаще всего они служат для изгиба, чеканки, вырезки, вытяжки небольших изделий из листового металла, пробивания дыр в них или, наконец, для удаления заусенцев у поволок после их штамповки. Винтовые прессы применяются преимущественно при ковке в штампах небольших предметов, например, заклепок, болтов, или же для выдавливания больших металлических сосудов.

Гидравлические прессы в большинстве случаев служат для замены молотов при ковке крупных предметов, как коленчатые валы, поршневые штоки, шатуны, броневые плиты и т. д. Это будут собственно к у з н е ч н ы е п р е с с ы. Специальные конструкции гидравлических прессов применяются для обработки листов.

Кривошипные и эксцентрикковые прессы.

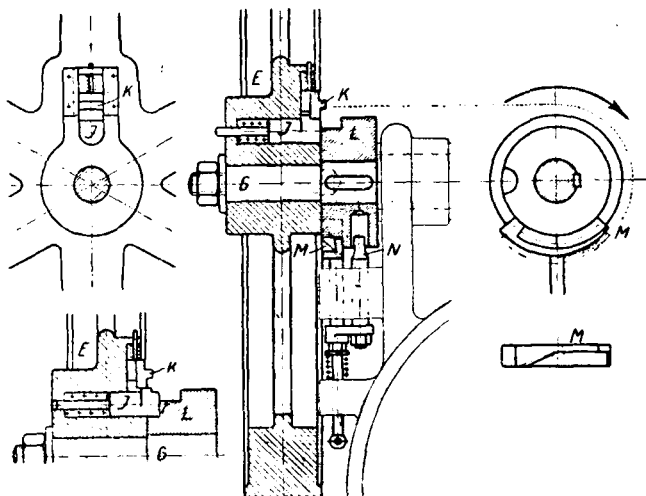
Фиг. 51 показывает небольшой эксцентрикковый пресс, который может быть использован для вырезки, чеканки, выдавливания и для пробивания дыр; в кузницах такие станки употребляются при ковке в штампах для удаления образующихся заусенцев. Держатель или иначе головка *A* движется вертикально вверх и вниз. Длина шатуна *C* может изменяться так, чтобы пуансон, прикрепленный к держателю *A*, занимал правильное положение по высоте.

В столе *D* имеется большое прямоугольное отверстие, которое закрывается специальной зажимной доской или в котором можно непосредственно зажимать большие штампы. Маховое колесо *E* свободно вращается на валу и по мере надобности может быть сцеплено с ним, для чего нужно нажать ногой на педаль *F*. Если затем педаль *F* будет снова отпущена, то



Фиг. 51. Эксцентрикковый пресс.

A — держатель (ползун), *B* — цапфа кривошипа, *C* — шатун с изменяемой длиной, *D* — стол, *E* — маховое колесо, служащее приводным шкивом, *F* — педаль для включения, *G* — эксцентрикковый вал, *L* — муфта.



Фиг. 52. Механизм для выключения эксцентриккового прессы при помощи специальной вилки.

*E*¹ — маховое колесо, служащее приводным шкивом, *G* — эксцентрикковый вал, *I* — палец, *K* — защелка для *I*, *L* — муфта, *M* — вилка, *N* — штифт.

колесо *E* после полного оборота вала *G* снова автоматически выключается, так что держатель остановится в его наивысшем положении.

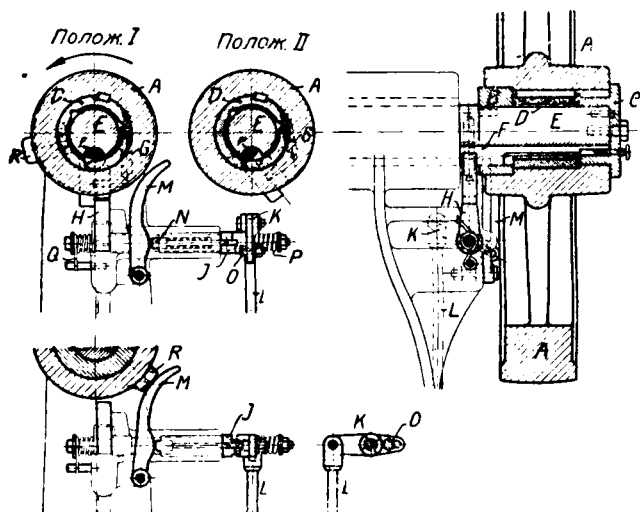
Сцепление махового колеса с валом выполняется различным образом.

Выключающий механизм прессы, представленного на фиг. 51, начерчен еще раз в большем масштабе на фиг. 52. На маховом колесе имеется палец, который при помощи спиральной пружины постоянно прижимается вправо. В разъединенном положении он удерживается защелкой *K*, так что он не может войти в соответствующее отверстие в стальной муфте *L*, даже если бы он находился непосредственно против отверстия. При нажатии ногой педали *F* (фиг. 51) вилка *M* оттягивается вниз, при этом защелка *K* отодвигается от оси дальше (см. на чертеже вправо вниз) и освобождает палец *J*. Когда затем палец *J* придет против отверстия в муфте *L*, то он войдет в него, как показывает чертеж внизу слева, и маховое колесо начнет вращаться вместе с валом.

Педаль *F* тотчас же после включения должна отпусаться. При этом палец *J* будет отводиться наклонной плоскостью вновь поднявшейся вилки и заскочит за защелку *K*. Штифт *N* служит для предохранения вала от дальнейшего вращения после выключения. У прессов описанной конструкции возможны несчастные случаи из-за того, что рабочий забывает своевре-

менно отпустить педаль; в этом случае держатель опускается вниз еще два или три раза и рабочий, вкладывающий материал, может тяжело повредить себе пальцы.

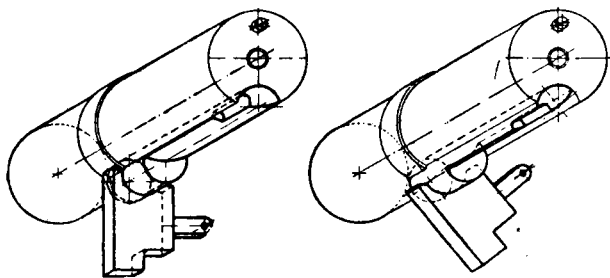
Выключающий механизм Шулера, начерченный на фиг. 53 и 54, выключает вал эксцентрика тотчас же после двойного хода, хотя бы рабочий, по недосмотру, педаль и не отпустил.



Фиг. 53. Механизм для включения эксцентриковых прессов с предохранением от повторного хода ползуна.

А — маховое колесо, служащее приводным шкивом, В и С — втулки, сидящие неподвижно на валу эксцентрика, D — втулка, неподвижно соединенная с А, Е — вал эксцентрика, F — круглая шпонка, G — пружина к ней, H — защелка, I — деталь включения, K — рычаг, L — тяга, M — рычаг для выключения, N — штифт, O — переставной упор в K для N, P — пружина для обратного вращения K, Q — пружина для обратного вращения H, R — упор в B для выключения M после одного оборота.

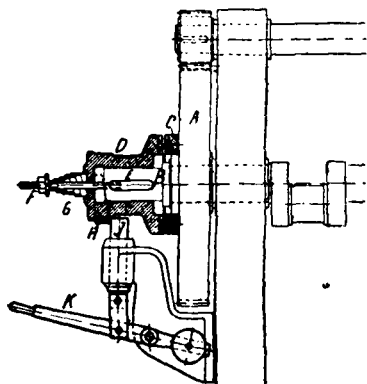
Вместе с тем на чертеже представлен другой тип сцепления с круглой шпонкой, которое производит включение скорее предыдущего, так как здесь не приходится ждать, пока маховое колесо займет одно определенное положение. Сцепление вала с маховым колесом может производиться в любой трети полного оборота. Маховое колесо А вращается на двух втулках В и С; кроме того, в ступицу махового колеса вставлена стальная втулка D и, таким образом, вал эксцентрика может вращаться независимо от махового колеса. В канавке на валу Е помещается круглая шпонка F, которая может вращаться около своей оси (фиг. 54). Спиральная пружина G стремится повернуть шпонку в положение II, лишь только одна из трех канавок во втулке D придется против шпонки. Пока защелка H находится в начерченном положении, шпонку F повернуть нельзя, и потому маховое колесо А вращается свободно на валу Е. Если рабочий наступит ногой на педаль (фиг. 51), то защелка H при посредстве тяги L, детали J и рычага K повернется в сторону в направлении обратного вращению часовой стрелки, так что круглая шпонка может заскочить в ближайшую канавку втулки D. При этом маховое колесо сцепляется с валом Е и держатель делает ход вниз и вверх. Но прежде, чем вал Е сделает полный оборот, кулачок R нажмет на рычаг M и тем самым надавит на штифт N вправо, как начерчено внизу на обеих фигурах. Штифт N упирается в палец O рычага K и выводит его из зацепления с J, так что защелка H под действием пружины Q снова возвращается в начерченное положение. Когда же после полного оборота вала Е круглая шпонка займет снова наинизшее положение, то головка шпонки упрется в защелку H, и шпонка возвратится в прежнее положение I. Если рабочий захочет произвести новый нажим пресса, то он обязательно должен отпустить сначала педаль и нажать на нее ногой снова. Если по каким-либо причинам это приспособ-



Фиг. 54. Вид круглой шпонки в параллельной перспективе.

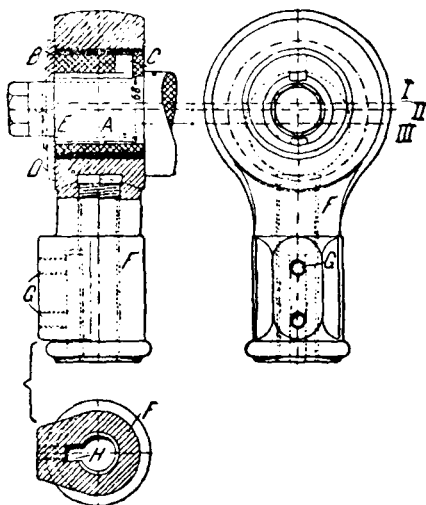
собление для устранения нежелательного второго хода держателя нужно выключить, то для этого следует лишь отвести палец *О* на рычаге *К* так, чтобы его не мог касаться штифт *Н*.

Весьма простой и целесообразной конструкцией является раздвижная кулачная муфта фирмы Демаг в Дуйсбурге (Германия) (фиг. 55). Если рычаг *К*, который может приводиться в движение также и при помощи ножного управления, оттянет штифт *И* книзу и при этом отпустит деталь *Н* вместе с муфтой *Д*, то под действием пружины *Г* зубцы муфты *Д* войдут в соответствующие выемки в детали *С*, лишь только они придутся друг против друга. При этом



Фиг. 55. Схематическое устройство раздвижной кулачной муфты.

А — постоянно вращающееся зубчатое колесо, *В* — вал пресса с эксцентриком, *С* — половина кулачной муфты, передвигающаяся вдоль *В*, *Е* — две шпонки для совместного вращения *Д* и *В*, *Г* — шпилька, *Г* — сильная пружина, которая заставляет двигаться *Д* вправо для сцепления с *С*, *Н* — скос на *Д*, *И* — штифты, движущиеся в вертикальном направлении, *К* — рукоятка.



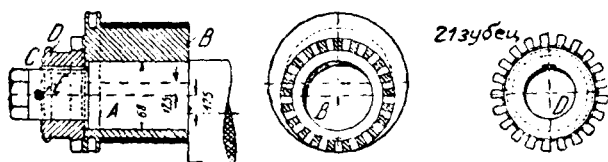
Фиг. 56. Изменение хода у эксцентриковых прессов.

А — эксцентрик вала, *В* — втулка, *С* — шпонка, *Д* — подкладная шайба, *Е* — шпилька, *Г* — шатун, *Г* — установительные винты, *Н* — подкладка. *И* — осевая линия втулки, *III* — осевая линия эксцентрика, *III* — осевая линия вала.

движение зубчатого колеса *А* через *С* и *Е* будет передаваться валу *В*. Особое преимущество описанной конструкции нужно видеть в том, что детали *С* приходится совершать незначительный путь, чтобы произвести включение муфты. При 20 зубцах, например, маховому колесу нужно для включения муфты сделать, самое большое, лишь $\frac{1}{20}$ оборота и таким образом получается значительная экономия во времени. Приспособление для автоматического выключения после хода держателя вниз и вверх не начерчено. Его можно поставить без труда.

Во многих случаях требуется, чтобы ход эксцентриковых прессов можно было изменить, хотя часто в изменении хода вообще не нуждаются. В обычных условиях достаточно, чтобы пресс имел два различных хода, которые устанавливаются при помощи конструкции, представленной на фиг. 56. На противоположных сторонах эксцентрика *А* имеются две шпоночных канавки. На эксцентрик надевается втулка *В*, которую можно ставить в двух различных положениях, повернутых одно около другого на 180° . Втулка устанавливается на эксцентрик при помощи деталей *С*, *Д* и *Е*. В данном случае эксцентриситет у *А* составляет 13,75 мм, у втулки *В* — 6,25 мм, следовательно, в начерченном положении полный эксцентриситет будет $13,75 + 6,25 = 20$ мм; таким образом, ход составит 40 мм. Если втулка *В* будет повернута на эксцентрик на 180° , то общий эксцентриситет будет составлять всего лишь $13,75 - 6,25 = 7,5$ мм; таким образом ход составит 15 мм.

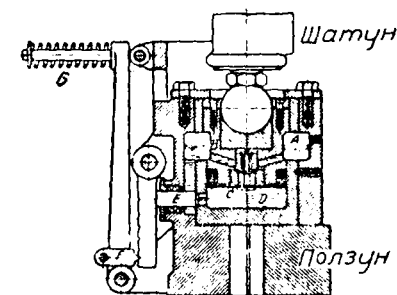
Передача движения от эксцентрика к держателю производится шатуном *F*. На фиг. 51 можно видеть, что для установки шатуна на надлежащей высоте шатун можно сделать длиннее и короче. В нижнем конце головки шатуна (фиг. 56) имеется длинная внутренняя нарезка, в которую, на большую или меньшую глубину, может ввинчиваться шпилька. Постоянство



Фиг. 57. Изменение хода у эксцентриковых прессов.

A — эксцентрик, *B* — втулка с 21 зубцом, *C* — шпонка, *D* — диск с 21 зубцом, *E* — шпилька.

производится при помощи небольшой червячной передачи. Конструкция, данная на фиг. 57, допускает 21 различных ход, что достигается более простым путем, чем в только что упомянутой конструкции. Эксцентрик *B* на торцевой стороне имеет 21 зубец. Втулка *D*, которая предохраняется от вращения на эксцентрике вала при помощи шпонки *C*, имеет также 21 зубец. Чтобы



Фиг. 58. Гидравлическое приспособление для предохранения от поломки при перегрузке.

A — камера для масла без давления, *B* — нажимной поршень, *C* — клапан, открывающийся вниз, *D* — камера для масла, находящегося под напором, *E* — предохранительный клапан, *F* — переставной нож, *G* — пружина для регулирования нагрузки клапана.

пределами. Конструкции для избежания значительных перегрузок основаны на применении шпонок и коленчатых рычагов, которые держатся сильными пружинами, или же клапанов, которые допускают вытекание сжимаемой жидкости при переходе нагрузки за допускаемые пределы. Мы опишем, в качестве примера, одну из конструкций последнего рода. Шатун на фиг. 58 опирается на поршень *B*, а последний, в свою очередь, давит на масло в камере *D*, находящейся под поршнем.

Если давление перейдет за допускаемые пределы, то предохранительный клапан *E* подается влево, так что масло может перейти в кольцеобразную полость *A*. Величину давления можно устанавливать при помощи регулирования пружины *G* и передвижения детали *F* в соответствии с типом и размерами штампа.

При новом ходе шатуна вверх, масло, вышедшее из камеры через клапан *C*, открывающийся снизу, поступает обратно в камеру *D*.

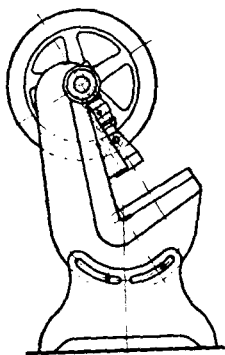
длины эксцентриковой тяги обеспечивается трением подкладки, которую вкладывают в паз *A* и плотно прижимают при помощи двух винтов *G*.

Левый конец эксцентрика записан на 6 граней для поворачивания вала от руки при установке штампа.

Если ход пресса должен изменяться непрерывным образом, то эксцентриковая втулка должна переставляться не только на 180° , но и на любой угол. Часто эта перестановка

устанавливается при помощи небольшой червячной передачи. Конструкция, данная на фиг. 57, допускает 21 различных ход, что достигается более простым путем, чем в только что упомянутой конструкции. Эксцентрик *B* на торцевой стороне имеет 21 зубец. Втулка *D*, которая предохраняется от вращения на эксцентрике вала при помощи шпонки *C*, имеет также 21 зубец. Чтобы установить пресс на одну из возможных длин хода, нужно подвинуть *D* влево и повернуть эксцентриковую втулку *B* в желаемое положение, затем подвинуть *D* снова вправо и законтрить штифтом *E*. При размерах, указанных на чертеже, ход изменится в пределах между $2 \cdot (17,5 + 12,5) = 60 \text{ мм}$ и $2 \cdot (17,5 - 12,5) = 10 \text{ мм}$.

Чтобы избежать перегрузки пресса, между эксцентриком и держателем можно включать какое-либо упругое тело, которое, при увеличении давления сверх нормального, принимало бы нагрузку на себя. Для этого часто применяют прессованный картон или войлок и т. д., которые прокладывают между инструментом и держателем. Но эти средства не допускают точной регулировки и недействительны при давлениях, лежащих далеко за допускаемыми



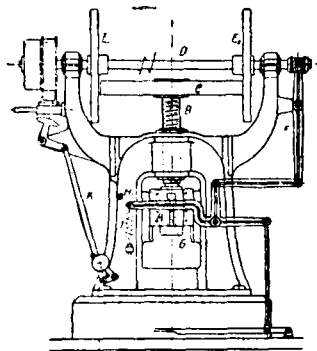
Фиг. 59. Эксцентриковый пресс с наклонным столом.

Столу эксцентриковых прессов часто придают наклонное положение, как показано на фиг. 59, для того, чтобы можно было удобнее вкладывать материал и чтобы готовые изделия падали вниз под действием собственного веса.

Эксцентриковые прессы крупных размеров, с большим давлением, применяются мало, так как для передачи очень больших усилий они пригодны лишь при коротком ходе. Применение для кузнечных прессов коленчатых рычагов также не годится, какие бы большие усилия рычаги ни передавали, так как получается слишком незначительный ход. Между прочим, коленчатые рычаги применяются в прессах для чеканки монет, в которых нужны очень большие давления при ходе лишь в несколько миллиметров. Кривошпы часто применяют для вытяжных прессов с большим ходом, о которых мы будем говорить в одной из следующих глав «Обработка листового материала».

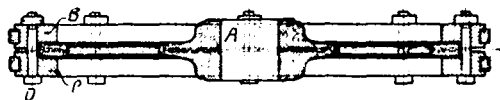
Фрикционные винтовые прессы.

Один из фрикционных винтовых прессов можно видеть на фиг. 60. Поперечина *A* ходит в направляющих станины и соединяется с винтовым шпинделем *B*, имеющим крутую нарезку большого диаметра, таким образом, что при вращении шпинделя поперечина движется вверх или вниз. На верхний конец винтового шпинделя насаживается (на шпунке) тяжелое маховое колесо *C*, обод которого обшит кожей. Вал *D* вместе с двумя фрикционными дисками *E*₁ и *E*₂ вращается непрерывно. При незначительном смещении вала *D* в осевом направлении, к окружности махового колеса *C* прижимается один из дисков *E*₁ или *E*₂, и шпиндель начинает вращаться в том или ином направлении. Маховое колесо, благодаря своему большому моменту инерции, в состоянии аккумулировать при вращении большое количество энергии. Эта накопленная энергия, в виде работы давления, затрачивается на изменение формы предмета, которое производится в промежутки времени с момента соприкосновения поперечины *A* с материалом до оста-



Фиг. 60. Винтовой фрикционный пресс.

A — ползун, *B* — винтовой шпиндель, *C* — горизонтальное маховое колесо, *D* — приводной вал, *E*₁ и *E*₂ — фрикционные колеса для *C*, *F* — тяги управления, *G* — переставной упор, *H* — рукоятка для включения, *I* — пружина, *K* — отводка для ремня.



Фиг. 61. Маховое колесо для винтовых прессов с предохранительным устройством. *A* — ступица и спицы, *B* и *C* — половины обода махового колеса, *D* — болты для соединения *B* и *C*, *E* — специальный ключ.

новки ее. Чем вкладываемый под пресс материал мягче, тем, следовательно, будет больше путь поперечины *A*, тем меньше будет производимое давление. Наибольшее давление получается в случае, если баба соприкасается с наковальней непосредственно, или если, вместо раскаленного мягкого материала, между наковальней и боком помещена холодная твердая поковка. Управление прессом производится либо рычагом *F*, приводимым в действие рукою или ногою при помощи показанной на чертеже системы тяг и рычагов, или же автоматически самою поперечиной *A* при помощи ползуна, устанавливаемого в пазу *G* поперечины (на фигуре ползун не показан). Этот ползун заставляет рычаг *H* принять верхнее положение так, чтобы диск *E* пришел в соприкосновение с маховым колесом и шпиндель начал опускаться вниз. Когда же ползун отпустит рычаг *H*, то под действием пружины маховое колесо войдет в соприкосновение с диском *E*₁, и шпиндель *B* будет подниматься снова вверх.

Для того чтобы избежать несчастных случаев при неосторожном включении пресса, они либо снабжаются особыми приспособлениями, которые перед самым ходом поперечины отводят руки рабочего в сторону, или же прессы устроятся таким образом, чтобы их можно было включать лишь двумя руками ¹⁾.

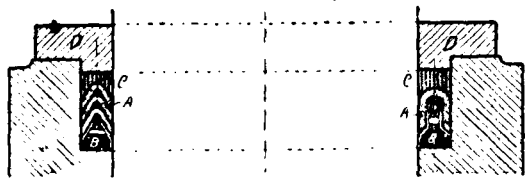
При вкладывании твердых поковок или же в случае, если между бойком и наковальной поковка не положена, вследствие слишком большой перегрузки пресса может легко произойти поломка станины, если только конструкция пресса не настолько массивна, чтобы пресс мог выдержать даже такие ненормальные, вообще при правильном применении пресса не встречающиеся, давления. Но в последнем случае прессы получают довольно тяжелыми и дорогими. Поэтому у винтовых прессов, во избежание поломки при перегрузке, в соответствующих частях ставят предохранительные штифты, которые при перегрузке перерезываются, или же применяют конструкцию, начерченную на фиг. 61. Маховое колесо *A*, которое насаживается (на шпонке) на винтовой шпиндель нормального фрикционного пресса, отливается из чугуна, обод колеса делается очень легким и тщательно обтачивается. Обод сверху и снизу обложен вулканизированной фиброй, непосредственно к которой прилегают два тяжелых кольца *B* и *C*, представляющие собственно обод махового колеса. Кольца прижимаются друг к другу при помощи болтов *D* настолько плотно, чтобы они не могли скользить по ободу, пока давление пресса не превосходит максимальное допускаемое. Так как при давлении, большем допускаемого, кольца *B* и *C* начинают скользить по ободу колеса *A*, то давление пресса никогда не может превосходить допускаемое. Затягивание болтов *D* производится при помощи специального ключа *E*, который может передать на гайку болта лишь определенный момент кручения.

Нажимы винтовых фрикционных прессов могут производиться один за другим лишь через более или менее значительные промежутки времени. Они применяются дляковки в штампах лишь в тех случаях, когда операция выполняется за один удар или нажим.

Гидравлические кузнечные прессы.

Конструкция прессов.

У всех прессов, описываемых в этой главе, необходимое усилие создается тем, что на поршень заставляют действовать воду под давлением от 50 до 200—600 кг/см². К головке поршня пресса крепится штамп или боек. Уплотнение поршня и поршневого штока обычно производится при помощи кожаных и гуттаперчевых манжет (фиг. 62), которые давлением воды



Фиг. 62. Уплотнительная коробка для гидравлических прессов.

A — кожаные или гуттаперчевые манжеты, *B* — внутреннее нажимное кольцо, *C* — наружное кольцо, *D* — крышка уплотнительной коробки.

прижимаются к уплотняемым поверхностям. Края манжеты *A* скошены и прилегают к уплотняемому поршню тем сильнее, чем выше давление воды в цилиндре. Кольцо *B* заставляет манжеты прилегать к уплотняемым поверхностям вначале, при отсутствии давления. Конструкция, начерченная слева, пригодна для весьма высоких давлений воды, конструкция справа пригодна для обычных давлений 50—200 кг/см².

Так как особенности установки прессов, аппаратов, создающих давление, и органов управления отчасти обуславливают конструкцию их, то сперва мы должны описать различные типы установок кузнечных прессов и принципы их работы.

Основную конструкцию гидравлического пресса можно видеть на фиг. 63. Вода, поступающая под напором по трубе *M*, давит на поршень *F* вниз. Поперечина

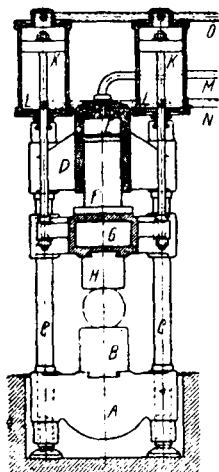
¹⁾ См. Preger-Lehman. «Grundzüge der Unfallverhütungstechnik und der Gewerbehygiene in Maschinenfabriken». Verlag Dr. Mak Jänecke, Leipzig, Bibl. d. ges. Technik. Band 229.

G подвешивается к поршням обратного хода K , которые движутся вверх под действием пара, сжатого воздуха или воды, впускаемых под K после прекращения действия давления в рабочем цилиндре E , или, наоборот, движение K вверх производится вследствие уменьшения давления пара в пространстве над K .

1. Пресс с насосом без гидравлического аккумулятора (фиг. 64).

К этой установке, кроме пресса, принадлежит еще распределительная коробка (фиг. 79 и 80) и насос.

Переводя рычаги I и II , можно соединить трубу A для напорной воды и трубу C для обратного отведения воды либо с трубой, идущей к рабочему цилиндру, либо с трубой D , идущей к цилиндрам обратного хода. Насос засасывает воду по трубе E из резервуара, в который вода течет обратно по трубе C . Таким образом, пресс работает все время при помощи одного и того же количества воды.



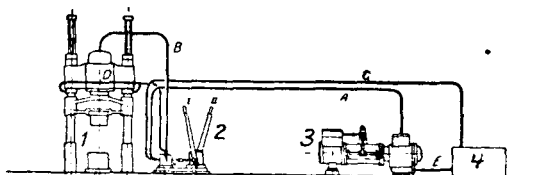
Фиг. 63. Схематическая конструкция гидравлического пресса. A — нижняя поперечина, B — наковальня, C — четыре колонны, D — верхняя поперечина, E — рабочий цилиндр, F — рабочий поршень, G — подвижная поперечина, H — боек, I — поршневые штоки обратного хода, K — поршни цилиндров обратного хода, L — цилиндры обратного хода, M — трубопровод для подачи напорной воды, N и O — трубопроводы для пара и воды к цилиндрам обратного хода.

Если труба A соединена с трубой B , то в рабочий цилиндр поступает напорная вода и в прессе развивается необходимое усилие. Одновременно труба C должна быть соединена с трубой D для того, чтобы вода из цилиндров обратного хода могла выходить обратно.

Если же, наоборот, труба A соединена с трубой D , а труба C с трубой B , то вода поступает под поршни обратного хода, в то время как вода рабочего цилиндра может выходить беспрерывно.

Преимущество этой установки состоит в низкой стоимости.

Недостаток ее состоит в том, что насос должен работать лишь тогда, когда производится давление на поковку. Когда же поршень пресса останавливается навесу, или под действием собственного веса он опускается вниз, или, наконец, занимает одно из крайних своих положений, — насос работать не должен, и вода по трубе A нагнетаться не должна. Для того, чтобы насос работал с места в любом положении, необходимо применять насосы симплекс и дуплекс, не имеющие маховых колес, но эти насосы в большинстве случаев требуют большего расхода пара, чем насосы с маховым колесом. Производительность насоса должна соответ-



Фиг. 64. Установка пресса с насосом, без гидравлического аккумулятора. 1 — пресс, 2 — механизм управления, 3 — насос, 4 — бак.

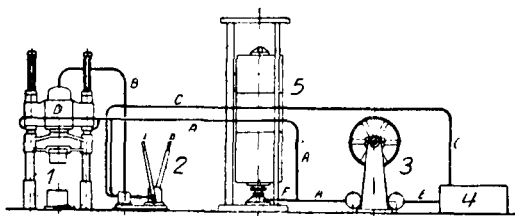
ствовать наибольшей мощности пресса. Если бы даже мы поставили приспособление для того, чтобы насос мог продолжать работать вхолостую и в те промежутки времени, когда подача воды не нужна (это достигается включением между A и C перепускного клапана), то мы получили бы большие эксплуатационные расходы, так как во время перерывов в работе пресса пар будет расходоваться бесполезно. В случае установки с насосом без аккумулятора отдельные ходы и

нажимы пресса можно производить лишь через более или менее значительные промежутки времени, так как необходимое давление для каждого нажима приходится создавать каждый раз снова, что всегда требует некоторого времени.

Описанная конструкция из-за своих недостатков применима лишь в тех случаях, когда по каким-либо причинам установка должна стоить возможно дешевле, т. е. она применяется для уже упомянутых целей и для вытяжки крупных поковок, когда отдельные нажимы пресса и без того производятся через большие промежутки времени, а также, когда необходим большой ход поршня.

2. Пресс с насосом и гидравлическим аккумулятором (фиг. 65).

К этой установке, кроме пресса, принадлежит насос, распределительная коробка и гидравлический аккумулятор. В данном случае распределительная коробка имеет два шпинделя с двумя седлами (фиг. 78) или золотник (фиг. 79). Гидравлический аккумулятор (фиг. 75—77) представляет вертикально стоящий цилиндр, поршень которого нагружается давлением сжатого воздуха или тяжелыми грузами таким образом,



Фиг. 65. Установка пресса с насосом и гидравлическим аккумулятором.

1 — пресс, 2 — механизм управления, 3 — насос, 4 — бак, 5 — аккумулятор.

чтобы вода была всегда под высоким напором, необходимым для работы пресса. Гидравлический аккумулятор, при помощи отводной трубки *F*, соединяется с напорной трубой *A*, а также трубой *D*, идущей к цилиндру обратного хода, которая, следовательно, постоянно находится под давлением. Насос работает также и во время перерывов в работе пресса, поднимая груз аккумулятора. В наивысшем положении аккумулятора насос останавливается автоматически.

В зависимости от того, соединена ли труба *B*, идущая к рабочему цилиндру,

с напорной трубой *A* или с выпускной трубой *C*, поперечина пресса будет идти книзу или же, благодаря действию цилиндров обратного хода, находящихся все время под давлением, будет снова двигаться вверх.

Преимущества установки с насосами и аккумулятором следующие. Так как насос работает также и во время перерывов в прессовке, энергия же, затрачиваемая в это время, аккумулируется, то производительность насоса можно брать, исходя из средней мощности пресса, т. е. в данном случае достаточен насос с меньшей производительностью, следовательно, более дешевый, чем в случае установки без аккумулятора. Привод насоса может производиться от трансмиссии при помощи ремня или же можно применять паровой насос, с маховым колесом и с большим расширением, который требует меньшего расхода пара. Один и тот же насос и тот же аккумулятор могут быть применены одновременно для нескольких прессов или других машин, приводимых в действие давлением воды, в то время, как без аккумулятора для каждого пресса был бы нужен свой насос. Насос и аккумулятор нужно рассчитывать лишь по сумме средних мощностей всех прессов. Обслуживание прессов простое. Нажимы пресса могут следовать друг за другом через короткие промежутки времени (пресс дает приблизительно 50 нажимов в минуту), так как установка готова для работы в любой момент.

Недостатки вышеописанной установки прессов состоят в высокой стоимости, которая, конечно, в случае присоединения к одному и тому же насосу и к тому же аккумулятору нескольких прессов может относительно несколько снизиться. При значительном расходе воды, груз аккумулятора опускается вниз с довольно значительной скоростью. Если в этот момент напорная труба быстро заперта, то и опускание груза аккумулятора должно также быстро остановиться. При этом в напорной трубе получается внезапное повышение давления (гидравлический удар), которое может повредить трубу. Следовательно, при обслуживании пресса нужно следить за тем, чтобы напорная труба никогда не запиралась сразу, резким движением. В этом отношении воздухо-гидравлический аккумулятор оказывается лучше.

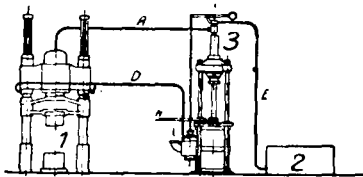
Установки прессов с насосом и аккумулятором применяются очень часто, главным образом, в случае, если к одной гидравлической установке могут быть присоединены несколько прессов.

3. Пресс с паровым мультипликатором (фиг. 66).

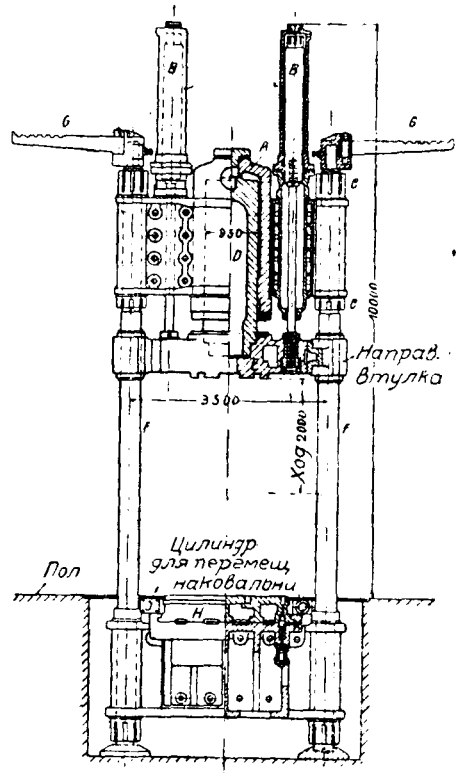
Установка состоит лишь из пресса и парового мультипликатора. Паровой мультипликатор (фиг. 73 и 74) состоит из парового цилиндра с поршнем большого диаметра, который может подниматься вверх паром с давлением $8-10 \text{ кг/см}^2$. На другом конце штока поршня находится плунжер гидравлического цилиндра, который ставится над или под паровым цилиндром. При поднятии поршня в паровом цилиндре, будет подниматься также и поршень в гидравлическом цилиндре и создавать в воде высокое давление, которое может быть доведено приблизительно до 650 кг/см^2 .

Обслуживание пресса с паровым мультипликатором очень простое. При нажимании вниз рычага *Н*, видимого на мультипликаторе, паровой поршень поднимается и поковка подвергается сжатию. Если рычаг *Н* снова повернуть вверх, то пар из мультипликатора выходит, по трубе *Д* в нижнюю часть цилиндров обратного хода поступает свежий пар и, таким образом, рабочий поршень поднимается снова вверх. Труба *Е* служит для предварительного наполнения пресса, который будет описан ниже.

Преимущество мультипликаторов, главным образом, состоит в необычайно простом обращении, которое ограничивается нажиманием вниз и затем поворотом снова вверх одного и того же рычага. Поднимание рычага



Фиг. 66. Установка пресса с паровым мультипликатором.
1 — пресс, 2 — бак, 3 — мультипликатор.



Фиг. 67. Кузнечный гидравлический пресс.

А — рабочий цилиндр, *В* — поршень цилиндра обратного хода, *С* — гайки, *Д* — рабочий поршень, *Е* — подвижная поперечина, *Ф* — четыре колонны, *Г* — кронштейны для подвески блоков или железных рычагов, *Н* — подъемный стол, *И* — два гидравлических поршня для перемещения *Н*, *К* — закрепительные болты для *Н*.

часто производится при помощи груза, т.е. происходит автоматически. Если паровой мультипликатор будет установлен над прессом, как на фиг. 67, то потребность в месте будет очень незначительна. Далее, в органах распределения рассматриваемой установки нет частей, находящихся под высоким давлением, плотность соединения которых было бы трудно поддерживать.

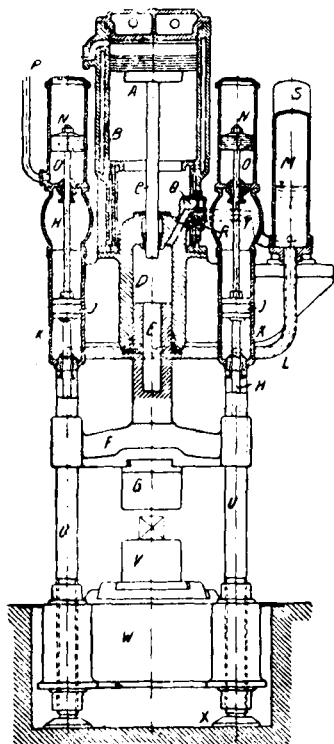
Недостатки паровых мультипликаторов состоят, главным образом, в чрезмерно высоком расходе пара, который еще выше, чем у паровых молотов, так как пар в мультипликаторе не расширяется, и мультипликатор всегда работает с полным наполнением парового цилиндра.

дра. Причина этого, как мы уже упоминали вначале, заключается в том, что наибольшее давление прессовки, а следовательно, также и пара, требуется в конце хода. При надлежащей конструкции (см. фиг. 68, 73 и 74) паровой мультипликатор приходит в действие лишь в том случае, если боек прилегает к поковке.

Установка прессов с паровым мультипликатором применяется очень часто, а именно, главным образом, там, где установка состоит из одного пресса и приобретение гидравлического аккумулятора не окупалось бы, в особенности же в тех случаях, когда наибольшее значение имеет удобное и быстрое обслуживание пресса.

Описание различных типов кузнечных прессов.

Б о л ь ш о й чисто гидравлического типа к у з н е ч н ы й п р е с с обычной конструкции показан на фиг. 67 (одна половина фигуры дает вид, а другая разрез). Конструкция пресса соответствует схеме фиг. 63. На нижней плоскости поперечины имеются пазы для крепления матриц и бойка. В зависимости от давления воды (150 или 300 кг/см^2) в этом прессе можно получить усилие $10\,000$ или $20\,000 \text{ т}$. Рабочее давление аккумулятора и насоса составляет 150 кг/см^2 .



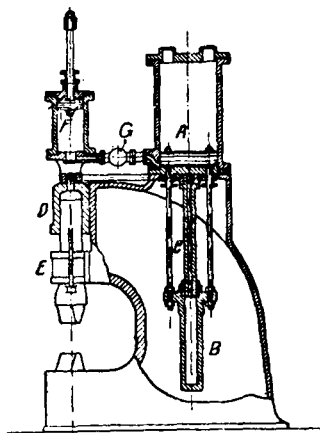
Фиг. 68. Парогидравлический кузнечный пресс.

A — поршень парового цилиндра, *B* — паровой цилиндр, *C* — поршневой шток парового цилиндра, одновременно служит плунжером гидравлического цилиндра, *D* — гидравлический цилиндр, *E* — подвижная поперечина, *F* — боек или верхняя матрица, *H* — два подвесных стержня для *F*, *I* — два поршня разгрузочных цилиндров, *K* — два разгрузочных цилиндра, *L* — трубопровод к ним, *M* — воздушный колпак к нему высокого давления, *N* — два поршня цилиндров обратного хода, *O* — два цилиндра обратного хода, *P* — паропровод, *Q* — клапан для предварительного наполнения (открывается кверху), *R* — поршень для открывания *Q* при обратном ходе *E*, *S* — водяной резервуар для предварительного наполнения (воздушный колпак с низким давлением), *T* — водопровод от *S* к *Q*, *U* — четыре стальных колонны, *V* — наковальня, *W* — нижняя поперечина, *X* — четыре основания для *U*.

Для получения давления 300 кг/см^2 служит гидравлический мультипликатор, который похож на паровой. На поршень мультипликатора, вместо пара, давит вода с силою 150 кг/см^2 , благодаря чему плунжер или другой поршень, сечение которого в два раза меньше, производит во втором цилиндре давление 300 кг/см^2 . Небольшие кронштейны служат для подвешивания рычагов (фиг. 50) или блоков.

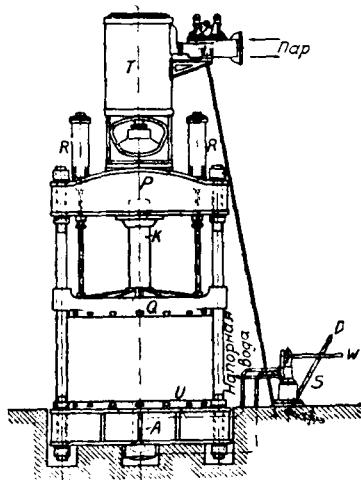
Наковальня или нижняя матрица зажимается на столе *H*. Так как при ковке в штампах нижнюю матрицу часто приходится менять, то стол *H* делается перемещающимся в горизонтальном направлении, перпендикулярно к плоскости чертежа, так что на нем можно зажимать рядом две различных матрицы.

Фиг. 68 показывает парогидравлический кузнечный пресс с мультипликатором сверху. Вес частей $E—J$ и N компенсируется разгрузочным поршнем, на который снизу все время давит вода. Необходимое для этого давление создается сжатым воздухом в воздушном колпаке M . Пресс работает следующим образом. Вначале, перед ковкою, части $A, C, E—J$ и N находятся в наивысшем положении. При выпуске пара, находящегося под поршнями обратного хода и держащего все эти части на весу, в атмосферу, части $E—J$ и N под действием собственного веса падают вниз на поковку. При этом из второго воздушного колпака S в рабочий цилиндр D через клапан Q засасывается свежая вода. Давление этой воды берется как раз таким, чтобы, пока пар не давит на A сверху, поршневый шток C и поршень A



Фиг. 69. Одноэтажный парогидравлический кузнечный пресс.

A — поршень парового цилиндра, B — гидравлический цилиндр, C — полный плунжер, D — цилиндр пресса, E — баба пресса, F поршень цилиндра обратного хода, G — распределительный паровой клапан.



Фиг. 70. Специальный парогидравлический пресс для отгибания фланцев и бортов.

A — выталкиватель, D — рукоятка для выпуска пара, K — поршень цилиндра пресса, Q — подвижная поперечина, R — цилиндр обратного хода, S — распределительная коробка, T — мультипликатор, U — нижняя зажимная плита, W — рукоятка для управления.

могли держаться в своем наивысшем положении. При пуске в пространство над A пара с давлением $8—10 \text{ кг/см}^2$, поршневой шток C с большой силой входит в гидравлический цилиндр, находящаяся в нем вода доводится до высокого давления (до 650 кг/см^2) и плунжер E , благодаря своей большой площади, с значительной силой давит на поковку. Клапан Q остается при этом закрытым и устраняет возможность обратного движения воды в S .

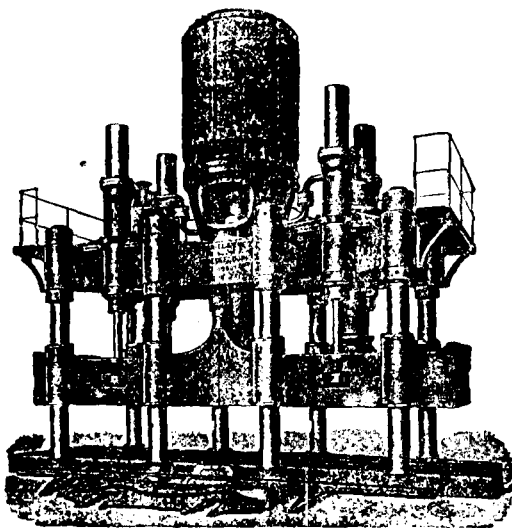
Для того, чтобы поднять поперечину F на прежнюю высоту, которую она занимала до предварительного наполнения цилиндра D , пар из пространства над A выпускают и под поршни N цилиндров обратного хода вводят свежий пар. Эти поршни, поднимаясь вверх, поднимают также все части, подвешенные к штокам H . Одновременно поднимается вверх в свое начальное положение также и поршневый шток C вместе с поршнем A . Таким образом, ход парового поршня как-раз соответствует сжатию поковки и избегается бесполезное переполнение цилиндра мультипликатора, а вместе с тем бесполезный расход пара. Следующий нажим пресса начинается таким же образом с предварительного наполнения гидравлического цилиндра.

Чтобы по окончании операции возвратить поперечину снова в прежнее крайнее верхнее положение, под поршень R впускают пар, открывают таким образом клапан Q и предоставляют

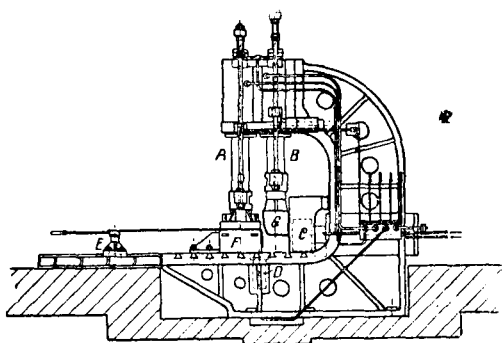
воде, находящейся в *D*, обратный выход в *S*. При этом поршни обратного хода поднимают части *E* — *J* снова в их крайнее верхнее положение.

Установка, начерченная на фиг. 68, имеет то преимущество, что она обходится без трубопроводов высокого давления, и получается экономия в площади, занимаемой установкой на полу. Но зато набивочные коробки и другие детали, подлежащие регулярному осмотру, находятся на большой высоте над полом, вследствие чего уход за ними для машинистов неудобен. Поэтому во многих случаях предпочитают установку с рядом стоящим паровым мультипликатором.

Конструкция прессы с четырьмя стальными колоннами очень выгодна, так как размеры всех частей получаются минимальными, но зато она не всегда удобна, так как большие поковки с далеко выступающими частями обрабатывать между колоннами нельзя. Для таких случаев строят одностоечные прессы (фиг. 69), которые имеют такую же станину, как и легкие паровые молоты. Одностоечные кузнечные прессы большей частью строятся



Фиг. 71. Двойной парогидравлический пресс для отгибания фланцев и бортов, а также для изгибания.



Фиг. 72. Гидравлический пресс для стгибания бортов и фланцев.

для небольших давлений, так как иначе, если бы мы захотели, чтобы станина выдерживала большие изгибающие напряжения, она была бы чрезмерно тяжела и дорога. При ходе вверх поршень *A* мультипликатора надвигает цилиндр *B* на полый плунжер *C*. При этом вода, содержащаяся в *B*, выдавливается по трубе в цилиндр *D* и баба *E* давит на поковку. При перестановке распределительного клапана, пар из-под поршня *A* уходит, а под поршень *F* вводится свежий пар, который при помощи двух боковых стержней поднимает бабу *E* снова вверх.

Специальный пресс для штамповки выпуклых днищ (фиг. 70) отличается от прессов, начерченных на фиг. 67 и 68, тем, что его поперечина *Q* имеет весьма значительную ширину для крепления штампов очень большого диаметра, и наличием второго, меньшего, действующего снизу, пуансона *A*, об употреблении которого при штамповке днищ будет говориться ниже при описании штампов.

Прессы, у которых поперечины, из-за размеров обрабатываемого предмета, получаются особенно длинными, должны снабжаться двумя рядом стоящими рабочими цилиндрами, чтобы поперечины не слишком сильно работали на изгиб. Фиг. 71 показывает такой пресс, который служит для штамповки днищ и отгибания фланцев. Пресс состоит собственно из двух поставленных вплотную друг к другу прессов, с конструкцией по фиг. 68, каждый из которых имеет по одному рабочему цилиндру и по два цилиндра обратного хода. Поперечины обоих прессов могут по произволу работать независимо одна от другой или же их можно соединять в одно целое при помощи болтов. Большой цилиндр над центральной частью прессы является общим паровым

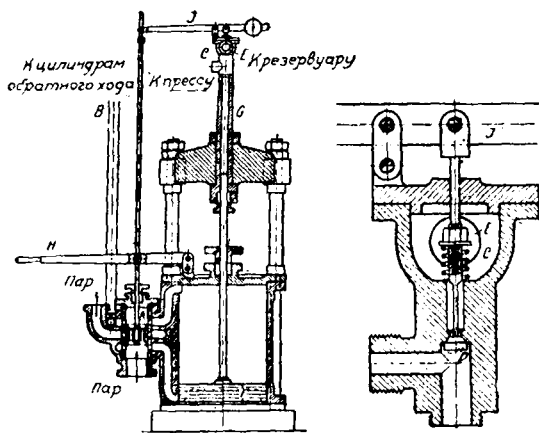
мультипликатором для обеих половин пресса. Изготовление предметов, лежащих на фигуре перед прессом, будет описано в одной из следующих глав.

Гидравлический пресс для отгибания фланцев и бортов (фиг. 72) имеет 4 поршня, которые могут давить на обрабатываемый предмет с трех сторон. Оба поршня *A* и *B*, движущиеся в вертикальном направлении, могут применяться, как на фигуре, независимо один от другого или же, в случае более крупных штампов, могут соединяться вместе. Поршень *C* действует сбоку, а поршень *D* снизу. Последний большей частью применяется для выталкивания обрабатываемого предмета из нижнего штампа. На правой стороне пресса для каждого поршня имеется свой рычаг для управления. Если поршни *A* и *B* соединяются вместе, то они управляются при помощи лишь одного рычага. Подставка *E* служит для поддержки и центрирования обрабатываемых предметов. Так как пресс открыт с трех сторон, то он пригоден для обработки предметов с большими размерами, которые между 8 колоннами вышеописанного пресса могли бы не поместиться.

Принадлежности к гидравлическим прессам, паровые мультипликаторы, гидравлические аккумуляторы и органы управления.

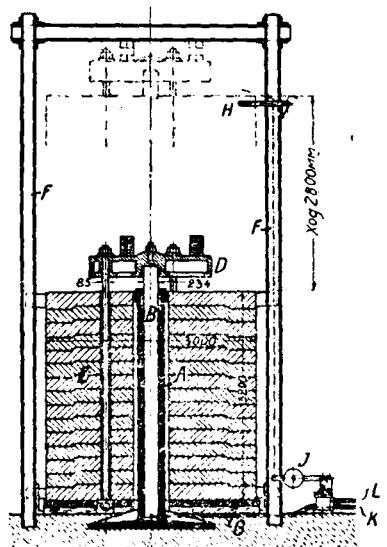
О некоторых паровых мультипликаторах мы уже говорили при описании прессов, с которыми они были соединены в одно целое. Часто также мультипликаторы ставят рядом с прессами, а именно, главным образом, в тех случаях, когда место в высоту ограничено.

На фиг. 73 и 74 начерчен паровой мультипликатор, который устанавливается рядом с прессом, как изображено на фиг. 66. Он, как и мультипликатор, изображенный на фиг. 68, имеет приспособление для предварительного наполнения гидравлического цилиндра, чтобы паровый поршень проходил минимальный необходимый путь.



Фиг. 73 и 74. Паровой мультипликатор старой конструкции с предварительным наполнением.

A — паровой золотник, *B* — паропровод к цилиндрам обратного хода, *C* — клапанная коробка, *D* — клапан для предварительного наполнения, *F* — поршень мультипликатора, *G* — гидравлический цилиндр, *H* — рычаг клапана.



Фиг. 75. Гидравлический аккумулятор.

A — вертикально стоящий цилиндр, *B* — плунжер, *D* — плита для подвески грузов, *E* — грузы, *F* — направляющие, *K* — трубопровод для напорной воды, идущей от насоса, *L* — труба для выпуска воды.

Предварительное наполнение производится следующим образом. В начерченном положении золотника *A* пар, находящийся под поршнем обратного хода, через трубу *B* может выходить наружу. Тяжелый поршень пресса под действием собственного веса опускается до соприкосновения с обрабатываемым предметом, при чем вода из пространства *C*, к которому присоединена

труба *E* (фиг. 66), идущая из водяного бака, засасывается в рабочий цилиндр пресса; при этом клапан *D* (фиг. 74) автоматически опускается вниз.

Если золотник *A* переставить ниже, то пар пойдет под поршень *F* и с большим давлением будет нагнетать воду из цилиндра в пресс. При этом, следовательно, на обрабатываемый предмет будет производиться давление. Если золотник *A* передвинуть в верхнее положение, то свежий пар через *B* будет поступать под поршни обратного хода и одновременно клапан *D* будет открыт рычагом *J*. Поршни обратного хода поднимают рабочий поршень пресса и переводят воду, содержащуюся в рабочем цилиндре, через *C* и *E* назад в резервуар. У новейших паровых мультипликаторов гидравлический цилиндр находится внутри парового. В этом случае поршневой шток, вместо того, чтобы работать на сжатие и продольный изгиб, работает на растяжение.

Как уже упомянуто раньше, расход пара у мультипликатора в общем очень высок, так как расширение пара в мультипликаторах обычных конструкций невозможно.

Гидравлический аккумулятор (фиг. 75) состоит из неподвижного, вертикально стоящего цилиндра *A*, к нижнему концу которого присоединяется труба *K* от насоса. Поршень *B* может двигаться в цилиндре вертикально вверх и при помощи очень тяжелого груза *E* нагружается так, чтобы вода всегда находилась под желаемым рабочим давлением. Груз состоит или, как на чертеже, из чугунных плит, или из железного бака, который наполняется водой (уд. вес = 1), бетоном (уд. вес = около 2), железной рудой (уд. вес = около 4) или обрезками железа (уд. вес = около 6). Деревянный настил *G* служит опорой для груза в его крайнем нижнем положении или упором при его опускании. В своем крайнем верхнем положении груз упирается в рычаг *H* и переставливает золотник таким образом, что насос подает воду, поступающую по трубе *K*, непосредственно в трубу *L* и в порожний бак. В этом случае, следовательно, вода поступать в аккумулятор не может, а также не может подниматься вверх и груз. Насос работает вхолостую до тех пор, пока груз остается в своем крайнем верхнем положении. Вторая труба, которая не начерчена, идет от цилиндра *A* или от трубы, соединяющей *J* с *A*, к распределительной коробке и прессу.

Фиг. 76 и 77. Гидропневматические аккумуляторы.

A — гидравлический цилиндр, *B* — плунжер гидравлического цилиндра, *C* — приток напорной воды, *D* — труба для спуска воды, *E* — ползун, *F* — воздушный плунжер из стальной трубы, *G* — пневматический цилиндр.

Начерченный гидравлический аккумулятор построен для аккумуляирования 120 л воды под давлением 300 кг/см^2 , т.-е. для аккумуляирования $120 \times 300 \times 10 = 360\,000 \text{ кгм}$ работы. (Эта работа равна той, которую совершили бы 160 кг воды при поднятии на $300 \times 10 = 3\,000 \text{ м}$). Весь действующий на поршень груз составляется из следующих величин:

Собственный вес поршня	1 950 кг
Собственный вес плиты для подвески грузов	8 000 »
Собственный вес болтов	395 »
Груз аккумулятора	125 375 »

Общий вес 135 720 кг

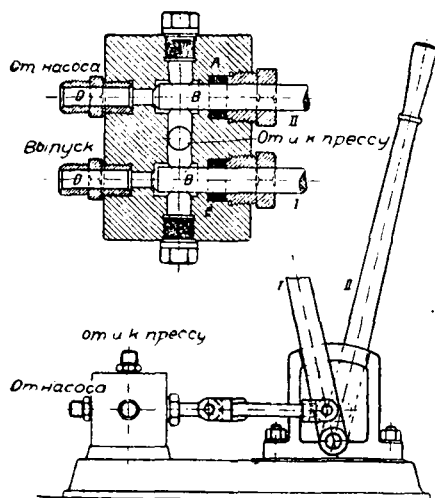
Сечение поршня $G = 23.4^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 430 \text{ см}^2$.

Следовательно, давление воды $p = \frac{G}{f} = 315 \text{ кг/см}^2$, а за вычетом потери напора из-за трения $p = 300 \text{ кг/см}^2$.

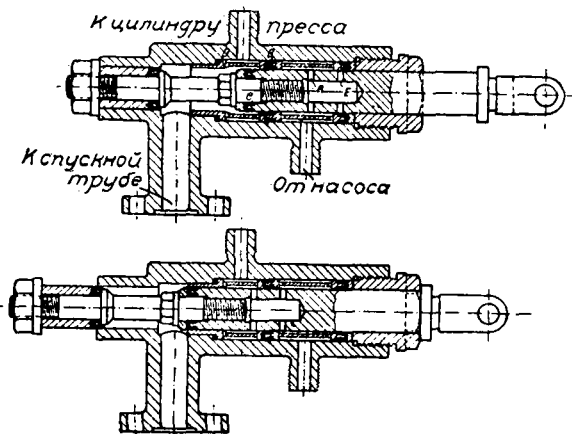
У других конструкций аккумуляторов неподвижно стоит (в вертикальном положении) не цилиндр, а поршень, на который сверху надвигается цилиндр. В этом случае набивочная коробка находится снизу и более доступна; конечно, при этом вкладывание набивки затруднительнее.

Нами уже было раньше сказано, что при быстром запирации трубопровода в нем получается сильное повышение давления из-за того, что тяжелый груз аккумулятора останавливается сразу.

В аккумуляторах для замены груза применяют также действие пара или сжатого воздуха. Фиг. 76 и 77 показывают такой гидравлический аккумулятор с пневматической нагрузкой. В цилиндре G находится воздух под значительным давлением. При введении в цилиндр A напорной воды, давление воздуха в G еще более повышается, и, таким образом, вода будет находиться под требующимся рабочим давлением. В крайнем верхнем положении плунжера напорная труба,



Фиг. 78. Распределительная коробка для гидравлических прессов. A —корпус из ковanej стали, B —шпиндели клапанов, C —уплотнение из кожи, D —приток напорной воды.



Фиг. 79. Золотниковая коробка для гидравлических прессов.

идущая от водяного насоса, соединяется со второй трубой для отвода воды при холостом ходе насоса. Это соединение производится при помощи штанги, видимой на фиг. 77 (аналогично фиг. 75). После такого соединения насос будет работать вхолостую до тех пор, пока двойной плунжер не опустится несколько вниз.

Уплотнение воздушного цилиндра состоит из двух кожаных манжет, сверху которых налит слой масла. Уровень масла можно проверить по маслоуказательному стеклу, чтобы, в случае необходимости, добавить масла. Давление воздуха в аккумуляторе, в зависимости от величины последнего, составляет 30 — 100 кг/см² при среднем давлении в гидравлическом цилиндре 200 — 300 кг/см².

При размерах, указанных на чертеже, давление воздуха относится к давлению воды, если исключить из рассмотрения потери от трения, как

$$\frac{175}{400} = \frac{30 \cdot 625}{160 \cdot 000} = \frac{1}{5.2} \approx \frac{1}{5}.$$

Таким образом, при помощи сжатого воздуха с давлением 30 — 100 кг/см² можно получить давление воды 150 — 500 кг/см².

При ходе поршня вверх, давление воздуха, а, следовательно, также и давление воды, увеличивается. Путем присоединения одного или нескольких воздушных котлов (колпаков) или стальных баллонов эти колебания давления можно ограничить любыми пределами. Впрочем, эта неравномерность давления имеет небольшое значение в сравнении с дешевой стоимостью установки и с возможностью быстро изменять давление воздуха, а следовательно, и рабочее давление воды, для чего нужно лишь выпускать воздух из аккумулятора или же накачивать в него. К аккумуляторной установке принадлежит еще воздушный компрессор для первоначального наполнения аппарата и для поддержания давления в нем.

Органами управления гидравлических прессов служат клапаны или золотники, которые приводятся в движение при помощи рукоятки или маховичка. Корпусы их в большинстве случаев делаются из стали. Весь распределительный механизм называют распределительной коробкой, клапаном или золотником, в зависимости от конструкции. Фиг. 78 показывает распределительную коробку с двумя шпинделями, которая применяется в установках с насосом и аккумулятором (фиг. 64). Корпус *A* представляет четырехугольный кусок стали, с высверленными отверстиями, которые, если нужно, уплотняются, для чего края у штуцеров снаружи и изнутри точатся на конус. Седлами для клапанов служит сам корпус или же вставляются особые закаленные стальные седла. Шпиндели *B* делаются также из закаленной стали. Уплотнение шпинделей у начерченной конструкции производится при помощи кожаных колец, которые плотно спрессовываются. Но это уплотнение пригодно лишь для низких давлений, для более же высоких пользуются кожаными манжетами, как на фиг. 62. Уплотнение штуцеров достигается расплющиванием материала его на узкой кольцевой площади, которое получается при затягивании резьбы.

Мы укажем здесь вкратце, как нужно пользоваться распределительной коробкой:

шпиндель *I* закрыт, *II* закрыт, поршень держится на весу,

шпиндель *I* открыт, *II* закрыт, поршень идет вверх,

шпиндель *I* закрыт, *II* открыт, поршень идет вниз,

шпиндель *I* открыт, *II* открыт, этот случай следует избегать, так как иначе вода под действием напора просто будет вытекать.

Управление распределительной коробкой для надежного закрывания требует приложения большого усилия. В этом отношении золотник удобнее, так как при перестановке их приходится преодолевать лишь трение, а не давление воды. Фиг. 79 показывает такой золотник в том виде, в каком он применяется для установки пресса с аккумулятором. Уплотнение золотника производится при помощи кожаных манжет, которые вследствие истирания о края отверстий каналов, быстро изнашиваются и должны время от времени заменяться новыми. В верхнем начерченном (крайнем правом) положении золотника, цилиндр пресса соединен с водоотводной трубой, а напорная труба заперта, следовательно, поршень пресса будет подниматься вверх поршнями цилиндров обратного хода. В неначерченном среднем положении золотника водоотводная и напорная трубы будут заперты, следовательно, поршень пресса будет сохранять свое положение. В этом случае отверстие *A* будет вправо от манжеты *B*, в то время как манжета *C* будет находиться против *D*. *A* находится в крайнем левом положении золотника, влево от *B*, и напорная вода через *E* и *A* поступает в пресс, поршень которого идет, следовательно, вниз.

Примеры кузнечных работ, выполняемых без помощи штампов.

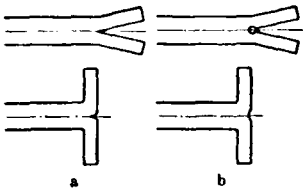
Ковка при помощи ручных и механических молотов или кузнечных прессов в большинстве случаев заключается в том, что прутки материала, сечение которого по меньшей мере должно равняться наибольшему сечению поковки в готовом виде, постепенно обрабатывается, до получения желательной формы, путем вытягивания, изгибания и обрубки. Реже встречающимися операциями являются высаживание, сварка, пробивание дыр и разведение концов. Вытягивание предпочитается перед другими видами обработки, так как при этой операции металл, благодаря большому количеству ударов, хорошо уплотняется. Перед разведением концов следует по возможности сверлить или пробивать в поковке отверстие (фиг. 80), так как иначе

у нее получается вид, показанный на фиг. 80а. Ниже мы приводим ряд примеров, которые лучше всего уясняют характер кузнечных работ.

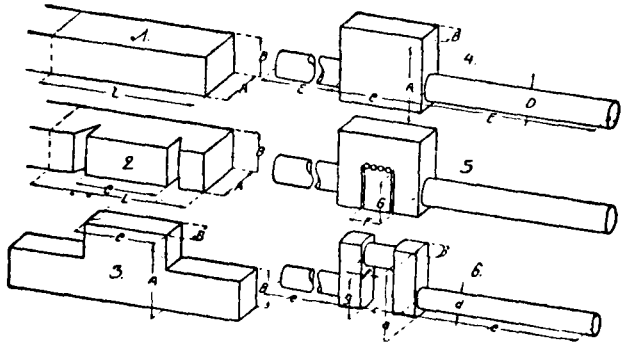
Фиг. 81 показывает вид одноколенчатого вала в различных стадиях обработки. Размеры, нанесенные на чертеже, имеют следующее значение: a, b, c и т. д. являются размерами вала после окончательной обработки на токарном станке, т.е. так называемыми размерами в чистом виде; A, B, C и т. д. являются размерами с припусками, которые, в случае наружных, на 3—5 мм больше, в случае внутренних — на столько же меньше размеров в чистом виде. Кроме того, кузнец, при изготовлении каких бы то ни было деталей, должен иметь в виду, что поковки при охлаждении сокращаются в своих размерах (величина усадки для железных поковок в среднем составляет 1,2%) и что, вследствие угара, размеры поковки становятся также несколько меньше. Ковка коленчатого вала состоит из следующих операций.

1. Заготовка болванок, которые по меньшей мере должны иметь размеры $A \times B$, т.е. должны иметь припуски на длину и ширину щек коленчатого вала. Если на складе болванок с точно такими же размерами нет, то берут более крупные болванки, которые вытягиваются до размеров $A \times B$. Длину L кузнец берет примерно такой, чтобы вес болванки $A \times B \times L$ по крайней мере был равен весу готового вала плюс все потери при обрубке, от угара и т. д.

2. Вырубание двух клиньев, расположенных на расстоянии C друг от друга. При этом весьма выгодно предварительно сделать отверстие по фиг. 80.



Фиг. 80 а и б. Неправильный (а) и правильный (б) способы разведения концов.



Фиг. 81.
Ковка одноколенчатого вала.

3. Вытягивание концов до получения квадратного сечения $B \times B$.

4. Дальнейшее вытягивание квадратной части и придание ей в пружинной обжимке (фиг. 13 N) круглой формы, сечение которой имеет диаметр D . При этом длина поковки увеличивается и становится равной E в соответствии с уменьшением сечения.

На этом кузнечная работа заканчивается. Дальнейшая обработка производится в холодном виде.

5. Выпиливание и высверливание или вырезание автогенным способом куска $F \times G$.

6. Окончательная обработка на токарном станке ¹⁾.

Ковка многоколенчатого вала (фиг. 82) состоит из следующих операций:

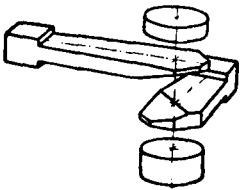
1. Заготовка (сечение болванки должно соответствовать размерам щек вала с припусками на обработку).
2. Оттягивание переднего конца.
3. Вытягивание средней части.
4. Оттягивание левой части.
5. Придание круглой формы всем трем частям; до этого момента щеки ещё параллельны друг к другу.

6. Повертывание щек на соответствующие углы. При этом вал одной щекой кладется на наковальню прессы или парового молота и придерживается бабой, как на фиг. 36, а другая

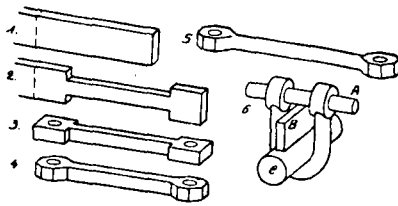
¹⁾ См. Прегер. «Обработка металлов», часть III. «Станки и инструменты». Издание Гостехиздата.

Ушки болер значительного диаметра могут быть откованы по фиг. 89—92. При изготовлении по фиг. 89, для закругления отверстия ушка следует еще приваривать небольшую вставку А. Способ, показанный на фиг. 89—91, вследствие необходимости сварки, пригоден лишь для железа с незначительным содержанием углерода, способ же, показанный на фиг. 92, пригоден и для железа, богатого углеродом, так как сварка здесь не требуется.

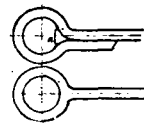
Крюк (фиг. 93) изготавливается следующим образом. Круглому прутку придают форму А и затем гнут его об нос наковальни, или же при помощи седлообразной подставки В, которая



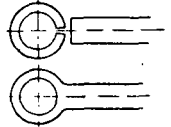
Фиг. 87. Ковка коленчатого рычага.



Фиг. 88. Ковка подвесной скобы.



Фиг. 89. Ковка ушков.



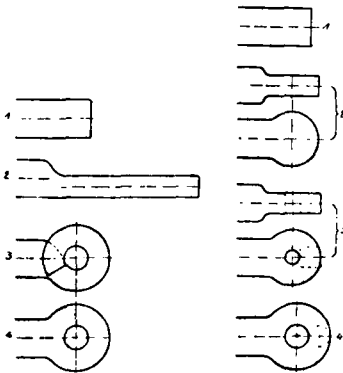
Фиг. 90. Ковка ушков.

вставляется в отверстие на наковальне. Точная форма крюка получается при пользовании жестяным шаблоном. При массовом изготовлении небольшие крюки грузоподъемностью приблизительно 1 500 кг часто куются в штампах.

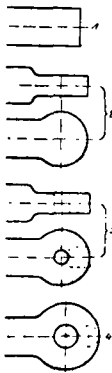
Ножки на стойках для перил высаживаются из прутка или их изготавливают отдельно из небольших кусков железа, сечение которых соответствует форме ножки,



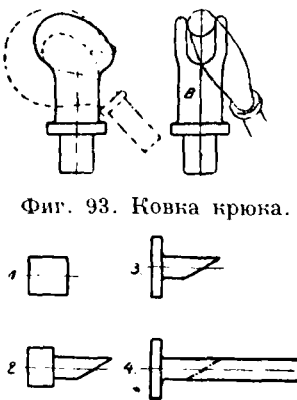
Фиг. 93. Ковка крюка.



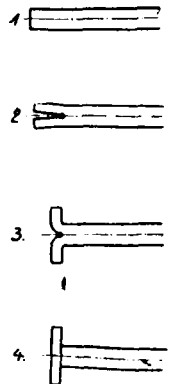
Фиг. 91. Ковка ушков.



Фиг. 92. Ковка ушков.



Фиг. 94. Ковка ножек у стоек для перил.



Фиг. 95. Ковка ножек у стоек для перил.

при чем один конец этого куса оттягивают до получения диаметра стойки и сваривают с последней (фиг. 94) или, наконец, концы прутка разводят по фиг. 95 и отгибают в обе стороны.

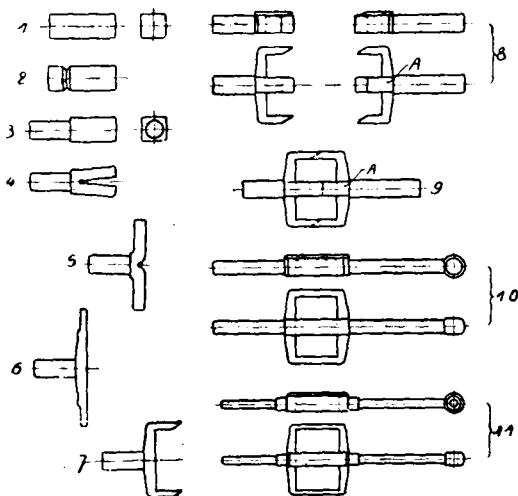
Ковка золотниковой рамы для паровоза (фиг. 96) состоит из следующих операций.

1. Заготовка болванки, сечение которой должно быть в два раза больше сечения рамы в самом толстом месте.
2. Болванка надрубается.
3. Левая часть вытягивается до тех пор, пока ее толщина не будет равна высоте рамы
4. Разведение концов на правой стороне (предварительно делается отверстие).
5. Отгибание разведенных концов.
6. Вытягивание отогнутых концов.

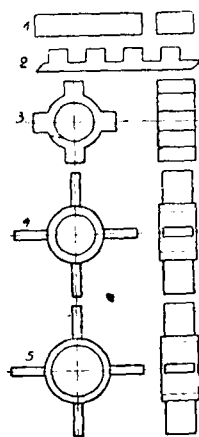
7. Сгибание оттянутых концов.

8. Приварка половин перегородки; таким же образом изготавливается вторая часть, которая видна на чертеже справа.

9. Сварка обеих половин рамы в трех местах; перегородка не приваривается в цельном виде из-за того, что иначе место, обозначенное буквой А, в котором сварка производилась бы в последнюю очередь, было бы трудно нагреть до надлежащей температуры.

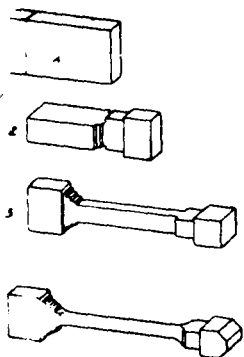


Фиг. 96. Ковка паровозной золотниковой рамы старой конструкции.

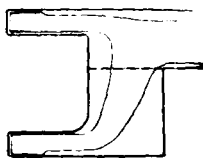


Фиг. 97. Ковка кольца с четырьмя лапами.

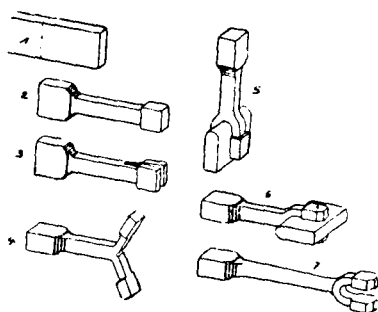
10. Вытягивание обоих цилиндрических концов, после чего кузнечная работа закончена.
11. Окончательная обработка рамы в механических мастерских.



Фиг. 98. Обычный способ ковки шатунов.



Фиг. 99.



Фиг. 100. Ковка шатуна с широкой вилкой.

Ковка кольца, изображенного на фиг. 97, состоит из следующих операций:

1. Заготовка болванки, которая должна иметь такую же ширину, как и кольцо в готовом виде.

2. Обжим для получения четырех выступов.

3. Сгибание полосы в кольцо и сварка стыка.

4. Оттягивание выступов до получения окончательной формы.

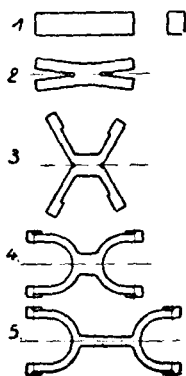
5. Вытягивание кольца до получения надлежащего диаметра.

В заключение этой главы мы опишем некоторые виды работ при ковке шатунов. Головка шатуна почти всегда отковывается начерно с припусками для последующей обработки и затем ее просверливают, прострагивают и фрезеруют. Если размеры шатуна незначительны, то вилка всегда отковывается по фиг. 98; так же почти всегда поступают и в случае более крупных шатунов, при чем, конечно, всегда оставляется припуск на обработку. Часть материала между щеками вилки, как и в случае коленчатого вала на фиг. 81, удаляется при помощи автогенной резки, сверления, выпиливания или же путем обработки на долбежном или фрезерном станке.

Несимметричные вилки могут быть изготовлены также вышеописанным образом. Если вилка очень широка, то окунается также и приварка одной щеки по фиг. 99.

Если удобных приспособлений для выборки материала между щеками не имеется или вилка широка и нужно уменьшить расход материала, или, наконец, требуется, чтобы волокна металла шли всегда в направлении щек, то шатуны можно также отковывать по способу, изображенному на фиг. 100. Работа состоит из следующих операций: 1) и 2) выковывается болванка; 3) делается отверстие и разводятся концы вилки; 4) концы отгибаются; 5) концы оправляются на болванке, имеющей соответствующую форму; 6) обрубается углы на щеках вилки; 7) вытягивается тело шатуна и ему придается круглое сечение.

Вилкообразный рычаг с большим расстоянием между щеками вилки изготовляется путем разведения концов и последующего отгибания их. Отдельные операции понятны без дальнейших объяснений (фиг. 101).



Фиг. 101.
Ковка вилкообразного рычага.

Ковка в штампах (матрицах).

Общие сведения о штампах.

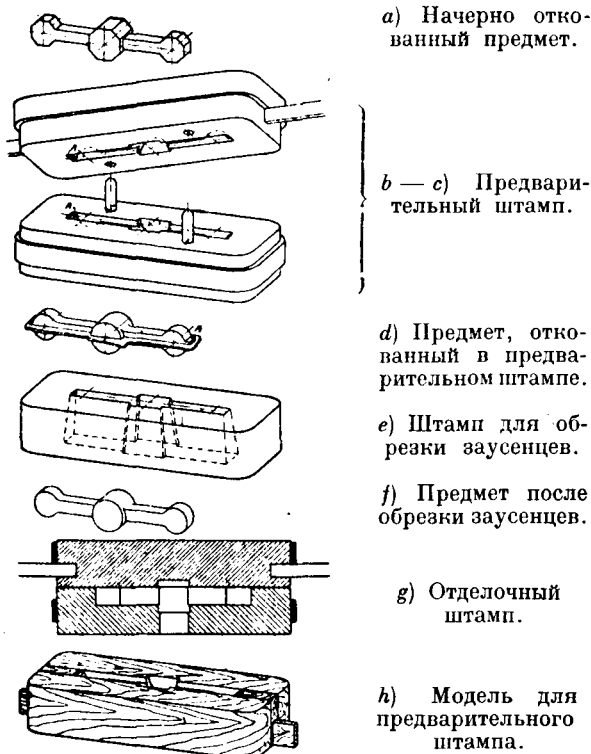
Штамп представляет форму из чугуна, литой или ковальной стали; в эту форму вкладывается кусок материала в раскаленном состоянии для получения поковки требующейся формы с достаточной точностью. При этом материал может, но не обязательно, предварительно отковываться от руки. Штампы можно применять в молотах всех типов и в прессах с большим ходом (фрикционные винтовые, гидравлические прессы). В зависимости от того, сколько требуется нажимов для придания надлежащей формы, т. е. один или несколько, в одном случае применяются молоты с падающей бабой или прессы, а в другом — пружинные или паровые молоты. В прессах можно применять штампы, литые из чугуна или стали, которые, конечно, дешевле изготовленных из целого куска поделочной или инструментальной стали и которые приходится применять в молотах из-за опасности разрушения чугунных. Чугунные штампы часто усиливают, надевая на них стальные стяжные кольца или хомуты. Изделия, откованные в штампах, имеют, во-первых, настолько точную форму, что их довольно часто можно применять без последующей обработки, во-вторых, они настолько одинаковы, что могут быть взаимозаменяемыми без пригонки, и, в третьих, при массовом производстве их стоимость очень низка. Ковка в штампах может производиться неквалифицированными рабочими в то время, как работы, описанные в предыдущей главе, предполагают наличие у кузнеца большого опыта и искусства.

Верхний и нижний штампы укрепляются в механических молотах и прессах при помощи ласточкина хвоста или же болтов (фиг. 105, 111, 112, 113, 116, 117, 123, 124).

Если в одном станке применяют подряд несколько штампов, то нижний штамп кладут на наковальню не закрепляя, вкладывают в него материал, ставят на него верхний штамп и приводят молот в действие, в случае же прессов верхний и нижний штампы прижимают друг к другу до тех пор, пока они не придут в соприкосновение. В этом случае штампы снабжаются ручками в виде ввернутых кусков круглого и т. п. железа или же их держат клещами (фиг. 102, 107 — 110, 114, 115).

Штампы большей частью делаются из двух частей, реже из трех. Они должны точно подходить друг к другу, что может быть достигнуто различными способами. Правильное прилегание штампов друг к другу достигается при помощи пилиек по фиг. 102 — 108 или же путем закрепления штампов в надлежащем положении на бабе и наковальне молота или прессы. Штампы из трех частей могут применяться лишь на прессах с несколькими нажимными штоками (фиг. 71, 72).

Лишнее раскаленное железо должно выдавливаться в зазор между верхним и нижним штампами в виде заусенцев. Образование заусенцев препятствует полному замыканию



Фиг. 102 {a — h. Ковка в штампах двухплечевого рычага.

шпильки, которые и выталкивают поковку. Рассмотрим, например, двухплечий рычаг (фиг. 102), который изготавливается в двух штампах: предварительном и отделочном. В предварительном штампе поковка при усадке вследствие охлаждения приподнимается вверх, скользя по запечкам крайних головок, в то время как в отделочном она плотно прижимается к этим же запечкам. Поэтому в предварительном штампе поковка не застревает и никаких отверстий в нем не делают, в отделочном же поковка застревает и потому в матрице делают отверстие для выталкивания ее. Поковки лишь с одной головкой застрять в штампе из-за охлаждения никогда не могут, так как диаметр головки при охлаждении становится меньше.

Такие поковки вынимаются из штампа легко, но иногда, несмотря на это, в штампах все же просверливают отверстие для того, чтобы изделие можно было вынимать из штампа быстрое.

Предварительные чугунные штампы отливаются сразу в соответствующей форме и не требуют никакой обработки. Отделочные же штампы из чугуна и те и другие из стали приходится обрабатывать фрезами или сверлами, а часто даже от руки при помощи зубила и напильника.

формы, образуемой верхним и нижним штампами, и потому у поковок не всегда получается правильная и одинаковая толщина (фиг. 106 a). Исключение представляет лишь тот случай, когда вдоль части или, лучше, по всему периметру в штампах имеются желобки с незначительной глубиной, куда и выдавливается лишний материал (фиг. 105 и 106 b).

Удаление заусенцев производится как в холодном, путем обрубки или шлифовки, так и в горячем состоянии путем обрубки от руки или в особом прессе (фиг. 51) при помощи матрицы и штемпеля, имеющего очертание поковки, или же, наконец, при помощи горячей фрезеровки.

Размеры штампа следует делать больше на величину усадки (в среднем 1—2%), чтобы поковка после охлаждения имела правильные размеры.

Для того чтобы поковки после их изготовления можно было вынуть из штампа, в котором они могут застрять вследствие охлаждения или еще по каким-либо причинам, в нем следует, если это необходимо, просверлить специальное отверстие.

В эти отверстия вставляют железные

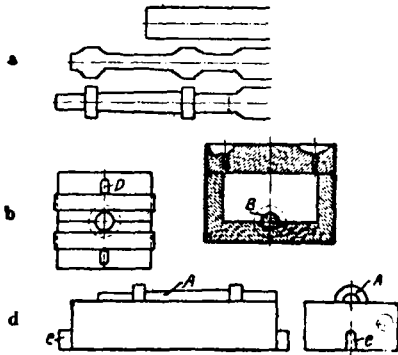
Если изготавливаемые предметы имеют очень плоскую форму, то для получения штампов между двумя раскаленными кусками стали кладут готовый предмет с соответствующими размерами (конечно, с припусками на двойную усадку), сделанный из стали, и сдавливают их.

В случае предметов изогнутой формы (фиг. 104 и 111) заготовку перед вкладыванием в штампы следует сначала согнуть, что делается вручную или в специальном штампе (например, фиг. 111).

Примеры ковки в штампах.

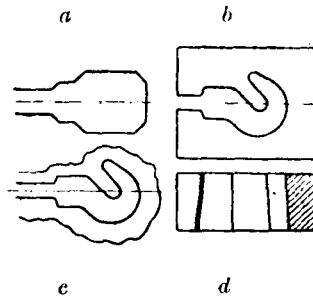
В нижеследующих примерах — там, где об этом ничего специально не сказано, речь идет о чугунных штампах.

На фиг. 102 показаны операции и штампы, применяемые при ковке двух плечей рычага. Предварительно материал куется вручную и ему придается приблизительная форма предмета, более грубая, чем это показано на чертеже, затем поковка, нагретая до белого каления вкладывается в предварительный штамп, форма которого также приблизительно соответствует желаемой. При помощи ряда быстро следующих друг за другом ударов молота или нескольких нажимов пресса верхний и нижний штампы сближают, насколько это возможно.



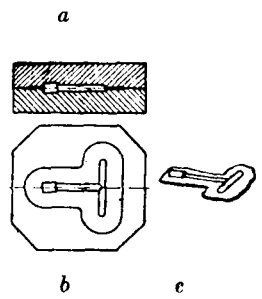
Фиг. 103 а — d.

а — формы предмета в различных стадиях обработки, б — штамп, с — форма для отливки, q — модель для установительного валика.



Фиг. 104.

а — б — формы предмета в различных стадиях обработки, с — матрица для удаления заусенцев для вагонного тягового крюка.



Фиг. 105.

Штамп для торцевого ключа.

Углубления А на концах штампа служат для выдавливания лишнего железа. Несмотря на эти углубления, кругом поковки все же образуются толстые заусенцы. Заусенцы вместе с частью А обрезаются при помощи специального пресса в матрице (е), пока поковка еще находится в раскаленном состоянии. Этот пресс для удаления заусенцев ставят рядом с молотом или прессом. Если же заусенцы очень толсты, то отштампованный предмет получается слишком толстым и потому его нужно обжать снова в предварительном штампе и затем уже удалить заусенцы при помощи пресса. Следы от обрезки заусенцев удаляются в отделочном штампе. Плоскость разреза в последнем расположена таким образом, чтобы в верхнем штампе находилась лишь выступающая часть средней головки. Если бы после отделочного штампа получились еще раз тонкие заусенцы, то они, как находящиеся на углах, могут быть удалены, без ущерба для внешнего вида. На фиг. 102 изображена еще деревянная модель для предварительного штампа. Она, по условиям изготовления, составляется из трех частей. На модели видны знаки для шинек отверстий, служащих для переноски (для чего в отверстия вставляются железные прутья).

На фиг. 103 начерчены штампы для установительных валиков клапана, модель и форма для него, а также показаны и операции. Железный прут, из которого выковываются валики, обрезается лишь после второй операции, так как прут можно вставлять

в штамп с правой стороны. Таким образом из длинного прутка можно производить ковку одного валика за другим. Нагревание концов прутков производится в печи (фиг. 9).

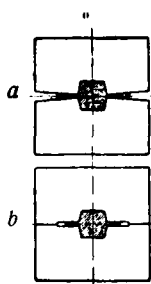
Для того чтобы поверхность формы штампа получалась достаточно плотной, модель его должна формироваться углублениями вниз. Модель должна быть больше готового изделия на величину d в o и o и o усадки, так как штамп при лит., а затем и предмет при ковке каждый раз дают свою усадку.

На фиг. 104 показан железнодорожный тяговой крюк как в предварительно прокованном виде, так и в виде, вышедшем из-под штампа. Заусенцы удаляются при помощи матрицы, начерченной справа, и затем крюк куется еще раз в том же штампе. Затем, если нужно, заусенцы обрезаются еще раз и крюк вкладывается в штамп в третий раз.

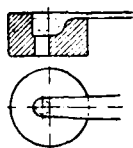
У штампа для торцевого ключа (фиг. 105) кругом идет желобок для заусенцев. Здесь верхний и нижний штампы можно действительно сблизить до соприкосновения друг с другом и изготавливаемый предмет получает точную, правильную толщину, как показано на фиг. 106 *b* в увеличенном масштабе. Штамп делается из стали, так как он предназначен для изготовления очень большого количества таких ключей.

Штамп для вилки шатуна (фиг. 107) состоит собственно из одной части; верхнюю часть образует боек бабы молота или поперечины прессы. Вилка после штамповки высверливается, как указано пунктирными линиями, и затем обрабатывается на долбежном или фрезерном станках.

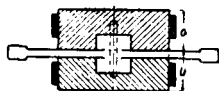
На фиг. 108 *a* и *b* начерчены штампы для средней и крайней головок рычага. Правильная длина рычага здесь должна размечаться вручную. Штампы служат лишь



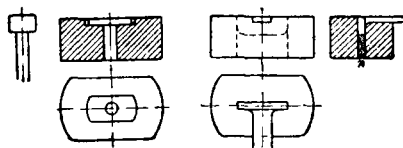
Фиг. 106 *a* и *b*.
Штамп обычной
конструкции и
штампы, даю-
щие точную тол-
щину.



Фиг. 107.
Штамп для
шатуна.



Фиг. 108 *a* и *b*.
Штамп для головки
рычага.



Фиг. 109 — 110.
Штампы ножек у стоек для перил.

для придания головкам точной формы. Целый штамп для всего рычага был бы слишком велик и неудобен.

Фиг. 109 и 110 показывают штампы для ножек у стоек для перил. Эти штампы состоят из одной части. Вставка *A* (фиг. 110) служит как для придания соответствующей формы ножке, так и для более легкого вынимания готового предмета.

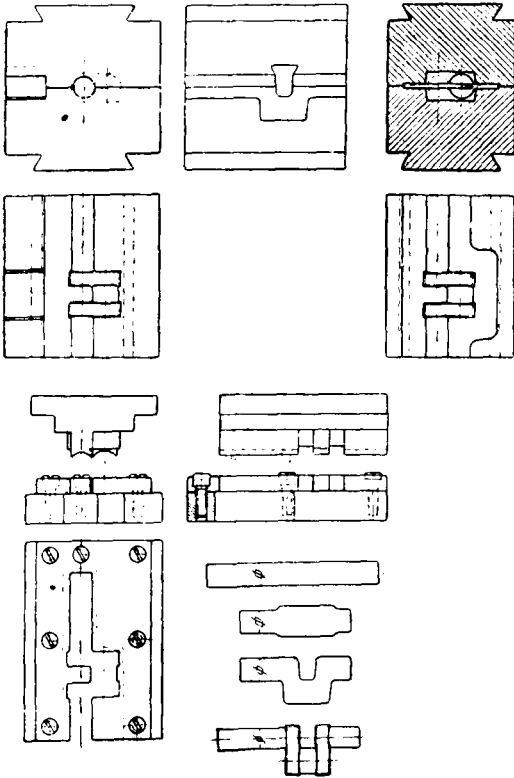
В случае коленчатого вала (фиг. 111) заготовку нужно сперва согнуть начерно в особом штампе, чтобы она могла войти в собственно предварительный штамп. В отделочном штампе выфрезерованы желобки вдоль всего периметра изделия и потому он даст точно требующуюся толщину. У пуансона для обрезки заусенцев нижняя поверхность должна соответствовать форме вала, чтобы последний при продавливании сквозь матрицу не гнулся.

Круглые предметы, например, головку на стержне (фиг. 112) можно отковать в штампах совсем без образования заусенцев, если при каждом ударе молота поворачивать предмет приблизительно на 90° . Часть *A* в штампе (фиг. 112) служит дляковки круглой головки, а часть *B* — дляковки самого прутка. В данном случае прутки может иметь произвольную длину, но, несмотря на это, штамп получается незначительных размеров. Штамп делается из стали и может быть закреплен в бабе или наковальне при помощи ласточкиного хвоста.

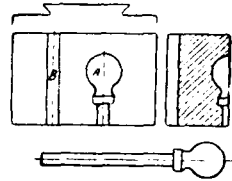
При изготовлении скоб для лазов (фиг. 113) мы встречаемся как с изгибанием материала, так и с пробиванием отверстий. Скоба сперва отковывается начерно, не загибая концов, и затем ей придается правильная форма в штампе (состоящем из одной части). На штамп накладывается плита *A*, контур которой начерчен пунктиром и которая служит в качестве шаблона для борозды *B*. Отгибание концов производится или от руки на наковальне *C*, или же при помощи штампа *D*, который прикрепляется к бабе молота или поперечине прессы. Штамп загибает одновременно оба конца.

Фиг. 114 показывает штамп для проушины тяги, а также приспособление для пробивания отверстия; этим приспособлением можно пользоваться при различных диаметрах отверстия, если кольца *A* и *B*, а также пробойник *C*, сделать сменными.

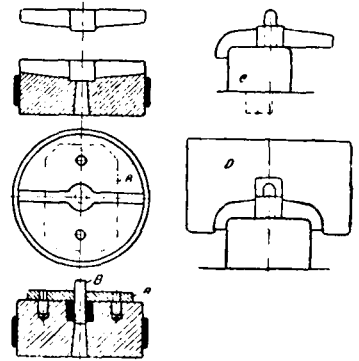
При использовании штампами, описанными выше, предварительно приходится отковывать изготавливаемые предметы вручную, хотя и в очень грубом виде. В случае пробивания дыры, при из-



Фиг. 111. Штамп для изгибания, предварительный штамп, обделочный штамп и матрица для удаления заусенцев, применяемые при изготовлении коленчатого вала.



Фиг. 112. Штамп для головки на стержне.



Фиг. 113.
Штамп для скобы лаза.

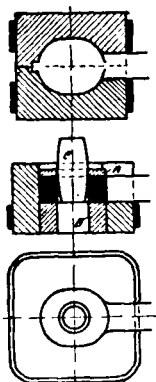
вестных обстоятельствах, можно обойтись и без предварительнойковки вручную, если материалу будет предоставлена возможность раздвигаться в стороны. Так, например, круглое утолщение на стойке для перил (фиг. 115), может быть получено штамповкой гладкой цилиндрической части стойки в матрице. Это достигается за счет того, что пробойник А вытесняет раскаленное железо в стороны и прижимает его к стенкам матрицы. При пробивании части А верхнюю и нижнюю матрицы нужно соединять друг с другом зажимами для того, чтобы железо не могло выдавливаться в зазор между ними. Для пробивания отверстия на конце стойки нужен другой штамп, так как штамп для пробивания среднего отверстия должен быть открыт для прутка с обеих сторон.

В штамп для траверсы (фиг. 116) вкладывается кусок раскаленного квадратного железа соответствующей длины без предварительнойковки вручную. Его толщина приблизительно соответствует средней толщине траверсы. Выступы А, вдавливающиеся в металл

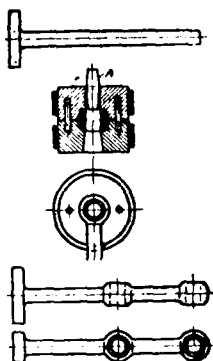
с двух сторон, вытесняют железо в стороны к стенкам формы. Чем эти выступы *A* подходят друг к другу ближе, тем труднее выдавливается металл. Поэтому между выступами, приблизительно в плоскости разреза штампа, оставляют некоторое количество материала, так чтобы между ними получился тонкий слой железа, который можно легко удалить сверловкой. Штамп этот делается из стали.

Подобным же образом работает и штамп для рычага (фиг. 117), при чем он одновременно делает и отверстие в головке. Штамповка отверстия на левом конце не окупалась бы, так как сечение *A* этой головки слишком мало отличается от сечения рычага. Вместо этого, при самой штамповке намечается центр отверстия кернером и таким образом избегается лишняя работа по разметке центров головок для сверления?

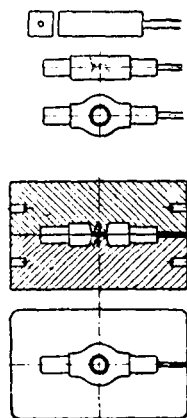
При всех вышеописанных работах, под молотами и на прессах, вручную или в штампах, форма изготавливаемого предмета, в большинстве случаев, получалась вытягиванием из



Фиг. 114.
Штамп для
проушины тя-
ги.



Фиг. 115. Штампы для
отверстий перильных
стоек, а также вид пос-
ледних в различных ста-
диях обработки.



Фиг. 116. Вид тра-
версы крюка в раз-
личных стадиях
обработки и штамп
для них.

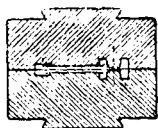
куска металла. Вытягивание имеет то преимущество, что железо хорошо проковывается и в случае мягких сортов волокна проходит вдоль предмета. Но вытягивание длится сравнительно долго и потому обходится дороже. Часто выгоднее всякого рода проушины, головки, утолщения, фланцы и т. д. высаживать на концах предмета, чтобы таким образом прутки материала имел толщину наиболее тонкой части изготавливаемого предмета. Осаживание происходит с одного удара, следовательно, оно дешево.

Наиболее удобный способ для высаживания головок болтов, ножек у стоек для перил, головок у рычагов, вилок у небольших шатунов состоит в применении соответствующих штампов (фиг. 118) на винтовых фрикционных прессах или же ковочных машинах, из которых последние описаны в следующей главе.

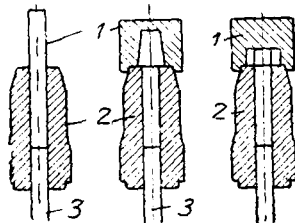
При пользовании штампами, работающими по принципу осаживания, заготовки уже наперед должны обрезаться на куски правильной длины. Чтобы материал мог осаживаться, он должен удерживаться в штампах при помощи особого упора.

Фиг. 118 показывает, например, изготовление названным способом болтов. Обе верхних матрицы закрепляются в ползуне на поперечине прессы и, по мере надобности, могут быть надвинуты на нижнюю матрицу. Упор, вставленный в нижнюю матрицу снизу, должен устанавливаться по высоте в соответствии с длиной изготавливаемого предмета. При известных обстоятельствах, он может служить также для выталкивания готовых предметов. Верхняя и нижняя матрицы входят друг в друга короткими конусами для того, чтобы головка болта высаживалась точно в центре.

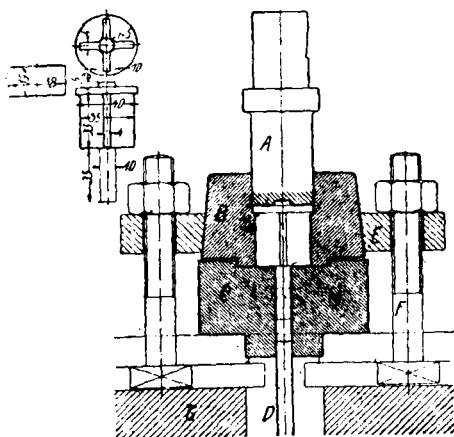
Горячая штамповка, которая с металлографической стороны освещена несколько ниже, в большинстве случаев производится также в штампах при помощи фрикционных винтовых прессов. Заготовки в большинстве случаев делаются цилиндрической формы и отрезаются от прутка на отрезных станках для того, чтобы по возможности точно выдерживать вес и избежать образования заусенцев. Предварительная ковка, даже при самых сложных формах, не обязательно необходима, так как металл, при надлежащей температуре во время штамповки, течет очень хорошо и прекрасно заполняет даже наиболее узкие и удален-



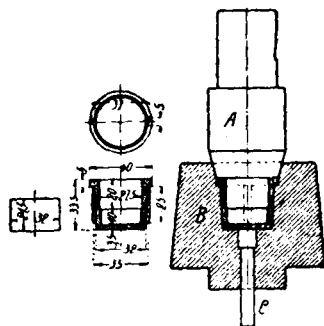
Фиг. 117.
Штамп для рычага.



Фиг. 118. Штампы для болтов и т. п. предметов.
1 — верхняя матрица,
2 — нижняя матрица,
3 — упор.



Фиг. 119. Матрицы для горячей штамповки латунного корпуса клапана.
А — пуансон, В — верхняя матрица, С — нижняя матрица, D — выталкиватель, E — зажимное кольцо, F — зажимные болты, G — стол прессы.



Фиг. 120.
Штамп для горячей штамповки латунных колпачков.
А — пуансон, В — штамп, С — выталкиватель.

ные части штампа. Фиг. 119 и 120 показывают два примера горячей штамповки, не требующие особых объяснений.

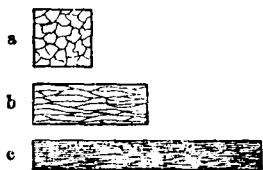
Ради полноты, здесь следует еще упомянуть о горячей фрезеровке, которая для многих частей разных машин представляет удобный и быстрый способ обработки. Обрабатываемый предмет зажимается на станке в раскаленном состоянии или, даже, лишь держится рукой. Режущим инструментом является фреза с сравнительно большим расстоянием между зубцами, при чем скорость резания должна быть велика. Эта операция несколько напоминает известный способ горячей распиловки на металлургических заводах. При помощи горячей фрезеровки удаляются толстые заусенцы, выбираются широкие пазы (как например, у вилки шатуна) и т. д. Особое преимущество горячей фрезеровки состоит в том, что при ней достигается большая скорость работы.

Горячая штамповка металлов.

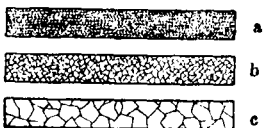
На ряду с ковкою в штампах железа и стали, большое значение, при изготовлении точных деталей, получила также и горячая штамповка цветных металлов (медь, цинк, алюминий, бронза, латунь, металл электрон). Эти металлы вследствие значительной мягкости и пластичности при-

нимают в штампах самые сложные формы. Части, изготовленные при помощи штамповки, во многих случаях совсем не нуждаются или нуждаются лишь в незначительной обработке на станках, затем они плотнее литых деталей и потому они могут быть облегчены. Отходы получаются при этом в незначительном количестве, что важно в периоды кризисов и высоких цен на металлы. Горячая штамповка применяется для изготовления арматуры, как клапаны, задвижки, глухие гайки, сопла и т. д.

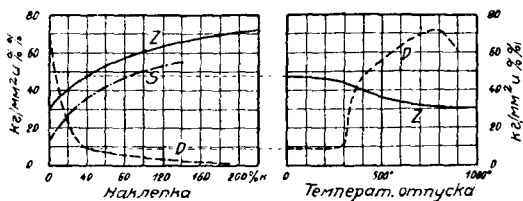
Улучшение структуры металлов, в том числе и железа, при горячей штамповке основано на следующем. Каждый кусок литого металла или металлического сплава состоит из сравнительно крупных кристаллов, которые при вытягивании металла на холоду (прокатка, штамповка, холодная ковка, обработка на давящем станке, вытяжка) переходят в более или менее вытянутые кристаллы меньшего размера, как показывает фигура 121 *a — c*. Одновременно с этим увеличиваются предел упругости и твердость, а также уменьшается относительное удлинение как это показано на фиг. 123 для одного сорта латуни. Если металл, обработанный на холоду,



Фиг. 121 *a — c*. Изменение структуры от холодной обработки («наклепка»).



Фиг. 122 *a — c*. Изменение структуры от отпуска.



Фиг. 123 и 124. Диаграммы изменения разрушающего напряжения, предела упругости и относительного удлинения латуни с содержанием 67% Cu и 33% Zn, вследствие холодной обработки («наклепки»), и изменения разрушающего напряжения, а также относительного удлинения холоднотянутой (вытяжка на 40%) латуни, вследствие отпуска. Наиболее выгодная температура отпуска около 400°, при ней относительное удлинение повышается до 45%, а разрушающее напряжение несколько уменьшается.

постепенно нагревать, то при некоторой температуре, зависящей от состава металла и степени вытяжки (увеличение длины при одновременном уменьшении сечения), получается новое изменение структуры, а именно, длинные кристаллы распадаются на небольшие отдельные кристаллы кругловатой формы (фиг. 122 *a*). При дальнейшем повышении температуры кристаллы снова растут и величина их становится такой же или еще крупнее, как и до вытяжки на холоду (фиг. 122 *b* и *c*). Предел упругости и разрушающее напряжение при этом снова уменьшаются, но уже по другим законам, отличным от тех, по которым происходило увеличение их при вытяжке на холоду (фиг. 124). В результате металл, подвергнутый холодной обработке и дальнейшему отпуску, часто показывает лучшие свойства (в отношении крепости). Регулируя степень отпуска, мы в состоянии изменять в известных границах разрушающее напряжение и относительное удлинение, в то время как в случае литых изделий мы связаны известными постоянными цифрами.

Согласно данным опыта горячая штамповка соответствует совместному действию холодной обработки и отпуска. Следовательно, путем надлежащего выбора температуры штамповки и степени деформации можно заранее наметить в известных границах, величины разрушающего напряжения и относительного удлинения. О пригодности различных металлов для горячей штамповки нужно сказать следующее.

Медь можно штамповать и катать как в холодном, так и горячем состоянии. Наиболее благоприятная температура штамповки соответствует светло-красному калению.

У ц и н к а наилучшая температура штамповки лежит между 100 и 160°. Чем температура штамповки ближе к 100°, тем больше будет относительное удлинение, а следовательно, и вязкость металла. При содержании 3% алюминия, 1,5% меди и 3% меди, разрушающее

напряжение после горячей штамповки повышается с 200 кг/см^2 до $2\ 400$, $3\ 200$ и $3\ 800 \text{ кг/см}^2$, а относительное удлинение почти от 0 до 18, 22 и 8%. Это обстоятельство сыграло большую роль в Германии во время войны при замене меди цинком.

Бронза штампуются в горячем виде лишь при содержании олова до 9%.

Латунь при содержании цинка в количестве менее 37% штампуются лишь в холодном состоянии, при содержании же 40—44% цинка также и в горячем виде.

Алюминий при содержании меди до 4% или цинка до 15% штампуются как в холодном, так и в горячем виде. Наилучшая температура для горячей штамповки составляет 400° .

Металл электрон штампуются в горячем состоянии очень хорошо.

Как уже было упомянуто в первой части, металл в прессованных прутках характеризуется значительной плотностью. Поэтому металл в прессованных прутках применяется для горячей штамповки очень охотно.

Ковочные машины.

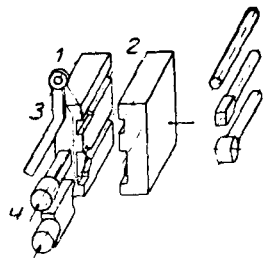
В сущности говоря, работа на ковочной машине представляет нечто иное, как ковку в штампах, которая, однако, в большинстве случаев ограничивается высаживанием.

Фиг. 125 показывает в основных чертах принцип действия ковочных машин. Передние части подвижной и неподвижной колодок образуют форму высаживаемых предметов, в то время как задние части имеют форму сечения прутков и служат для держания их. Положение прутка по длине устанавливается во время ковки при помощи упора; прутки с одного конца нагреваются в печи (фиг. 9) и вставляются между колодками до упора, затем подвижная колодка с силою прижимается к неподвижной и, таким образом, прутки защемляются. Затем упор отводится в сторону и на раскаленный металл спереди начинает давить пуансон, вследствие чего металл заполняет форму, образованную колодками. После этого изготовленная часть отрезается от прутка при помощи специальных, установленных на станке ножей, и прутки нагреваются снова. Таким образом из прутка изготавливается один предмет за другим. В большинстве случаев приходится осаживать прутки до получения формы готового предмета настолько сильно, что эта операция не может быть выполнена за один ход. Так, например, валик с ушком, представленный на фиг. 125, изготавливается не за один ход, а должен сначала проходить через промежуточную форму, а именно, форму валика с квадратным утолщением и большей длиной, чем готовый предмет. Окончательная форма предмета получается лишь во время второй операции. Обе операции в большинстве случаев могут производиться с одного нагрева. Колодки для обеих операций устраиваются таким образом, что прутки вставляются сперва в верхний штамп, а затем, после высаживания промежуточной формы, в нижний.

Конструкция ковочной машины (фиг. 126—134) состоит в следующем ¹⁾.

Шкив *A* (фиг. 127) соединяется с приводным валом не непосредственно, а при помощи втулки *E*, сидящей на валу на шпонке и соединенной с *A* предохранительной шпилькой *F* небольшого диаметра. Последняя проходит через две каленые стальные втулки и имеет такое сечение, чтобы она могла переносить лишь момент кручения, необходимый для держания и осаживания прутка. Если по недосмотру в машину будет вставлен недостаточно нагретый прутки, вследствие чего получится недопустимая чрезмерная нагрузка на машину, то шпилька *F* будет перерезана и приводной шкив *A* начнет вращаться вхолостую. Шпильку *F* очень легко заменить новой.

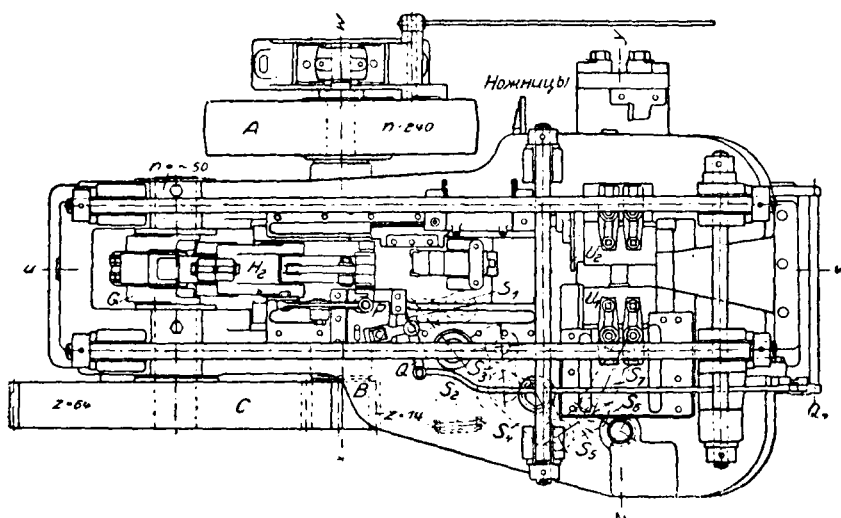
Движение ползуна *O* с пуансоном (фиг. 126 и 128) производится при помощи коленчатого вала *G*, шатуна *H*, пальца шатуна *K* и нажимного рычага *L*. Конструкция пальца



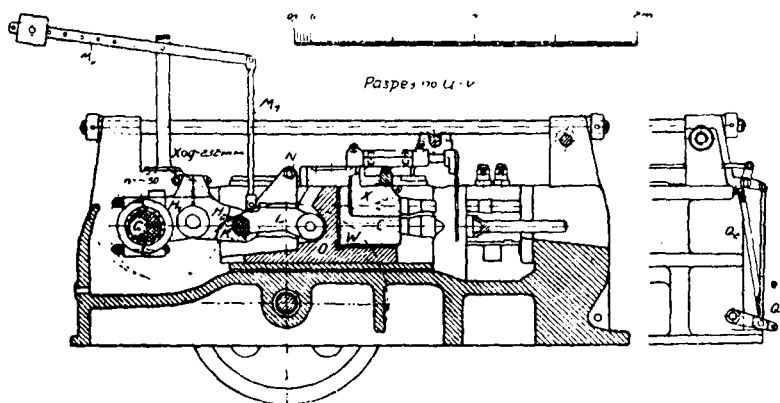
Фиг. 125. Принцип действия ковочных машин. 1 — неподвижная колодка, 2 — подвижная колодка, 3 — упор, 4 — пуансон.

¹⁾ См. «Deutscher Werkzeugmaschinenbau», 1919, Heft 21.

шатуна сделана такой, чтобы он не был подвержен изгибающим напряжениям. Все валики помещаются во вкладышах. Шатун состоит из двух частей H_1 и H_2 , которые при помощи слабых



Фиг. 126 а.



Фиг. 126 б — с. Ковочная машина «Дефриз-Аякс».

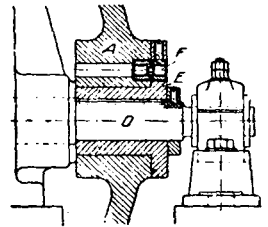
A — приводной шкив, B и C — зубчатые колеса, D — главный вал, E — ступица с закаленной стальной втулкой, сидящей на шпонке, F — предохранительный болт, G — шейка кривошипа, H_1 и H_2 — шатун, I — предохранительный болт к нему, K — палец ползуна, L — нажимной рычаг, M_1 и M_2 — противовесы для L , N — ролик, O — ползун, P — направляющая часть для выключения, Q , Q_1 и Q_2 — система рычагов для приведения в движение P , R — защелка, S_1 — 7 — система рычагов для передачи движения от O к U_1 , T — не начерчено, U_1 — подвижная колодка (патрон), U_2 — неподвижная колодка, U_3 — 5 — подкладки для U_1 , Y — зажимные болты для крепления U , W и X — держатели пуансонов, W_1 и W_2 — подкладки к ним, Y — зажимная планка для W , X — наставные держатели пуансонов, a — подвижный упор, g — неподвижная коробка (патрон), h — шарнирный (ломающийся) рычаг к ней.

предохранительных болтов J (фиг. 129) соединяются в одно целое. Если по вышеуказанной причине сопротивление, преодолеваемое машиной, будет слишком велико, то болт J рвется, и шатун принимает вид, показанный на фиг. 129 б. Размер этого болта J соответствует нормальным напряжениям машины и он представляет второе предохранительное приспособление машины.

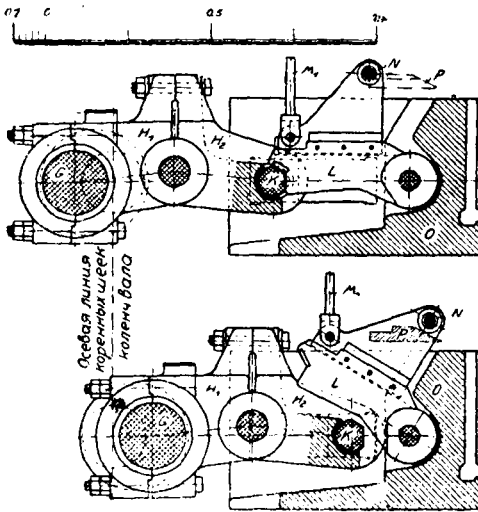
Нажимный рычаг L под действием собственного веса садится на палец шатуна K ; его можно, как будет описано выше, повернуть около правого шарнира вверх так, что шатун M и палец его K будут иметь возможность свободно двигаться под нажимным рычагом в обе стороны. Палец шатуна проходит через всю ширину ползуна O и своими концами входит в два ползуна камня, которые могут перемещаться в прорези ползуна на длину хода машины. Поэтому K всегда отводит ползун в его крайнее левое положение (фиг. 128 а). Но, если, как на фиг. 128 б, рычаг L будет откинут вверх, то ползун остановится в своем крайнем левом положении, и палец K начнет двигаться в прорези ползуна вправо.

Включение и выключение машины производится, как было уже сказано выше, при помощи нажимного рычага L . На последнем укреплен небольшой ролик N , который, если нужно, при обратном ходе ползуна влево приподнимается наклонной плоскостью направляющей части P (фиг. 128 и 130) и таким образом нажимной рычаг L поднимается в выключенное положение, начерченное на фиг. 128 б. Если направляющая часть P будет выдвинута в сторону (на чертеже к читателю, из плоскости чертежа), то нажимный рычаг не будет более иметь упора и перейдет в положение включения, начерченное на фиг. 128 а. Для облегчения движения и избежания слишком сильного толчка при опускании вниз, нажимный рычаг у более крупных машин при помощи тяги M уравновешен грузом M_2 (фиг. 126).

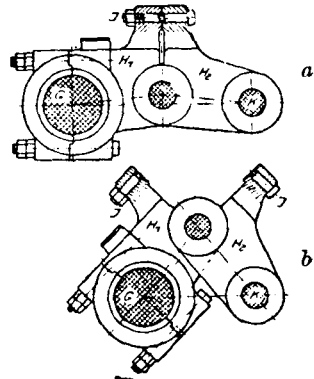
Обычно направляющая часть P под действием сильной пружины Q_2 (фиг. 126 б) выдвинута внутрь настолько, что при обратном ходе ползуна O ролик N катится по наклонной плоскости, следовательно, машина выключается. Машина остается выключенной, и шатун H движется в ползуне вхолостую взад и вперед до тех пор, пока рабочий не надавит ногой на Q



Фиг. 127.



Фиг. 128 а — б.

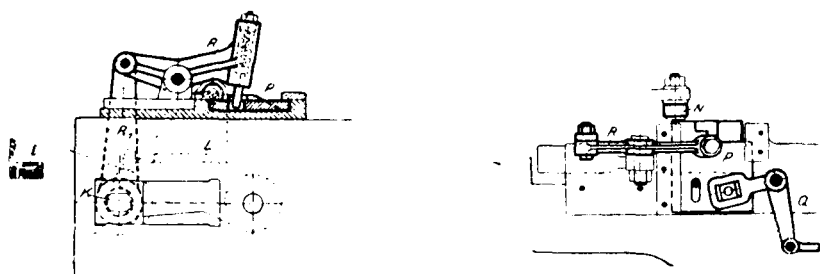


фиг. 129 а — б.

и тем самым не отодвинет деталь P , образующую упор для N . При этом нажимный рычаг L опускается вниз, ползун машины передвигается вправо и производит осаживание. Если рабочий отпустит педаль Q_1 , то машина выключится автоматически во время обратного хода влево.

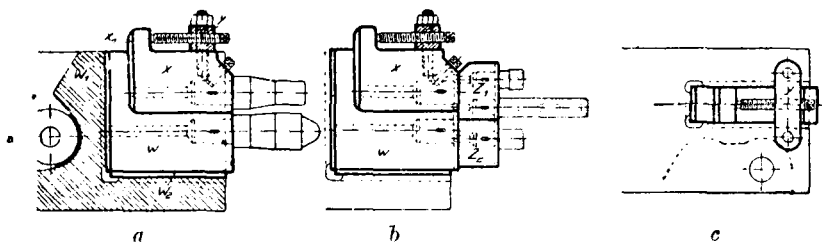
Направляющую часть P ни в коем случае не следует передвигать во время хода ползуна O вправо, так как иначе в нее упрется ролик N и одна из этих двух частей будет поломана. Поэтому направляющую часть P во всех других положениях следует запира́ть при помощи защелки (см. приспособление, начерченное на фиг. 130). Последняя освобождает (при помощи рычагов R_1 и R_2) направляющую часть лишь в том случае, если палец шатуна K будет находиться в ползуне O в крайнем правом положении.

Фиг. 131 показывает закрепление пуансона в ползуне O . В ползун сперва вставляются держатели W и X (располагаемые один над другим) и зажимаются при помощи планок и болтов. Самые пуансоны вставляются непосредственно в держатели (фиг. 131 *a*). Их правильное положение по длине и высоте может быть достигнуто при помощи подкладок W_1 и W_2 , а также X_1 и, если необходимо, при помощи подкладки между W и X . Часто применяют также особые держатели Z_1 и Z_2 (фиг. 131 *c*), особенно, когда необходимы три пуансона. В этом случае один держатель служит для зажимания двух пуансонов. Применение держателей дает экономию в инструментальной стали, так как в этом случае сами пуансоны могут быть

Фиг. 130 *a* — *b*.

короче, а держатели могут быть изготовлены из дешевой поделочной стали. Кроме того, такие держатели могут быть применены для различных комплектов пуансонов.

Механизм передачи движения от ползуна O к подвижной колодке (зажимающему патрону) U_1 виден на фиг. 126 *c*. Передача движения производится при помощи системы коленчатых рычагов S_1 — 7 . Рычаг S_2 так же, как и шатун H , составляется из двух частей, соединяемых в одно целое при помощи слабого предохранительного болта.

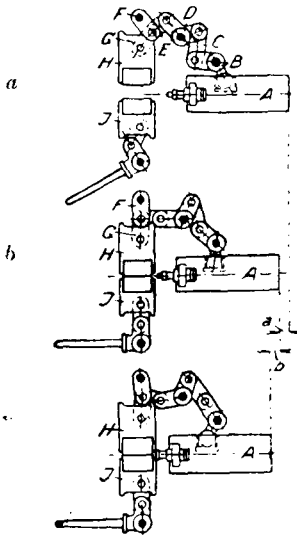
Фиг. 131 *a*, *b*, *c*.

При перегрузке машины болт рвется, после чего его легко заменить новым. Размеры рычагов сделаны такими, чтобы ползун O продвинулся на первые 58 — 48% своего хода во время смыкания неподвижной колодки с подвижной. При дальнейшем движении (42 — 52% полного хода) колодки остаются сжатыми и пуансон производит осаживание. Эти характерные положения ползуна и зажимных колодок показывает фиг. 132 *c*. Начерченная машина пригодна для обработки прутков круглого сечения с диаметром до 85 мм и квадратного 75 × 75 мм.

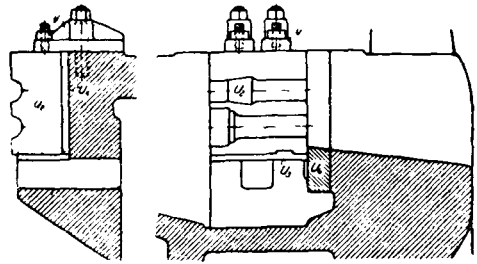
Закрепление матриц в машине можно видеть на фиг. 126 *b* и 133. Они устанавливаются при помощи подкладок U_3 — 5, имеющих надлежащую толщину, и закрепляются при помощи зажимов V .

Расстояние между матрицами в раскрытом положении по меньшей мере должно равняться наибольшему диаметру прутка, чтобы его можно было вставить между матрицами. Но в случае, если высаживаются головки очень большого диаметра, вынуть из матрицы осаженный прутки не так просто. На этот случай правую зажимную колодку делают подвижной, как это можно видеть на фиг. 134. Матрица U_2 устанавливается в патроне g , который удерживается в рабочем положении при помощи шарнирного (ломающегося) рычага h — i . Шарнирный рычаг может быть повернут при помощи рукоятки и зубчатого сегмента. Благодаря такому устройству рас-

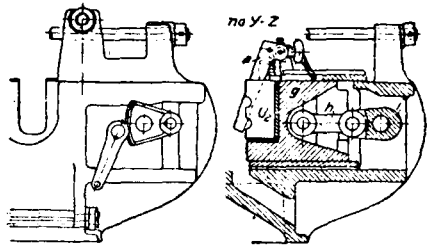
стояние между зажимными колодками, в зависимости от размера машины, может быть увеличено на 25 — 160 мм. У рассматриваемой машины это увеличение составляет 65 мм, следовательно, максимальное расстояние между зажимными колодками составляет 165 мм.



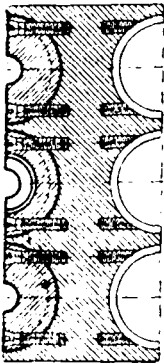
Фиг. 132 а — с.
А — ползун, В — система рычагов для передачи движения от ползуна к зажимной колодке, Н — подвижная колодка, I — неподвижная зажимная колодка.



Фиг. 133.

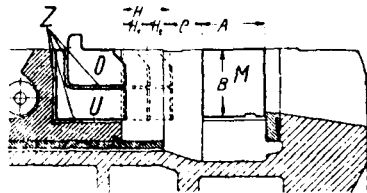


Фиг. 134.



Фиг. 135.

Матрица, используемая с двух сторон, с вставками из инструментальной стали.



Фиг. 136. Главные размеры ковочной машины «Дефриз-Аякс», модель S. M. 2.

Длина матриц	А 240 мм (норм)
Высота матриц	В 280 мм »
Ширина матриц	Д 280 мм »
Минимальное свободное расстояние между держателями пуансонов и матрицами	Н 178 мм »
Полный ход	С 110 мм
Ход до момента закрытия колодок	Н ₁ 103 мм »
Ход после закрытия колодок	Н ₂ 75 мм

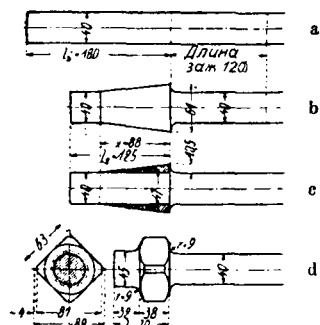
Ковочная машина допускает обработку круглого материала диаметром до 45 мм. Зажимные колодки раскрываются нормально на 65 мм, максимум до 94 мм.

Матрицы, в целях экономии инструментальной стали, могут быть двухсторонними, как показано, на фиг. 135. При этом матрицы могут быть сделаны из целого куска стали или же высланы особыми вставками из инструментальной стали, которые устанавливаются

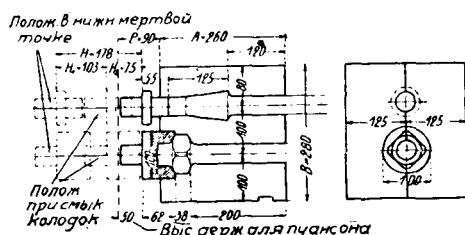
в матрице из дешевой поделочной стали. Вставки удерживаются в своем положении сильными заплечиками. На винты приходится лишь незначительная нагрузка.

Упор приводится в действие ползуном. Он остается против отверстия, образуемого матрицами, лишь пока последние раздвинуты. Прежде чем пуансон войдет в матрицу или подойдет близко к ней, упор должен быть отодвинут в сторону.

С правой стороны машины находятся ножницы для резки прутков, на них прутки обрезаются на определенную длину по окончании операции высаживания. Для получения желательной длины служит переставной упор. После обрезки готовой части, пруток для повторного высаживания снова вставляется в нагревательную печь. Таким образом изготавливаемые предметы выковываются из прутка один за одним.



Фиг. 137. Порядок операций при изготовлении квадратных головок на ковочных машинах.



Фиг. 138. Матрицы для изготовления квадратных головок на ковочных машинах.

Ковочные машины строятся девяти различных размеров для прутков с диаметром 30—170 мм и для прутков квадратного сечения от 25 × 25 до 150 × 150 мм; они расходуют от 80 до 50 л. с. Все части ковочных машин должны быть особенно прочными, так как в них получают сильные сжимающие напряжения при зажимании колодок и осаживании материала, при чем эти усилия носят ударный характер, и так как эти машины подвергаются в мастерских довольно грубому обращению.

Принцип действия, расчет и конструкцию пуансона мы покажем на трех примерах. Само собой разумеется, что тот же ход расчета, вообще, годен и для определения размеров штампа. При расчете исходят из того обстоятельства, что при различных изменениях формы объем материала остается одним и тем же, если не происходит отделения частиц металла.

Пусть на ковочной машине «Дефриз-Аякс», модель SM2, нужно изготовить предметы, начерченные на фиг. 137 d, 139 e, 141 d. Размеры машины, необходимые для расчета, даны на фиг. 136.

Пример 1. Квадратная головка (фиг. 137 и 128). Объем готовой головки должен быть равен объему высаживаемой части прутка, при чем к последнему нужно еще прибавить 10—15% на угар, заусенцы и т. д. Объемы целесообразнее всего считать в кубических сантиметрах, так как в этом случае получаются более удобные цифры. Ради простоты мы примем, что никаких закруглений нет.

Готовая головка (фиг. 137 d).

Квадратная часть $6,3 \cdot 6,3 \cdot 3 = 151 \text{ см}^3$

Круглая часть $4,5^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 3,3 = 51 \text{ „}$

Фаски $4 \times \frac{0,8 \cdot 0,4}{2} \cdot 3,8 = 2,5 \text{ „}$

Объем готовой головки $J = 199,5 \text{ см}^3$

Длина готовой головки $l_1 = 7,0 \text{ см}$

Материал (фиг. 137 a).

Объем $J_3 = 199,5 + \text{припуск } 12\% = 225 \text{ см}^3$

Длина $l_3 = 18,5 \text{ см}$

Длина осаживания. Полное осаживание прутка до получения готовой головки составляет $s = 18,0 - 7,0 = 11,0$ см. Это осаживание за один ход машина произвести не может, так как последний составляет лишь 7,5 см. Оно разбивается на две операции, с осаживанием каждый раз на

$$s_1 = s_2 = \frac{1}{2} s = 5,5 \text{ см.}$$

Промежуточная форма (фиг. 137 б). Промежуточная форма должна состоять из конической части с диаметром 6,1 и 4,0 см, из которых первый относится к тому месту, где при второй операции получится квадратная головка, и цилиндрической части с диаметром 4,0 см.

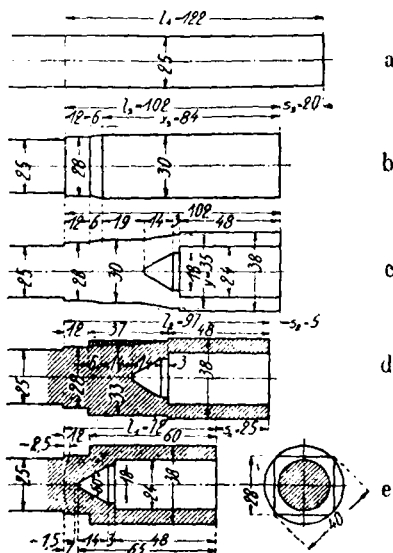
Длина предмета в промежуточной форме

$$l_2 = l_3 - s_2 = 18,0 - 5,5 = 12,5 \text{ см.}$$

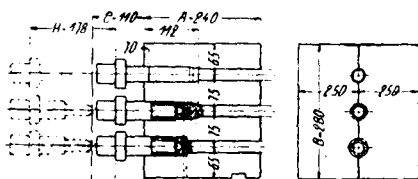
Объем

$$l_2 = l_3 = 225 \text{ см}^3.$$

Длина x конической части определяется следующим расчетом. Мы представляем себе, что объем промежуточной формы составляется из пи-



Фиг. 139. Порядок операций при изготовлении на ковочной машине торцевых ключей.



Держатель для пуансона

Фиг. 140. Матрицы для изготовления на ковочной машине торцевых ключей.

линдра диаметром 4,0 см и длиной 12,5 см и надетой на него, заштрихованной на чертеже 137 части, объем которой определяется по правилу Гульдена.

Объем = цилиндр + заштрихованная часть

$$225 = 4,0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 12,5 + 4,7 \cdot \pi \cdot \frac{x \cdot 1,05}{2} \quad x = 8,8 \text{ см.}$$

Вычисленные длины l_2 и l_3 не могут претендовать на точность, так как процент припуска (12 %) был оценен лишь с грубым приближением. Точные цифры должны быть установлены путем опытов на самой машине при установке пуансонов. Последние устанавливаются в правильном положении при помощи прокладок Z, имеющих надлежащую толщину и вставляемых сзади держателей O и U. Пуансоны же и матрицы могут быть сделаны по вычисленным размерам без всяких опасений.

Матрицы и пуансоны (фиг. 139). Зажимание прутка должно производиться на длине, превышающей диаметр по меньшей мере в 3 раза, т.е. на длине 12 см. С внутренней стороны прутки, благодаря своему сравнительно большому диаметру, могут выступать на 4 см. Отсюда минимальная длина матриц получается равной $A = 12,0 + 18,0 - 4,0 = 26$ см. Поэтому матрицу приходится делать длиннее на 2 см против ее нормальной длины 24 см, а держатели пуансона, которые вставляются в O и U, должны быть короче также на 2 см, в соответствии с сокращением размера C с нормальных 11 см до 9 см. Высоту держателей принимаем равной 5,0 см. По этим данным мы получаем длину:

$$\begin{aligned} \text{предварительного пуансона} \quad & 26,0 + 9,0 - 12,0 - 12,5 - 5,0 = 5,5 \text{ см,} \\ \text{отделочного пуансона} \quad & 26,0 + 9,0 - 20,0 - 3,8 - 5,0 = 6,2 \text{ см.} \end{aligned}$$

Пример 2. Торцевой ключ (фиг. 287 и 280). Расчет дает следующие цифры

Готовый предмет (фиг. 139 е).

Цилиндрическая часть	$3,8^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 6,0 =$	$68,0 \text{ см}^3$
Квадратная часть	$2,9 \cdot 2,8 \cdot 1,2 =$	$9,4 \text{ „ } 77,4 \text{ см}^3$
Цилиндрическая часть	$2,4^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 4,8 =$	$- 21,6 \text{ см}^3$
Цилиндрическая часть	$1,8^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,3 =$	$- 0,8 \text{ „}$
Коническая часть	$1,8^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 1,55 =$	$- 1,3 \text{ „}$
Фаски	$1,2 \times 4 =$	$- 0,1 \text{ „}$
	$4 \times \frac{1,4 \cdot 1,4}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,25 =$	$- 0,3 \text{ „ } 24,1 \text{ см}^3$
Объем готового предмета		$J_1 = 53,3 \text{ см}^3$
Длина		$l_1 = 7,2 \text{ см}$

Материал (фиг. 138 а).

Объем	$J_4 = 53,3 + \text{припуск } 12\% = 60 \text{ см}^3$
Длина	$l_4 = \frac{60,0}{2,5^2 \cdot \frac{\pi}{4}} = 12,2 \text{ см.}$

Первая промежуточная форма (фиг. 139 б). Первую промежуточную форму мы берем в виде цилиндра с таким же сечением, как и у готового предмета в его крайней части, т.-е. с сечением площадью

$$f_3 = 3,8^2 \cdot \frac{\pi}{4} - 2,4^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 6,9 \text{ см}^2,$$

следовательно, диаметром

$$d_3 = 2,96 \approx 3,0 \text{ см.}$$

Переходную часть к сечению прутка мы берем такой формы, чтобы она не мешала при последующем вкладывании прутка в матрицу и чтобы упор получался в самом штампе. По фиг. 139б объем I_3 первой промежуточной формы составляется из объемов небольшого цилиндра

$$2,8^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 1,2 = 7,4 \text{ см}^3,$$

конической части

$$\frac{\pi \cdot 0,6}{12} \cdot (2,5^2 + 2,5 \cdot 3,0 + 3,0^2) = 3,6 \text{ см}^3$$

и большого цилиндра

$$3,0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot x.$$

Мы должны иметь $I_3 = I_4 = 60 \text{ см}^3$, следовательно,

$$x = \frac{60,0 - 7,4 - 3,6}{3,0^2 \cdot \frac{\pi}{4}} = 8,4 \text{ см,}$$

длина

$$l_3 = 1,2 + 0,6 + 8,4 = 10,2 \text{ см.}$$

Поэтому путь осаживания в первой операции $s_3 = 12,2 - 10,2 = 2 \text{ см}$, что в рассматриваемой машине можно сделать с одного хода.

Вторая промежуточная форма (фиг. 139 *с* и *д*). Вид второй промежуточной формы отличается от вида готового предмета лишь переходной частью к сечению прутка. Пуансон для образования углубления в ключе, начиная с момента соприкосновения с железом, должен пройти путь $4,8 + 0,3 + 1,4 = 6,5$ см. Так как этот путь уже почти достигает величины хода машины (7,5 см), то сам предмет должен при этой операции укорачиваться лишь настолько, чтобы происходило только уплотнение железа. Берем

$$s_2 = 0,5 \text{ см.}$$

в соответствии с этим длина

$$l_2 = 10,2 - 0,5 = 9,7 \text{ см.}$$

Переходная форма определяется следующим образом. Сначала мы представляем себе, что сокращения длины на 0,5 см нет (фиг. 139 *с*). Наружные диаметры переходной формы определяются по увеличению отдельных диаметров массивной части ключа и по размерам диаметров углубления его. Часть тела ключа диаметром 5,8 см. а также коническая переходная часть, размеры которой определены выше, и цилиндрическая часть диаметром 1 см остаются без изменения до конца выдавливания углубления. Затем идет расширяющаяся до диаметра y коническая часть, при чем y определяется следующим образом:

$$3,0^2 \cdot \frac{\pi}{4} = y \cdot \frac{\pi}{4} - 1,8^2 \cdot \frac{\pi}{4},$$

$$y = 9,0 + 3,25 = 12,24; y = 3,5 \text{ см.}$$

Форму, начерченную на фиг. 139 *с*, нужно утолстить еще настолько, чтобы в ней нашлось место для лишнего железа, выдавливаемого из цилиндра диаметром 3,0 см при его осаживании на 0,5 см. Таким образом, следует оставить место для помещения объема $3,0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,5 = 3,5 \text{ см}^3$. Этот объем на фиг. 139 *д* заштрихован крест-на-крест и предназначен для усиления цилиндрической, а также примыкающих к нему слева и справа конических частей. По чертежу имеем $z^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 3,4 = \text{малый конус} + \text{цилиндр} + \text{большой конус} + \text{заштрихованная часть}$

$$z^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 3,4 = 3,6 + 3,0 \cdot \frac{2\pi}{4} \cdot 1,4 + \frac{\pi \cdot 1,4}{12} (3,0^2 + 3,0 \cdot 3,5 + 3,5^2) + 3,5 =$$

$$= 3,6 + 9,9 + 11,6 + 3,5 = 28,6$$

$$z^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 8,4; z = 3,3 \text{ см.}$$

Вместо того чтобы оставлять переходные части с диаметрами 3,3 и 3,5, можно брать также криволинейные очертания. Подсчитанные диаметры y и z являются в этом случае лишь примерными.

При последней операции длина осаживания получается равной

$$s_1 = 9,7 - 7 - 7,2 = 2,5 \text{ см.}$$

такое осаживание машина может выполнить за один ход.

Пуансоны и матрицы (фиг. 140). Зажимание прутка должно производиться на длине минимум $3 \times 2,5 = 7,5$ см, с другой стороны, прутки должны выступать из матриц на 1 см. Таким образом, минимальная длина матрицы получается равной $A = 12,2 + 7,5 - 1,0 = 18,7$ см и, следовательно, нормальная длина матрицы 24 см более чем достаточна. Длина формы в матрице, считая от заднего (левого) конца, для первой операции получается равной $l_4 - 1,0 = 11,2$ см. Вторая операция, ради простоты, делается в штампе такой же глубины (длина формы в матрицах). Третью операцию, чтобы сохранять длину пуансона, следует производить в штампе, глубина (длина формы) которая должна быть меньше на длину последнего осаживания, т.е. на 2,5 см, следовательно, глубина должна быть равна

$$11,2 - 2,5 = 8,7 \text{ см.}$$

При высоте держателя 5,07 см длины пуансонов получаются равными: для первой операции

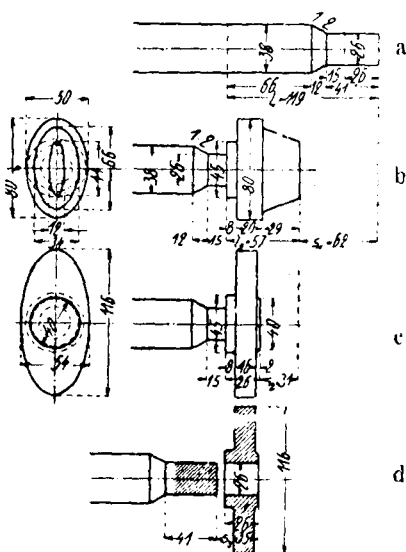
$$L_1 = 11,0 + 11,2 - 5,0 - 10,2 = 7,0 \text{ см},$$

для второй и третьей

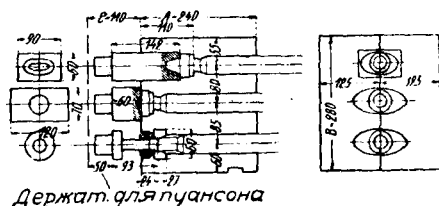
$$L_2 = L_3 = 11,0 + 8,7 - 5,0 - 0,7 = 14,0 \text{ см}.$$

Здесь также точные длины промежуточных форм могут быть найдены путем лишь опыта при установке машины. Матрицы же и пуансоны могут быть сделаны по вычисленным размерам.

Пример 3. Эллиптический фланец (фиг. 141 и 142).



Фиг. 141. Порядок операций при изготовлении на ковочной машине эллиптических фланцев.



Фиг. 142. Матрицы для изготовления на ковочной машине эллиптических фланцев и штампы для них.

Готовый фланец (фиг. 141 с). Расчет мы производим [лишь] для фланца без отверстий.

$$\text{Эллиптическая часть} \dots \dots \dots 11,6 \cdot 5,4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 1,6 = 7,9 \text{ см}^3$$

$$\text{Заплектики} \dots \dots \dots 4,5^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,8 = 12,7 \text{ ,}$$

$$\text{Часть, служащая для уплотнения} \dots \dots 4,0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,2 = 2,5 \text{ ,}$$

$$\text{Объем фланца} \dots \dots \dots = 94,2 \text{ см}^3$$

$$\text{Толщина фланца} \dots \dots \dots = 2,6 \text{ см}.$$

Материал (фиг. 141 а). Объем $I_3 = 94,2 + \text{припуск } 12\% = 106 \text{ см}^3$. Если диаметр прутка взять равным диаметру отверстия во фланце, т.е. 2,6 см, то длина прутка получилась бы равной

$$l^3 = \frac{106}{2,6^2 \cdot \frac{\pi}{4}} = 20,0 \text{ см.}$$

При ходе машины на 7,5 см нам пришлось бы разбить работу на три операции. Но в матрице с высотой 28 см поместить 3 пуансона для осаживания и 1 для пробивания отверстия нельзя. Поэтому следует попытаться выполнить работу в две операции, что, повидимому, можно сделать путем выбора прутка большого диаметра и обжимания последнего до диаметра 2,6 см. Мы принимаем сперва, что обжим должен производиться на длине 1—2 см сзади фланца и что мы должны иметь переходную часть к сечению прутка в виде конуса с уклоном 1:2. Диаметр прутка мы принимаем наудачу равной 83, см. Если бы при этом получились непригодные результаты, то следовало бы попытаться взять более выгодный диаметр прутка.

Длина x толстой части определяется следующим образом:

$$3,8^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot x + \frac{\pi \cdot 1,2}{12} (3,8^2 + 3,8 \cdot 2,6 + 2,6^2) + 2,6^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 4,1 = 106$$

$$11,4 \times 9,8 + 8 + 21,7 = 106$$

$$x = \frac{74,5}{11,4} = 6,6 \text{ см.}$$

Длина $l_3 = 6,6 + 1,2 + 4,1 = 11,9 \text{ см.}$

Длина осаживания. Полное осаживание прутка до получения фланца (без пробивки отверстия) получается равным $s = l_3 - l_1 = 9,3 \text{ см.}$ Эта величина может быть получена за две операции; мы ее разлагаем на:

$s_2 = 6,2 \text{ см}$ для осаживания прутка в промежуточную форму,

$s_1 = 3,1 \text{ см}$ для осаживания промежуточной формы во фланец.

Длина осаживания для первой операции взята сравнительно большей для того, чтобы заранее произвести возможно большее количество работы, так как при второй операции получается слишком значительное высаживание материала в ширину.

Промежуточная форма (фиг. 141 б). Длина

$$e_2 = l_3 - \frac{s}{2} = 11,9 - 6,2 = 5,7 \text{ см.}$$

Промежуточную форму мы берем по фиг. 141 б. Она состоит из следующих частей

$$\text{цилиндра } 4,5^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,8 = 12,7 \text{ см}^3,$$

$$\text{эллиптической части } \frac{5,0}{2} \cdot \frac{8,0}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 2,0 = 62,8 \text{ см}^3,$$

конической части с эллиптическими основаниями, высота которой равна $5,7 - 0,8 - 2,0 = 2,9 \text{ см.}$ Объем этой конической части получается равным $106 - 12,7 - 62,8 = 30,5 \text{ см}^3.$

Площадь среднего сечения этого усеченного конуса должна быть равна

$$\frac{30,5}{2,9} = 10,5 \text{ см}^2.$$

Для нее берем соответствующие средние полу диаметры 1,2 и 2,8 см. Делаем проверку и получаем сечение $1,2 \cdot 2,8 \cdot \pi = 10,5 \text{ см}^2$, что нам и требуется.

Диаметры концевых сечений должны быть взяты такими, чтобы они отличались от средних диаметров на одинаковые величины, а именно, берем:

полу диаметры нижнего основания 1,7 и 3,3 см,

полу диаметры верхнего основания 0,6 и 2,2 см.

Верхнее основание должно быть эллипсом, а нижнее — фигурой, эквидистантной к нему¹⁾. В этом случае обработка может производиться при помощи конической концевой фрезы.

Принимая, что нижнее основание можно считать за эллипс, для проверки вычисляем объем рассматриваемой фигуры.

$$I = \frac{\pi \cdot 2,9}{6} (2 \cdot 1,7 \cdot 3,3 + 2 \cdot 0,6 \cdot 2,2 + 1,7 \cdot 2,2 + 0,6 \cdot 3,3) = 29,8 \text{ см}^3,$$

т.е. получается результат, достаточно точно совпадающий с требуемым значением $30,5 \text{ см}^3.$

Матрицы и пуансоны (фиг. 142). Пруток должен зажиматься матрицами, по крайней мере, на длине 3 диаметров, т.е. на длине $3 \cdot 3,8 = 11,4 \text{ см.}$ и выступать на другой стороне на 1,0 см. Для этого минимальная длина матриц должна составлять $A = 11,4 + 11,9 - 1,0 = 22,3 \text{ см.}$ т.е. не выходить из пределов нормальной длины $A = 24 \text{ см.}$

¹⁾ Т.е. расстояние любой точки этой фигуры от эллипса всюду одно и то же.

В штампах большая ось эллипса должна быть расположена горизонтально, чтобы пуансоны можно было разместить в пределах нормальной высоты $B = 28$ см. Для вкладывания промежуточной формы максимальное раскрытие зажимных колодок 9,4 см в этом случае еще достаточно. Прутки с высаженным фланцем при пробивке дыры должны, конечно, вставляться в штамп сзади (слева), что представляет известное неудобство, которое, однако, устранить нельзя. Фланец в совсем готовом виде, с пробитым отверстием, выпадает вниз через отверстие в машине.

Расстояние между центрами матриц следует взять таким, чтобы промежутки между краями матриц были одинаковыми.

Глубина первого штампа, при выступании прутка из матриц на 1,0 см, получается равной $l_3 - 1,0 = 10,9 \cong 11$ см.

Длины пуансонов

$$l_1 = 11,0 + 11,0 - 5,0 - 0,8 - 2,0 = 14,2 \text{ см},$$

$$l_2 = 11,0 - 5,0 = 6,0 \text{ см},$$

$$l_3 = 11,0 - 0,2 + 3,5 - 5,0 = 9,3 \text{ см}.$$

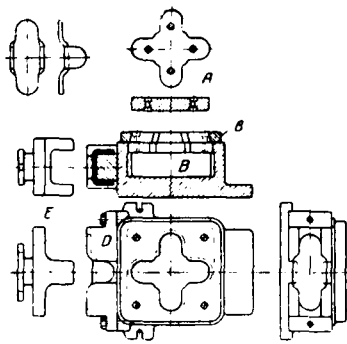
Здесь, так же, как и в предыдущих примерах, при установке машины можно ожидать небольших отклонений от вычисленных длин промежуточных форм предмета.

Обработка листового материала.

Листы, материал которых обладает пластичностью, можно обрабатывать:

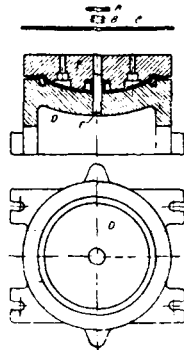
1) путем простого изгибания в тела, поверхность которых может быть развернута в плоскость, как цилиндр, конус, угол, волнистая поверхность;

2) путем штамповки, отгибания фланцев, бортов, вытяжки и обкатки в тела, которые не могут быть развернуты в плоскость, как, например, тела, имеющие форму сосудов, шары,



Фиг. 143. Штамп для банмака экипажной рессоры.

A — пуансон для вырезки, B — основание штампа, C — матрица, D — штамп для изгибания, E — пуансон для выгибания.



Фиг. 144. Штамповка железной крышки.

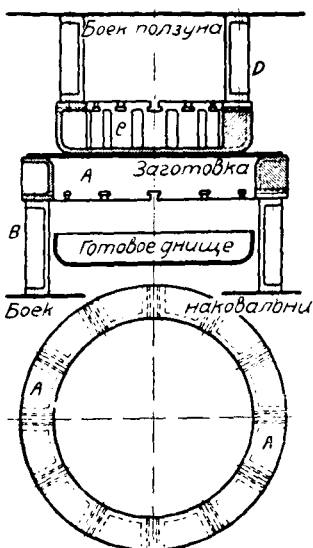
A, B, C — части крышки, U — нижний штамп, E — центрирующий штифт, F — верхний штамп.

фланцы, отштампованные из самых труб и т. д. При этих операциях к изгибу добавляется еще осаживание или вытяжка в направлении, перпендикулярном к углу загиба.

Операции, перечисленные в п. п. 1 и 2, в зависимости от размеров толщины и свойств материала, могут быть выполнены как в холодном, так и в горячем состоянии. Весьма многие из этих операций могут быть выполнены также и от руки, при помощи инструментов, представленных на фиг. 13. При изготовлении крупных предметов и при массовом производстве рекомендуется, однако, применение специальных станков и инструментов.

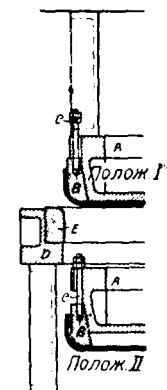
Специальные станки, изгибающие листы и цилиндры и конусы, т.-е. в развертывающиеся поверхности, большей уже частью описаны в другом томе¹⁾. Все остальные операции по обработке листов, представляющие интерес и важность для машиностроения, производятся на прессах, о которых уже говорилось отчасти раньше. Инструментами, зажимаемыми в этих станках, являются штампы, которым придается такая форма, чтобы лист при сближении штампов принял желаемый готовый вид.

Обработка листа производится либо сразу во всех местах его, часто придавая ему несколько различных промежуточных форм, либо постепенно, когда листу сообщают желательную форму по частям. Различные способы работы лучше всего могут быть поняты на примерах, которые мы и даем ниже.



Фиг. 145. Штамповка днища для котла. А — вытяжное кольцо, В — ножки к нему, С — пуансон, D — ножки к нему.

Штамповка башмака для экипажной рессоры (фиг. 143) представляет пример изменения формы листа при помощи чистого изгиба. Начерченный штамп зажимается в прессе с вертикальными и горизонтальными ползунами (фиг. 72). Пуансон А, служащий для вырезки, закрепляется на вертикальном ползуне при помощи трех болтов с утопленными головками, отливка В с матрицей С закрепляется на столе, штамп же Е зажимается на горизонтальном ползуне прессы. При ходе А вниз из цельной полосы листа, положенного в нагретом виде на С, вырезается заготовка крестообразного вида, которая вынимается из-под матрицы через одно из боковых отверстий В при помощи клещей. Затем полученная заготовка вставляется в нижний штамп D, поставленный сбоку, и при помощи верхнего штампа Е, закрепленного в горизонтальном ползуне прессы, она изгибается в форму, указанную на чертеже слева вниз.



Фиг. 146. Штамп для днища с предохранителем от застревания. А — пуансон, В — разрезное кольцо, С — подвесные болты, D — седло для вытяжного кольца (матрицы) Е.

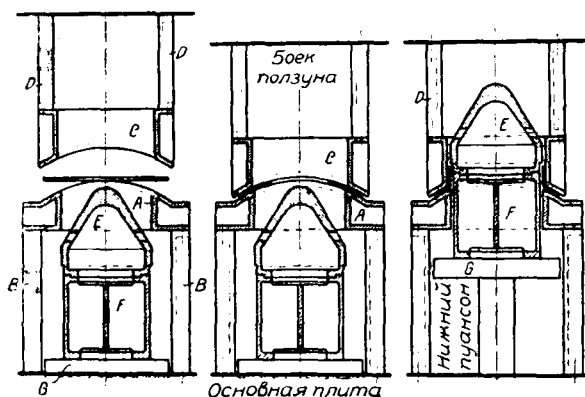
При штамповке железной крышки (фиг. 144) на ряду с чистым изгибом получается также осаживание и вытягивание металла. Фланец А, горловина В и круглый продырявленный лист С нагреваются до сварочного жара, кладутся на нижний штамп D и центрируются при помощи оправки Е. При ходе верхнего штампа F, закрепленного при помощи утопленных болтов, горловина и фланец свариваются и одновременно лист штампуются в желаемую форму.

На фиг. 145 начерчен штамп для котельных днищ. Круглый или иной формы лист, вырезанный в соответствии с очертаниями днища, кладется на кольцо, которое зажимается на столе большого гидравлического прессы, лучше всего специального прессы для отгибания фланцев и бортов. При ходе пуансона С, который предварительно обильно смазывается маслом, вниз, лист протягивается через кольцо А. Из 12 опор В, поддерживающих вытяжное кольцо А, пять опор с одной стороны приходится каждый раз удалять, чтобы можно было вынуть из станка готовый лист. Опоры, при помощи которых держится на ползуне пуансон С, остаются всегда привинченными к последнему. Снятие готового днища с пуансона С производится при ходе поршня вверх при помощи прутьев (которые ставятся под кольцо А), если только днище не спадает раньше само. Во всяком случае медлить со снятием готового листа с пуансона не следует, так как иначе лист при охлаждении плотно обожмет пуансон.

¹⁾ См. 3-ю часть.

При конструкции пуансона по фиг. 146, защемленные штампуемой детали можно избежать. Болты *С* имеют по высоте большой мертвый ход. После прохода пуансона сквозь вытяжное кольцо, кольцо *В* падает на величину этого хода и одновременно сжимается настолько, что отштампованный лист легко может упасть с пуансона, даже если бы он уже сократился в своих размерах вследствие охлаждения. Кольцо *В*, а также и кольцо *Е*, может быть смещено на другое кольцо иного диаметра. Благодаря такой конструкции стоимость изготовления комплекта штампов для различных диаметров получается несколько дешевле.

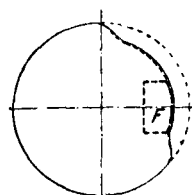
Фиг. 147 показывает штамповку котельного днища с горловиной на специальном прессе для отгибания бортов по фиг. 70. Кольцо *А* закрепляется на столе пресса, вытяжное кольцо *С* на ползуне, а пуансон *Е* лежит свободно на подставке *Г*, которая, в свою очередь, ставится на поршень гидравлического цилиндра *Г*, приводимый в действие снизу.



Фиг. 147. Штамповка фланца для парового колпака. *А* — нижняя матрица, *В* — ножки к ней, *С* — верхняя матрица, *Д* — ножки к ней, *Е* — вытяжной пуансон, *Г* — основание пуансона, *Г* — нижний поршень пресса.



Фиг. 148. Штамп для постепенного отгибания борта у днища котла.



Фиг. 149. Штамп для постепенного отгибания борта у днища котла.

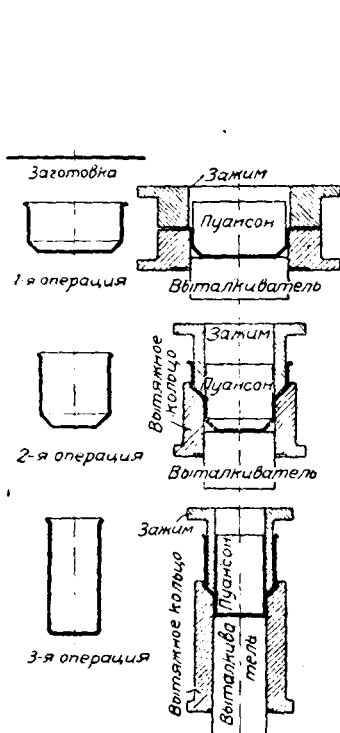
Обработка состоит из трех операций, показанных на фиг. 147. Сперва лист продыравливается в горячем виде в неначерченном штампе и затем кладется на *А*, как показано на фиг. 147а. После этого опускают *С* и придают листу шаровую форму по фиг. 147 б. Наконец, поднимается пуансон *Е* и образует в днище горловину по фиг. 147 в. При этом нет необходимости протягивать пуансон обратно сквозь горловину, вместо этого его поддерживают на некоторой высоте при помощи вставляемого прута до тех пор, пока днище не будет удалено из штампа.

Не все заводы в состоянии приобрести пресс достаточно крупных размеров, чтобы на нем можно было изготавливать вышеописанным образом очень большие днища. Кроме того, описанные штампы настолько дороги, что их изготовление окупается лишь в массовом производстве. В этом случае можно отгибать борты у листа частями при помощи пресса, изображенного на фиг. 72, как это схематически показано на фигурах 148 и 149. Работа на прессе (фиг. 72) производится следующим образом: ползун *А* удерживает заготовку на подставке *Г*, диаметр которой составляет лишь часть диаметра заготовки, в то время, как оправка *Г*, закрепленная на ползуне *В*, отгибает вниз часть материала на окружности. Отогнутая часть, однако, прилегает к *Г* неплотно; поэтому после хода *Г* вверх на отогнутую часть давит оправка, закрепленная на горизонтальном ползуне *С*, и выравнивает все образующиеся складки.

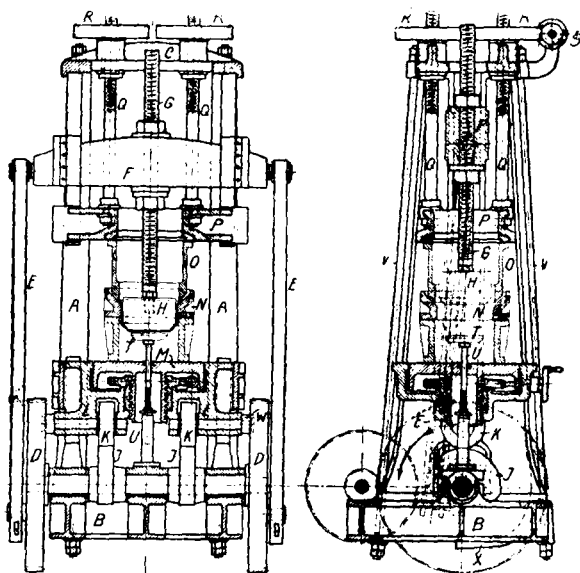
Хотя описанный способ штамповки требует применения дешевых приспособлений, зато он имеет несколько тяжелых недостатков. Именно, в месте перехода *ab* (фиг. 148) от изогнутой к неизогнутой части листа материал подвергается вытягиванию, при последующей же штамповке этой части материал листа подвергается весьма значительному осаживанию. Эта вытяжка и последующее осаживание очень невыгодно отзываются на материале листа; их выдерживают лишь

самые лучшие сорта железа. Далее, хотя движения ползунов *B* и *C* следуют друг за другом довольно быстро, все же листы в местах, отогнутых позже, успевают довольно значительно охладиться и при известных обстоятельствах работу приходится прерывать, чтобы нагреть лист снова.

Если у штампуемых из листового материала тел, имеющих форму полого сосуда, высота сравнительно велика или толщина листа сравнительно незначительна, то описанный способ штамповки нуждается в изменении. При небольшой высоте и при довольно значительной толщине листа бояться образования складок во время протягивания через вытяжное кольцо не



Фиг. 150. Вытяжка полых тел.



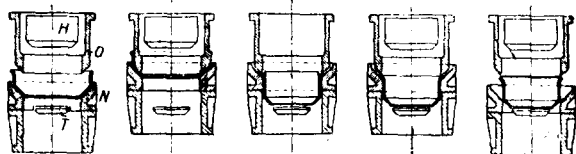
Фиг. 151. Кривошипный пресс.

A — две боковых стойки, *B* — основная плита, *C* — верхняя поперечина, *D* — приводные зубчатые колеса, *E* — два шатуна, *F* — ползун, *G* — винтовой шпindel для установки вытяжного пунсона *H*, *I* — два кулака, *K* — два ролика, *L* — стол для вытяжного кольца, *M* — переставной стол, *N* — вытяжное кольцо, *O* — зажим, *P* — переставная поперечина для *O*, *Q* — четыре установительных винта для *P*, *R* — червячные колеса с нарезкой в отверстиях, *S* — червяк для перестановки *P*, *T* — выталкиватель, *U* — установочный винт выталкивателя.

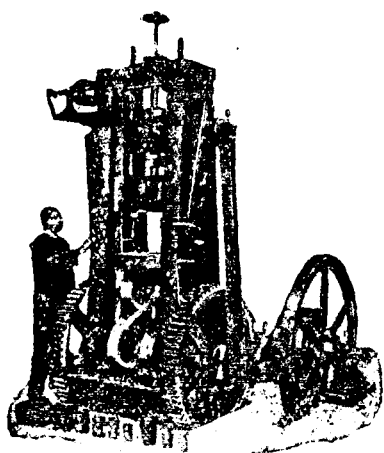
приходится, так как материал листа осаживается лишь в незначительной степени и в силу своей толщины обладает достаточной жесткостью. При вытяжке полых тел, т.е. при изготовлении цилиндрических сосудов большой высоты, материал листа осаживается в значительно большей степени и потому является необходимость в особом держателе, который предотвращает образование складок. Этот держатель ставится настолько близко к матрице (фиг. 150), чтобы между ними оставался лишь зазор для листа. В этом случае материал листа проходит между матрицей и держателем без образования складок, так как он не может подаваться ни в какую сторону. Конечно, в большинстве случаев также и весь предмет до получения окончательной формы должен проходить через несколько промежуточных.

Процесс вытяжки полых тел ясно виден на примере, представленном на фиг. 150. Круглый лист, толщина и вес которого такие же, как и у готового предмета, накладывается на вытяжное кольцо так, чтобы центры точно совпадали, прижимается держателем и через вытяжное кольцо протягивается пунсон. Таким образом получается первая промежуточная форма, и операция называется первой вытяжкой. Переход от дна к боковой стенке делается

в виде конической поверхности, к которой прижимается держатель при второй операции. Выталкиватель выбрасывает предмет через вытяжное кольцо обратно вверх. В рассматриваемом примере вытяжка повторяется во второй и в третий раз, при чем диаметр предмета становится все меньше, но зато делается больше его высота. Держатель и вытяжное кольцо для второй и третьей вытяжки вытачиваются на конус, что делается для перехода от меньшего к большему диаметру. Пуансон, производящий последнюю (в данном случае третью) вытяжку, имеет форму готового полого тела. Конической заточки, которая играла бы роль переходной формы, здесь не нужно, так как вытяжка дальше уже не производится.

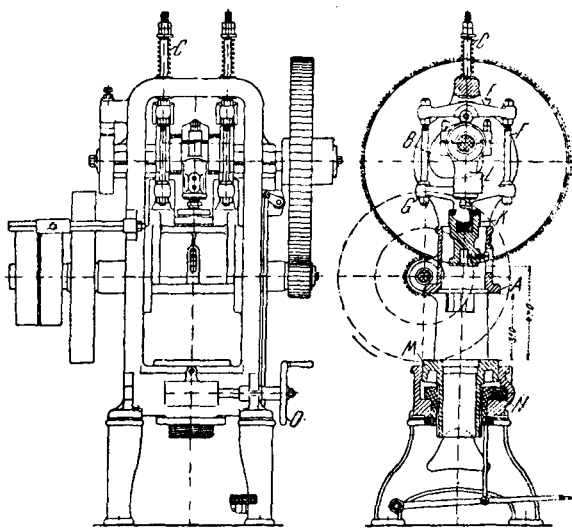


Фиг. 153. Принцип действия прессы, изображенного на фиг. 151.



Фиг. 152. Кривошипный вытяжной пресс.

Наибольший диаметр заготовки 860 мм, наибольший диаметр пуансона 700 мм, наибольшая глубина вытяжки 320 мм, число оборотов — 6,5 в минуту.



Фиг. 154. Эксцентриковый вытяжной пресс с двумя пуансонами (максимальный диаметр пуансонов 170 мм).

A — держатели зажима, *B* — два кулака, управляющие движением *A*, *C* — две пружины, *E—F—G* — рама для *A*, *K* — вытяжные пуансоны, *L* — стол. Ход вытяжного пуансона — 170 мм, ход держателя зажима — 110 мм, ход стола — 40 мм.

Вытяжка полых тел производится на так называемых вытяжных прессах, которые строятся с различными приводами (кривошип, эксцентрик, винтовой шпиндель, коленчатый рычаг и гидравлический привод). Фиг. 151 и 152 показывают кривошипный пресс, он служит для вытяжки листов толщиной приблизительно до 2 мм. Через ползун *P* проходит винтовой шпиндель *G* значительного диаметра, на котором закрепляется вытяжной пуансон *H*. На главном валу сидят два кулака *J*, которые при помощи роликов *K* поднимают и опускают стол *L*. К столу *L* приделаны небольшие ролики *W*, которые вместе с направляющими *X* на колесах *D* служат для того, чтобы обеспечить ход стола *L* снова вниз, даже если бы в штампе для вытяжки произошло заедание отштампованного предмета. Плиту *M*, вставленную в стол *L*, можно переставлять по высоте при помощи рукоятки, что значительно облегчает установку штампов. Благодаря соприкосновению *O* и *P* по шаровой поверхности, держатель *O* следует за малейшими неровностями листа или неравномерностями в его толщине. Он при помощи четырех болтов устанавливается таким образом, чтобы, при поднятом столе *L*, зазор между ними вытяжным кольцом *N* как раз был равен толщине листа. Эта установка держателя по высоте очень трудна и требует много времени. Если держатель установлен слишком

свободно, то легко образуются складки, если же он поставлен слишком туго, то материал может рваться. Перестановка держателя может производиться при помощи ременного привода, ясно видимого на фиг. 152, и, кроме того, при помощи маховичка посредством червяка *S* и зубчатых колес *R*. Многие конструкции прессов имеют пружинящие держатели, которые устанавливаются легче. Выталкиватель *T* устанавливается неподвижно при помощи винта *U*. Выключение и включение станка производится при помощи фракционной муфты, видимой на фиг. 152.

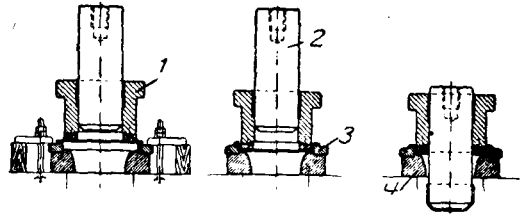
Принцип действия станка можно ясно видеть на фиг. 153.

1. Пуансон стоит сверху, вытяжное кольцо внизу. Вкладывается заготовка.

2. Вытяжное кольцо поднимается вверх.

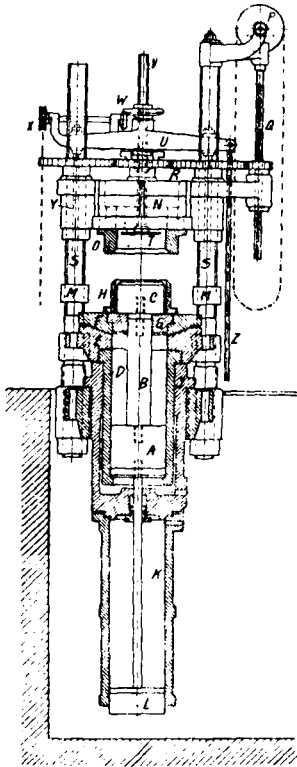
3. Пуансон идет вниз и производится вытяжка листа.

4. Вытяжной пуансон идет снова вверх. Отштампованный предмет своими верхними краями, непрощедшими через вытяжное кольцо, упирается в держатель и снимается с пуансона.



Фиг. 155. Комбинированный штамп для вырезки и вытяжки.

1 — пуансон для вырезки, 2 — пуансон для вытяжки, 3 — кольцо для вырезки, 4 — вытяжное кольцо.



Фиг. 156. Гидравлический вытяжной пресс (распределительный механизм не показан).

A — поршень, *B* — поршневой шток, *C* — пуансон для вытяжки, *D* — пуансон кольцевого сечения для зажима, *F* — стол нижней поперечины, *E* — вкладная плита, *H* — зажим, *I* — цилиндр для *A* и *D*, *K* — цилиндр обратного хода, *L* — поршень обратного хода *M* — стопорные гайки для упора *E*, *N* — верхняя переставная поперечина, *P* — *Q* — *R* — механизм для перестановки *N*, *S* — четыре колонны с нарезкой, *T* — выталкиватель, *V* — винтовой шпindel, *W* — *X* — механизм для установки *T*, *V* — две тяги управления для автоматического перекрытия напорного трубопровода.

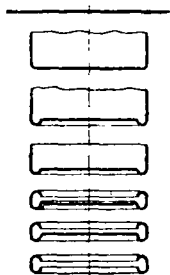
5. Вытяжное кольцо идет вниз. Готовый предмет остается на выталкивателе, так что его можно вынуть из станка.

Небольшой вытяжной пресс показан на фиг. 154. Стол *M*, служащий для зажима вытяжного кольца, здесь стоит неподвижно и снабжен приспособлением для автоматической подачи материала. На таком прессе можно применить штампы (фиг. 155), производящие одновременно вырезку из полосы и вытяжку¹⁾. На части *A*, имеющей форму ящика и движущейся

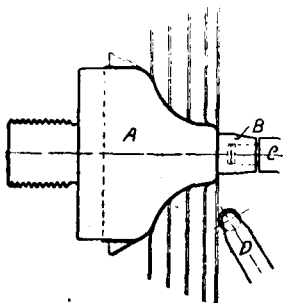
¹⁾ См. 3-ю часть.

вверх и вниз при помощи частей *B*, *E*, *F* и *G*, закрепляется держатель и пуансон для вырезки (фиг. 155). Пружина *C* всегда заставляет прилегать раму *E*, *F*, *G* к *B*, так что при изменении направления движения не получается ударов из-за мертвого хода. Через *A* проходит собственно вытяжной пуансон *K*, который приводится в движение при помощи коленчатого вала и шатуна *L*.

Все вытяжные прессы подобного типа обладают тем недостатком, что держатель, если он не имеет пружин, должен быть установлен точно по толщине листа. Если случайно в штамп



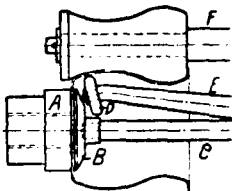
Фиг. 157.
Изготовление
из листовой ла-
туни смазоч-
ного кольца для
подшипника.



Фиг. 158. Изготовление
из листового металла по-
лых тел на давальном
станке.

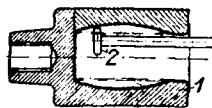
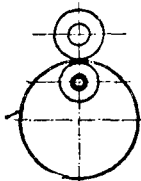
A—оправка, *B*—зажим,
C—центр задней бабки.

попадет более тонкий лист, то, даже при пружинящем держателе, легко могут образоваться складки. Большие толстые листы на кривошипных прессах не обрабатываются, так как такие прессы при надлежащей мощности имели бы слишком большие размеры, и потому были бы довольно дороги. У гидравлических вытяжных прессов этих недостатков нет.



Фиг. 159. Изготовление на давальном
станке выпуклых тел из предвари-
тельно вытянутой гильзы.

A, *B* — зажимы, *C* — центр задней
бабки, *D* — нажимной ролик, *E* —
держатель к нему, *F* — фасонный ро-
лик.



Фиг. 160. Изготовле-
ние на давальном
станке полых тел
при помощи полый
оправки.

1 — полая оправка,
2 — нажимной ролик.

Вытяжной гидравлический пресс (фиг. 156), кроме ползуна *A*, служащего для вытяжки, имеет еще пуансон *D* кольцеобразного сечения, служащий для закрепления держателя *H*. В остальном он подобен ранее описанным кузнечным прессам и, в зависимости от типа имеющейся установки, может проводиться в движение чисто гидравлическим путем или же при помощи парового мультипликатора. Вытяжные гидравлические прессы имеют сравнительно большой ход, и давление, с которым они производят вытяжку, довольно незначительно.

При помощи вытяжки изготовляют разного рода сосуды, трубы, ружейные патроны, гильзы орудийных снарядов, ламповые части и многие другие предметы. Пример, представляющий известный интерес для машиностроения, так как в нем, кроме вытяжки, встречаются и

другие операции, как образование бортиков, выдавливание, пробивание дыры и прокатка, представлен на фиг. 157, дающей различные промежуточные формы предмета.

Путем вытяжки можно изготовить также полые тела, у которых толщина стен кверху убывает. Для этого вытяжной пуансон делается кверху толще.

Полые тела с выпуклыми формами и с профилированным сечением в большинстве случаев изготавливаются из круглой заготовки или из цилиндрического полого тела путем обкатки. Эта работа производится на токарном или давальном станке, т.е. на токарном, специально приспособленном для давальных работ. Наиболее употребительный способ обкатки представлен на фиг. 158. Оправка *A* из твердой стали ввертывается в шпindel давального станка; заготовка прижимается к оправке при помощи части *B*, которая ставится на центр *C* задней бабки. Части *A* и *B* вместе с заготовкой приводятся в быстрое вращение, и при помощи давилки *D* нажимают справа на лист так, чтобы он принимал последовательно все начерченные формы, вплоть до формы готового изделия. На фигуре давилка начерчена в виде держателя со стальным шариком. Вместо него можно применять кусок стали, закругленный на переднем конце в виде столовой ложки, или же держатель с вращающимся выпуклым стальным роликом, как на фиг. 159. В случае небольших изделий давилку ведут рукой так же, как это делается при работе на токарном станке с подручником; в случае более крупных предметов его зажимают в суппорте, как резец в токарном станке, и передвигают вращением двух рукояток.

Полые тела с очень значительной высотой изготавливаются из тянутых цилиндрических заготовок, прижимая стенки последних к фасонному ролику, который крепится к станине давального или токарного станка (фиг. 159). Полое тело зажимается между *A* и *B* и вращается вместе с ними и шпинделем давального станка. Нажимной ролик ведется от руки или же при помощи суппорта, как выше. Полые тела, изготовленные таким способом, не всегда имеют одинаковый диаметр, так как материал между нажимным и фасонным роликами в разных местах вытягивается в различной степени в зависимости от силы давления. Но так как в большинстве случаев точности размеров не требуется, то способ обкатки по фиг. 159 более распространен, чем следующий, так как он дешевле.

Если полые тела должны иметь точный диаметр, то их зажимают в полую оправку, состоящую из двух частей (фиг. 160). Полая оправка навинчивается на шпindel давального или токарного станка и приводится во вращение с большой скоростью. Нажимной ролик может также вращаться, его подача производится от руки или при помощи суппорта, к которому он прикреплен, путем вращения рукоятки. Полые тела, изготовленные таким образом, имеют точную форму, но зато полая оправка стоит значительно дороже.

Б. Сварка, термическая обработка.

Сварка.

Введение.

Сварка имеет целью соединение двух металлических частей в одно целое без помощи особых легкоплавких металлов, применяемых в случае пайки, и соединительных деталей, как заклепки и болты.

Существует два различных принципа сварки. При сварке в тестообразном состоянии металлы нагреваются до такой степени, чтобы они с поверхности размягчились. В этом случае соединение металлов в одно целое производится путем сдвливания свариваемых частей, приравненных одна к другой. Конечно, этот способ сварки возможен лишь у металлов, могущих принимать тестообразное состояние; к таким металлам относятся железо, мягкая сталь, алюминий и некоторые другие. Для сварки необходимо условие, чтобы соединяемые поверхности металлов были чистыми как до, так и во время сварки; поэтому, для предохранения поверхности металла от окисления, нужно насыпать на нее слой кварцевого песка, буры и т. д.; такие материалы называются сварочными порошками. Последние плавятся под действием теплоты металла, образуют шлак, растворяют образующиеся окислы металла, очищают, следовательно, поверхность и потому из места соприкосновения поверхностей их следует выдавливать или удалять ударами молотка при самой сварке, что, однако, удается в полной мере лишь в очень редких случаях. Поэтому сварочный шов часто имеет меньшую прочность (70 — 100%), чем остальной металл. При сварке приходится полагаться на опытность и искусство рабочего, так как качество шва можно бесспорно установить лишь путем разрушения изделия. Если по каким-либо причинам, например, при нагревании газовыми горелками или электрическим током по методу сопротивления, бояться образования окислов не приходится, то работу можно производить и без сварочного порошка; в этом случае практически одинаковая прочность шва и остального металла получается легче.

При сварке в жидком состоянии металлы нагреваются до плавления, которое ограничивается, конечно, лишь непосредственной близостью к шву. В этом случае соединение металлов производится просто путем сплавления. Здесь в проковке молотком и сжижении свариваемых частей необходимости нет, но для улучшения шва эти операции очень рекомендуются. За исключением цинка и никеля, которые в сварочном жару испаряются, сварка в жидком состоянии возможна у всех металлических сплавов.

В данном случае сварочные порошки необходимы лишь для чугуна, стали с большим содержанием углерода, меди и алюминия; при сварке всех остальных металлов они не нужны, так как благодаря особенностям их нагревания бояться окисления не приходится и, если все же какие-либо окислы и имелись бы, они в силу своего незначительного удельного веса все равно всплыли бы наверх. При сварке в жидком состоянии также прочность шва часто получается меньшей, чем у остального материала. Причиной этого является то обстоятельство, что при сварке в жидком состоянии дополнительное уплотнение материала путем проковки молотком и сдвливания, что производится при первом способе сварки, не применяется, так что строение материала шва получается, вместо волокнистого, зернистым.

Нагревание металлов до температуры сварки производится:

1. При обыкновенной, так называемой кузнечной или горновой сварке, на угольном или коксовом, а также и в газовом или нефтяном пламени.

2. При автогенной сварке при помощи пламени ацетилена или водорода, горящих в чистом кислороде.

3. При электрической дуговой сварке за счет теплоты, выделяющейся при горении вольтовой дуги.

4. При электрической сварке по методу сопротивления за счет теплоты, образующейся при прохождении по проводнику сильного электрического тока.

5. При термитной сварке за счет теплоты, образующейся при химическом соединении алюминия с кислородом.

В случае 1 и 4 мы имеем сварку в тестообразном, в случае 2 и 3 — в жидком, а в случае 5 — частью в жидком, частью в тестообразном состоянии.

1. Горновая (кузнечная) сварка.

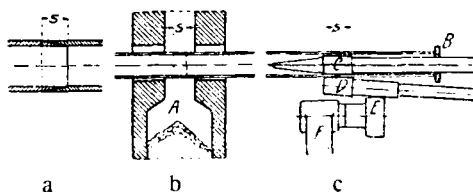
а) Сведения общего характера.

При кузнечной сварке железо, сталь, алюминий и т. д. нагреваются в кузнечных горнах, сварочных, газовых или пламенных печах лишь до такой степени, чтобы их поверхность стала тестообразной. Так как в кузнечных горнах или печах в пламени имеется избыток кислорода, то почти всегда приходится опасаться окисления металла на поверхности сварки и потому в большинстве случаев следует рекомендовать применение сварочного порошка. При пользовании газовыми или пламенными печами подачу воздуха можно регулировать таким образом, чтобы лишнего кислорода в пламени не было и окисления поверхностей сварки не происходило. В этом случае применение сварочного порошка является излишним. После того, как



Фиг. 161.
Сварка листов в напуск.

Фиг. 162.
Сварка листов в стык со скалыванием кромок.



Фиг. 163. Приварка передних концов к паровозным дымогарным трубам по способу Пикаля.

соединяемые части будут нагреты и наложены друг на друга, их нужно ударами молотка или сдавливанием привести в тесное соприкосновение. Одновременно этим достигается уплотнение металла и улучшение его структуры. Примеры кузнечной сварки были уже приведены ранее на фиг. 84, 86, 87, 89, 90, 91, 94, 96, 97, 99, 105, 144.

На сварке листов нам нужно остановиться несколько подробнее. Кромки двух листов можно соединить сваркой в напуск (фиг. 161) или в стык (фиг. 162). Сварка в напуск выполняется чаще, так как она проще. При толщине листов свыше 20 мм применяется сварка в стык. При последней кромки листов скалываются и между листами вваривается пруток квадратного или круглого сечения. Благодаря такому способу удастся достигнуть надлежащего нагревания материала по всей толщине листов, при чем получается хороший и прочный сварочный шов.

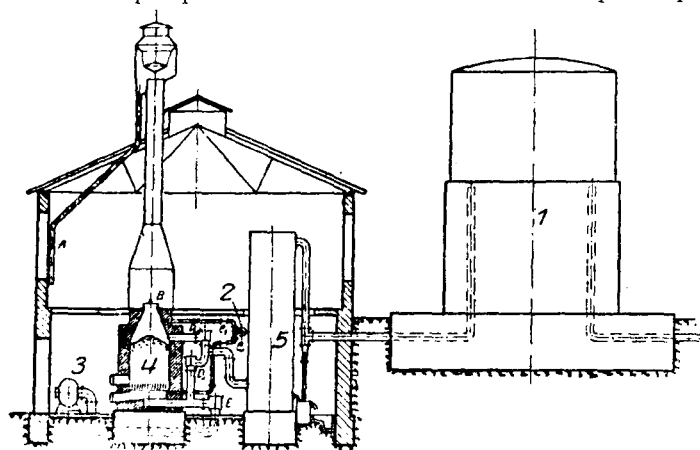
Примером того, что кузнечная сварка в чистом виде в известных случаях не может быть заменена ни одним из описываемых ниже новых способов сварки, является приварка передних концов паровозных дымогарных труб. В данном случае по условиям работы требуется, чтобы стенки трубы были совершенно гладкими, что в настоящее время может быть достигнуто лишь при помощи способа Пикаля. Подготовленное место сварки (фиг. 163 а) нагревается горячими газами закрытой коксовой печи и наставляется непосредственно на верхний валик, имеющий форму оправки, после чего нижний валик прижимается к наружной стенке трубы. При последующей прокатке сварочные шлаки выжимаются и получается прочное соединение. При сравнении работы котлов, дымогарные трубы которых сварены по способу Пикаля, с кот-

лами, у которых те же трубы сварены электрическим способом (фиг. 163), оказывается, что в первом случае получается значительная экономия в топливе; это объясняется тем, что поверхность жаровых труб составляет около 95% всей поверхности нагрева паровозного котла и что, вследствие шероховатости поверхности в местах сварки при работе паровоза, тратится непроизводительно большое количество угля.

Для нагревания свариваемых листов до надлежащей температуры пользуются переносными или неподвижно установленными коксовыми печами с нефтяными форсунками или газовыми горелками, в которых сгорает светильный газ в струе чистого кислорода или в д-н-ой газ при подаче сжатого воздуха.

б) Сварка водяным газом.

Фиг. 164 показывает схему установки средних размеров, служащей для получения водяного газа. В генератор высоким слоем насыпается кокс. Через открытую заслонку *Б* в течение 1—2 минут при помощи насоса



Фиг. 164. Установка для получения водяного газа, системы Дельвик-Флейшера.

А — вытяжка для пыли, *В* — дымовая труба, *С*₁ и *С*₂ — клапаны для пара, *Д*₁ и *Д*₂ — газовые задвижки.

1 — газгольдер, 2 — пар, 3 — вентилятор, 4 — генератор, 5 — промыватель.

нагнетается воздух и тем самым горящий кокс доводится до белого каления. Клапаны *С*₁ и *С*₂, а также заслонки *Д*₁ и *Д*₂, во время этого периода разогревания плотно закрываются, и газы, образующиеся при сгорании кокса, через открытую заслонку *В* уходят в дымовую трубу. В месте, обозначенном буквой *А*, собираются увлеченные частицы кокса. Когда весь кокс в генераторе станет горячим, заслонку *В* и клапан *Е* закрывают и открывают, например, сперва паровой клапан *С*₁ и газовую задвижку *Д*₂. Теперь пар будет проходить внутри генератора сквозь раскален-

ный кокс в направлении снизу вверх, будет там разлагаться и, благодаря частичному окислению кокса, будет получаться водяной газ, средний состав которого следующий:

49,0% водорода	238°	температуры кипения при давлении 760 мм ртутного столба.
39,0% окиси углерода	190°	
5,0% углекислоты	80°	
0,7% углеводов	—	
6,3% азота	194°	

Теплопроизводительность газа в среднем составляет 2 500 кал./м³. Благодаря высокому содержанию водорода водяной газ часто представляет исходный материал для получения чистого водорода (см. автогенную сварку).

Затем водяной газ освобождается от частиц пыли и попадает в газгольдер. По истечении 5—7 минут кокс охлаждается настолько, что дальнейшее образование водяного газа становится невозможным. Тогда генератор разогревается снова вышеописанным способом в течение 1—2 минут и через генератор снова продувается пар. Но на этот раз пар поступает в генератор сверху через клапан *С*₂, а газ выходит через задвижку *Д*₂. Благодаря такому изменению направления движения газа и пара, в генераторе создается более равномерная температура и полу-

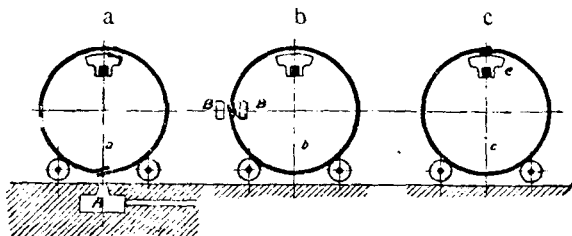
чается лучшее использование кокса. После каждых четырех таких периодов засыпается свежий кокс. Часовая производительность такой установки составляет 300 — 1 000 м³ и более.

Водяной газ сжигается в особых горелках с воздушным дутьем и дает очень горячий пламя, которое быстро доводит свариваемые листы до надлежащей температуры. По возможности применяют две горелки, которые нагревают лист с двух сторон, следовательно, быстрее и равномернее, чем это можно сделать одной горелкой. При помощи водяного газа особенно экономно свариваются листы толщиной от 5 до 25 мм. Сварочные швы в напуск (фиг. 161) можно делать у листов до 40 мм толщиной, швы же в стык можно делать и у листов толщиной свыше 40 мм.

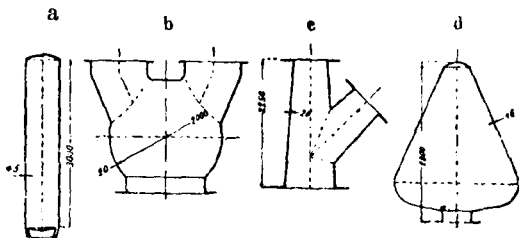
В большинстве случаев при сварке водяным газом сварочные порошки не нужны, так как пламя, как упомянуто выше, содержит водяной газ в избытке, следовательно, действует восстанавливающим образом. Поэтому сварочный шов получается также чище, надежнее и прочнее, чем при обыкновенной сварке на коксе, так как шлаков не приходится

удалять совсем или же их бывает очень мало. Затем при этом способе лист можно перегреть не так легко, как при коксовой сварке. При последней может случиться, что одна сторона листа уже перегрета или сожжена, в то время как другая сторона еще не достигла надлежащей температуры сварки. К тому же работа с водяным газом чище, здоровее и, главным образом, дешевле, чем работа с коксом. Разумеется, установки с водяным газом окупаются лишь при работе в большом масштабе.

На фиг. 165 а — с в качестве примера показана сварка котлов, труб и т. д. Фиг. 165 а показывает нагревание листа над коксовым пламенем А, а фиг. 165 б — между газовыми горелками В; на фиг. 165 с буква С обозначает наковальню, на которой шов проковывается молотком. Трубы изготовляются длиной 6 — 9 м, при чем в настоящее время нередко свариваются трубы с внутренним диаметром 2 200 мм для рабочего давления 120 ат. Наружный диаметр,



Фиг. 165 а — с. Сварка котлов, труб и т. д. А — коксовый горн. В — газовые горелки, С — наковальня.



Фиг. 166. Примеры сварочных работ из листового материала.

а — воздушный колпак, б — шаровой тройник, с — обыкновенный тройник, d — корпус светящегося бака.

свариваемых предметов ограничен лишь железнодорожным габаритом. Производительность сварочной установки для получения продольных швов, главным образом, определяется размерами свариваемых предметов, давлением газа и дутья, а также и искусством сварщика. Конечно, при более сложных формах сварочная работа не так проста, как в только что приведенном примере. В этих случаях нагревание листов и проковка шва молотком представляют известные трудности и, если последняя операция производится в изогнутых местах, приходится придерживать шов изнутри при помощи тяжелых молотов. Некоторые заводы, как, например: Фитцнера в Лаурагютте, Шульц-Кнаудта в Эссене и Юлиуса Пинча в Фюрстенвальде (все в Германии), специализировались на сварке листов и, благодаря долголетнему опыту, они изготовляют даже крупные предметы сложной формы с прочными швами. Фиг. 166 дает пример работ, выполненных первой из вышеуказанных фирм, которые выдержали пробное давление 25.—300 кг/см². Сварочные швы на чертежах обозначены штриховкой.

2. Автогенная сварка.

Автогенная сварка в переводе с греческого значит «самовозникающая» сварка и представляет такой способ, при котором соединение свариваемых частей производится без внешнего давления или удара. Как уже упомянуто раньше, часто соединение производится путем спла-

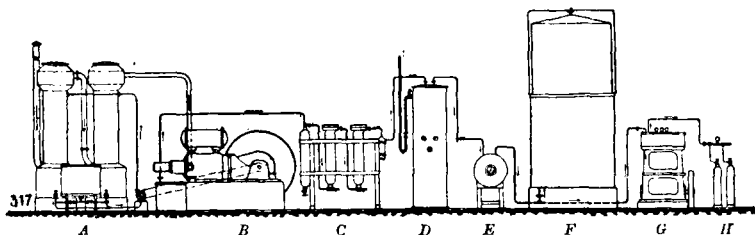
вления материала краев, нагретых до температуры плавления. На этом основании, строго говоря, следовало бы считать за автогенную также и электрическую дуговую сварку. На практике, однако, автогенной называют лишь кислородно-водородную и кислородно-ацетиленовую сварки, в отличие же от электрической дуговой каждая из них называется еще и газовой-автогенной сваркой. Температура, развиваемая при автогенной сварке, в случае применения водорода составляет около 1900° , а при пользовании ацетиленом около 3600° С.

а) Получение рабочих материалов: кислорода, водорода и ацетилена.

1. Кислород (О) в больших количествах может быть получен:

- а) путем электролиза воды,
- б) путем удаления азота из жидкого воздуха.

При электролизе воды одновременно с кислородом получается и водород, а именно, на два объема водорода один объем кислорода. Оба газа собираются отдельно и после сжатия выпускаются в торговлю в стальных баллонах под давлением 150 или 200 кг/см^2 . Этот способ дорог и применим с выгодой лишь там, где имеется в распоряжении дешевый ток, получаемый за счет гидравлической энергии. Для получения 1 м^3 кислорода необходимы 15 — 16 киловатт-часов, при чем, конечно, одновременно получаются 2 м^3 водорода.



Фиг. 167. Схема установки для получения кислорода.

А — резервуар для предварительной очистки воздуха от углекислоты и пыли с циркуляционным насосом для калийного щелока, *В* — 4-ступенчатый компрессор высокого давления 2,3/12/46/200 кг/см^2 с промежуточным охлаждением, *С* — маслоотделитель, аппарат для окончательного удаления углекислоты и воды, аппарат для удаления увлеченных посторонних тел и пыли, *D* — аппарат для сжижения и разделения на кислород и азот (см. фиг. 168), *E* — газометр, *F* — газгольдер, *G* — 3-ступенчатый компрессор 6/30/150 кг/см^2 , *H* — приспособление для наполнения стальных баллонов.

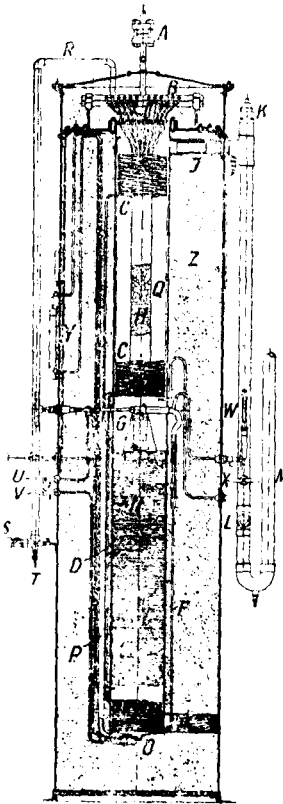
Значительно более дешевым, а потому и значительно более распространенным является производство кислорода из воздуха по методам Линде, Линде-Клода и Гильдебранда. Эти три способа отличаются друг от друга незначительно. Фиг. 167 и 168 дают схематическое представление способа получения кислорода из атмосферного воздуха.

Воздух засасывается через трубу, выступающую над крышей на 10 — 15 м и изображенную на фиг. 167 слева. В банях *А* воздух течет снизу вверх через насыпанный кокс и орошается раствором едкого калия для поглощения углекислоты и пыли. Маслоотделитель *С* (слева) работает по принципу внезапного изменения направления движения; в двух очистительных резервуарах *С* (справа) находится сухой едкий калий, предназначенный для поглощения пыли и последних остатков углекислоты. Если бы в воздухе еще оставалась углекислота, то в аппарате для сжижения воздуха она затвердевала бы, вследствие чего засаривались бы труба и клапаны. Детали аппарата *D* для сжижения и разделения составных частей воздуха видны на фиг. 168. Азот удаляется через высокую трубу с левой стороны аппарата в атмосферу, так как он в большинстве случаев применения не имеет. Газообразный кислород через газометр *E* идет в газгольдер *F*, а из него засасывается в компрессор *G* и на наполнитель-

ной станции *H* нагнетается в стальные баллоны. При этом следует заметить, что все части, входящие в соприкосновение с кислородом, например, поршни компрессоров, клапаны, арматура баллонов, делаются из бронзы и никогда не должны смазываться маслом, так как последнее тотчас же сгорает, при соприкосновении с чистым кислородом, при чем внезапное выделение тепла производит взрыв.

Аппарат для сжижения воздуха и разделения его на составные части представлен в увеличенном масштабе на фиг. 168. Он работает следующим образом.

Воздух, сжатый до давления 200 кг/см^2 , через *A* и *B* поступает в несколько идущих параллельно друг другу медных змеевиков *C*, свернутых из труб небольшого диаметра, затем



Фиг. 168. Аппарат для ожижения воздуха и для разделения его на кислород и азот.

A — поступление сжатого воздуха, *B* — распределительная труба, *C* — медные змеевики, *D* — соединительные трубы, *E* — змеевики в сборном резервуаре *O*, *F* — подъемные трубы, *G* — сборная труба с редукционным клапаном, *H* — вытяжная камера для расширившегося газа, *I* — вытяжная труба, *K* — предохранительный клапан на давление 3 кг/см^2 изб., *L* — запорный клапан, *M* — труба для вытяжки в атмосферу, *N* — разделительная колонна из горизонтальных плит и сит, *O* — сборный резервуар для жидкого кислорода, *P* — подъемная труба для жидкого кислорода, *Q* — медный змеевик для испаряемого кислорода, *R* — труба для отвода газообразного кислорода, *S* — запорный клапан, *T* — краник для отобрания проб газообразного кислорода, *W* — термометр, *U* — краник для отобрания проб жидкого воздуха, *V* — то же для жидкого кислорода, *X* — кран для установки рабочего давления в зависимости от вакуума, *Y* — указатель уровня жидкости в *O*, *Z* — термоизоляция.

в соединительную трубу *D*, змеевики *E*, трубу *F* и в редукционный клапан *G*, через который воздух вытекает внутрь аппарата и адиабатически расширяется до давления 0.3 кг/см^2 , при чем температура его падает приблизительно на 50° . Охлажденный воздух идет через *H*, омывает змеевики *C* и через *J*, *L* и *M* выходит наружу. Таким образом воздух, идущий по змеевикам *C* вниз, уже сильно охлажден, так что при дальнейшем расширении он испытывает охлаждение снова на 50° , следовательно, достигается еще более низкая температура, чем прежде. Таким образом, охлаждение прогрессирует, пока температура за редукционным клапаном *G* не достигает температуры ниже -194° , при которой воздух, даже при атмосферном давлении, является жидким. На эту операцию требуется около 20 минут. После этого начальное давление подводящего воздуха может быть уменьшено с 200 до 50 — 65 кг/см^2 , так как при длительной работе не приходится отнимать у воздуха столь значительных количеств тепла все время.

Для дальнейшего рассмотрения нужно заметить следующие цифры.

Температура кипения или сжижения кислорода составляет 184°

» » » » азота » 194° .

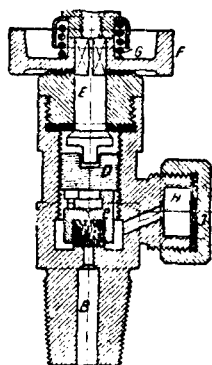
Таким образом, при нагревании жидкого воздуха с -194° до -184° в первую очередь будет испаряться азот, в то время как кислород будет испаряться лишь в незначительной степени, пока, наконец, при 184° не останется почти чистый кислород (93% O).

В колонне *N* аппарата для разделения на составные части жидкий воздух течет вниз по поверхности многочисленных пластинок и сквозь большое число мелких сит, при чем его температура с 194° на верхнем конце постепенно поднимается до 184° на нижнем конце. Азот, увеличиваясь все время в количестве, в газообразном виде поднимается вверх, омывает змеевики *C*, сильно их охлаждая, и уходит в атмосферу в месте, обозначенном буквой *M*. Жидкий кислород собирается в резервуаре *O*, при чем уровень его можно видеть на приборе *Y*. Змеевик *E*, по которому идет еще не расширившийся и потому еще сравнительно теплый воздух, предохраняет от падения температуры в *O* ниже -184° , таким образом, жидкий азот содержаться там не может.

Так как в аппарате давление составляет $0,3 \text{ кг/см}^2$, то жидкий кислород из *O* выходит в трубу *P*, испаряется в змеевике *Q*, лежащем в значительно более теплой части аппарата и, наконец, через *R* и *S* идет к газометру и газгольдеру (фиг. 167). Во избежание потерь весь аппарат окружен толстым слоем теплоизолирующей массы.

2. Водород (H) получается на химических заводах из воды или водяного газа. Химический завод Грисгейм-Электрон изготавливает водород в большом количестве путем электролиза хлористых солей щелочных металлов, которые разлагаются электрическим током на хлор и щелочные металлы. Щелочные металлы с водою электролитической ванны дают гидро-окиси соответствующих щелочных металлов и водород, последний обычным путем сжимается и вводится в стальные баллоны. При электролитическом способе, как уже описано, вода разлагается электрическим током на водород и кислород. Большие заслуги по разработке этого способа получения водорода имеют Баденский завод аммиачных красок и соды в Людвигсгафене на Рейне, и Берлин-Ангальтское Машиностроительное Акц. О-во в Берлине (BAMAG). По способу Линде-Франк-Каро и по новому способу фирмы Бамаг водяной газ, изготовление которого было описано уже раньше, охлаждается в особом аппарате при помощи жидкого воздуха настолько, чтобы все составные части водяного газа, кроме водорода, превратились в жидкое состояние, после чего во-

Фиг. 169.
Стальной баллон для сжатого газа. *A* — запорный кран, *B* — свинчивающийся предохранительный колпачок, *C* — ножки.

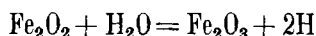


Фиг. 170. Запорный кран для стальных баллонов.

A — вставка клапана, *B* — корпус крана, *C* — клапан, *D* — винт, *E* — шпindel, *F* — маховичек, *G* — пружина, *H* — боковой штуцер, *I* — глухая гайка.

родотсасывается при помощи специальных газовых насосов и сжимается. Температуры испарения составных частей водяного газа были даны раньше. При ретортном способе и по новому шахтному способу фирмы Бамаг водяной газ пропускается сквозь слой из кусков железной руды (закись железа), насыщенной в реторты или шахты и находящейся в раскаленном состоянии. При этом вода распадается на водород и кислород, первый собирается в виде газа, а кислород переводит руду в высшие окислы (закись-окись железа). Во время перерывов через руду пропускается водяной газ в обратном направлении, при этом окись углерода и водород водяного газа снова отнимают у руды часть кислорода (регенерация) и руда делается годной для дальнейшего получения водорода.

Получение водорода:

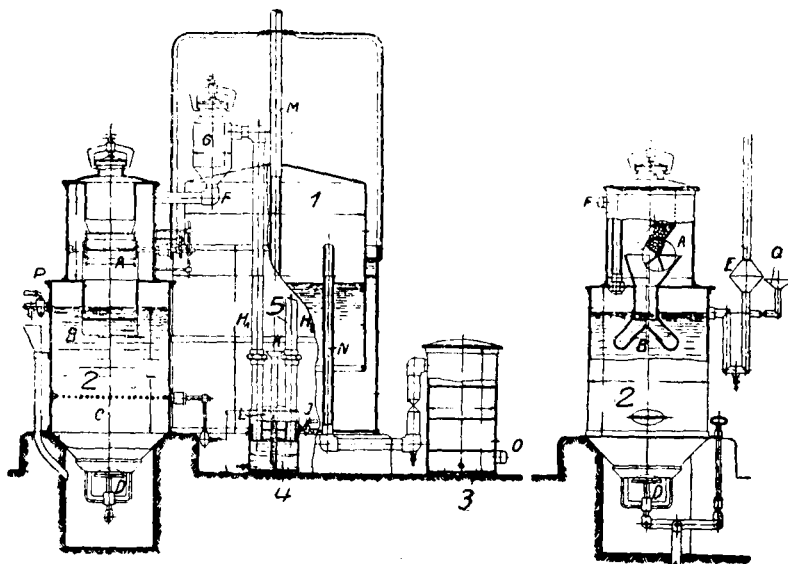
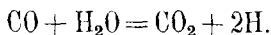


Регенерация:



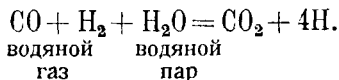
При получении водорода по способу декарбурации производится распыление минеральных масел (углеводороды), которые при этом испаряются, и затем их пары пропускают над коксом, нагретым до высокой температуры. Масляный газ распадается при этом на сажу, оседающую на кокс, и на водород.

Контактный способ (Баденский Анилиновый и Содовый завод, а также и фирма Бамаг) основан на возможности окисления окиси углерода водяным паром в углекислоту в присутствии катализатора (вещество, содействующее химическому процессу, но само химически не изменяющееся):

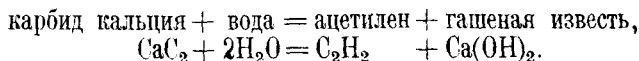


Фиг. 171. Неподвижная ацетиленовая генераторная установка. А — загрузочный барабан, В — распределительный лист, С — поворотная решетка, D — клапан для спуска грязи, Е — предохранительная труба, F — газопровод от генератора к конденсатору G, H₁ и H₂ — газопроводы от генераторов 1 и 2, I — контрольный кран у промывателя, K — наполнительные воронки для промывателя, L — газовая труба от промывателя к газгольдеру. M — предохранительная труба к газгольдеру, N — труба от газгольдера к очистителю, O — штуцер для присоединения к местам расходования ацетилена. 1 — газгольдер, 2 — генератор, 3 — очиститель, 4 — промыватель, 5 — от второго генератора.

На практике вместо чистой окиси углерода берут водяной газ, т.е. смесь окиси углерода с водородом:

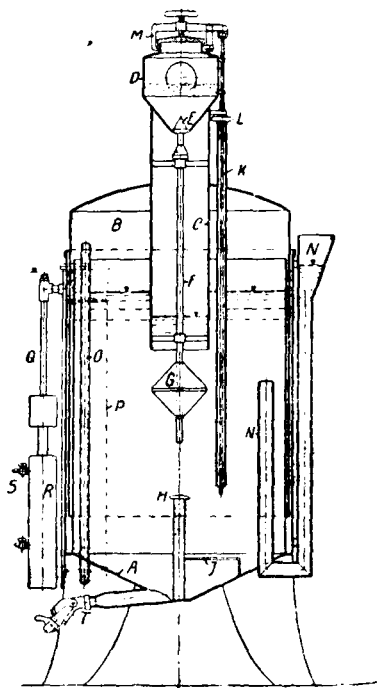


3. Ацетилен (C₂H₂) производится всегда, если не считать растворенного ацетилена (диссу), о котором будет сказано ниже, на месте потребления по мере надобности в нем, приводя в соприкосновение карбид кальция (CaC₂) с водой. При этом карбид кальция и вода вступают в реакцию по следующей формуле:



Карбид кальция представляет серое кристаллическое вещество, которое получается в электрических печах сплавлением извести с углем. Из 1 кг химически чистого карбида каль-

ция теоретически должны получаться 340 л ацетилена. Относительно хранения карбида кальция имеются особые обязательные постановления ¹⁾, так как попадание воды в какой бы то ни было форме, например в виде влаги, дождевой воды и т. д., имеет следствием образование ацетилена и связано с опасностью взрыва из-за воспламенения последнего.



Фиг. 172. Переносный ацетиленовый генератор для загрузки 4 кг карбида.

A — генератор, *B* — газгольдер, *C* — труба для бросания карбида, *D* — резервуар для карбида, *E* — клапан для карбида, *F* — стержни клапана, *G* — груз клапана, *H* — упор для *F*, *I* — упор для штанги *K*, *L* — маховичек, *M* — запорная скоба к *D*, *N* — труба для наполнения генератора водой, *O* — труба к очистителю *P*, *Q* — труба к водяному затвору *R*, *S* — штуцер для присоединения к месту расходования ацетилена, *T* — грязевой кран.

Аппараты для получения ацетилена строятся двух различных типов: 1) по принципу поливания водой карбида (капельная система), 2) по принципу бросания карбида кальция в воду («бросательная система»). Последний тип является более распространенным, так как при большом количестве воды избегается перегрев ацетилена теплотой, выделяющейся при химической реакции.

Давление ацетилена, при производстве на месте его потребления, должно составлять не более 500 мм водяного столба.

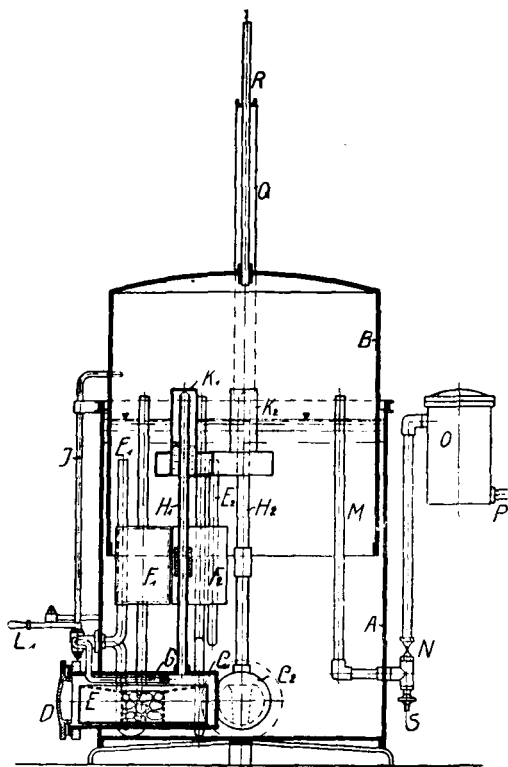
б) Стальные баллоны, ацетиленовые аппараты и принадлежности к ним.

Стальной баллон (цилиндр) для сжатых газов показан на фигуре 169. Такие баллоны изготавливаются без шва из лучшей поделочной стали, емкостью 4 — 60 л, реже до 350 л. Они закрываются запорными кранами *A*. Во время перевозки запорный кран *A*, во избежание повреждений, закрывается защитным колпачком *B*. Нижняя часть стального баллона делается в виде четырехугольного основания *C*, во избежание перекатывания баллона при перевозке.

Запорный кран на фиг. 170 вычерчен еще раз в более крупном масштабе. Вставка *A* клапана состоит из вулканизированной фибры (целлюлоза с добавлением негорючих минеральных веществ). Пружина *G* обеспечивает постоянное прилегание шпинделя *E* к внутреннему уплотнительному кольцу. На боковой штуцер *H* навинчивается редукционный клапан. У баллонов для кислорода нарезка для присоединения рукава делается правой, для водорода и других горючих газов левой, для растворенного же ацетилена (диссу) ставится скоба. Такие

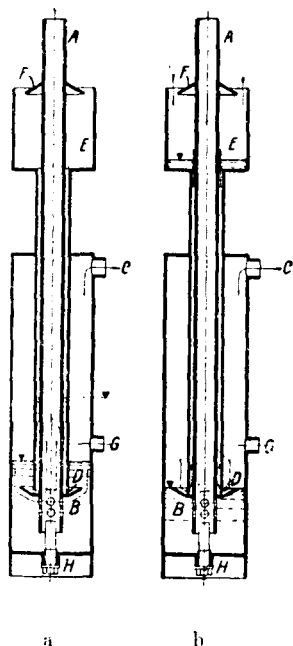
¹⁾ См. приложение в конце книги.

различные типы соединений приняты для того, чтобы при пользовании баллонами не могло произойти ошибки, из-за которой может получиться взрыв. В виду большой опасности последнего, которая, как уже упомянуто выше, возникает при соприкосновении масел или жиров с сжатым кислородом, ни одна часть запорного крана кислородного баллона не должна смазываться маслом или жирами ни при каких обстоятельствах. На время перевозки на боковой штуцер, служащий для присоединения шланга, навинчивается глухая гайка *J*.



Фиг. 173. Переносный ацетиленовый генератор Вебер, в Вейденау — Зигге.

A — резервуар для воды, *B* — газгольдер, *C*₁ и *C*₂ — камеры, в которых происходит образование ацетилена, *D* — крышки к ним, *E* — продырявленная коробка для карбида, *E*₁ и *E*₂ — трубы для подвода воды, *F*₁ и *F*₂ — резервуары для воды, *G* — перепускная труба для воды, *H*₁ и *H*₂ — газовые трубы, *I* — приспособление, делающее невозможным открывание крана *L* при поднятом колоколе, *K*₁ и *K*₂ — внутренние водяные затворы, *L*₁ и *L*₂ — краны для впуска воды, *M* — труба для забора ацетилена, *N* — запорный кран, *O* — очиститель, *P* — штуцер для присоединения места расходования газа, *Q* — направляющие для колокола, *S* — спускной кран для негодного ацетилена.



Фиг. 174. Водяные затворы.

A — труба, по которой происходит поступление ацетилена, *B* — отверстия с трубе *A*, *C* — выход ацетилена, *D* — водоуказательная труба, *E* — резервуар, *F* — щиток, *G* — штуцер для пробного краника, *H* — спуск воды.

На фиг. 171 начерчена стационарная установка для получения ацетилена. Она должна помещаться в особом здании, соответствующем обязательным постановлениям ¹⁾.

Установка состоит из двух генераторов, из которых на чертеже показан лишь один, одного скруббера (аппарат для промывки газа), одного газгольдера и одного очистителя.

¹⁾ См. приложение в конце книги.

Верхняя часть каждого генератора служит для помещения запаса карбида кальция, а нижняя часть предназначена для воды.

В резервуаре для карбида кальция имеется барабан *A*, разделенный на 5 отделений; этот барабан может быть приведен в о в р а щ е н и е при помощи оси, выпущенной наружу. При вращении барабана на одну пятую оборота, содержимое одного из отделений надет в воду. Образование из карбида кальция ацетилена происходит на решетке *C*. Уже при прохождении через воду генератора ацетилен оставляет в ней большую часть своих примесей (аммиак и сернистый газ). Образующаяся известь при опрокидывании решетки *C* попадает в воронкообразную нижнюю часть и может быть спущена через *D*. Труба *E* предотвращает увеличение давления выше допустимых пределов путем отведения ацетилена через крышу и атмосферу. Конденсатор *G* служит для выделения влаги, увлеченной газом, и для обратного отведения ее в генератор, во избежание переполнения промывателя.

Из генераторов (одного начерченного и другого не начерченного) газ по трубам H_1 и H_2 поступает в скруббер, который наполняется водой до уровня пробного краника *J*. Скруббер предназначен, с одной стороны, для дополнительной очистки газа, а, с другой — для предотвращения обратного попадания газа из колокола газгольдера в генератор.

По трубам H_1 и H_2 газ попадает в колокол газгольдера. Для того, чтобы последний мог подниматься и опускаться в резервуаре без труда, он ходит в направляющих и подвешивается на цепочках, перекинутых через ролики. Колокол снабжен трубой *M*, которая погружается в воду гидравлического затвора, но на меньшую глубину, чем край колокола. Эта труба служит для отведения газа, при образовании его в количестве большем, чем может вместить колокол, через крышу в атмосферу, так что вытекание газа в аппаратное помещение исключено.

Газ по трубе *N* идет в очиститель *O* и там освобождается от заключающегося в нем фосфористого водорода, для чего очиститель наполняется соответствующей массой. На 10 м³ газа расходуется 1 кг очистительной массы.

Поворачивание барабана *A* на одну пятую оборота производится автоматически при опускании колокола по израсходовании соответствующего количества газа.

Аппараты строятся для зарядки (полная емкость барабана *A*) 7 — 60 кг карбида. На каждый кг карбида расходуется 10 л воды. После каждого полного оборота барабана, т.е. перед новой зарядкой карбида, аппарат должен быть наполнен свежей водой.

В Германии переносные ацетиленовые аппараты с зарядкой максимум 4 кг карбида могут находиться в мастерских постоянно, а при зарядке до 10 кг лишь временно ¹⁾. Такой переносный а ц е т и л е н о в ы й а п п а р а т показывает фиг. 172. Колокол *B* движется вверх и вниз внутри генератора *A* с двойными стенками. При поднимании колокола *B* конический клапан *E* закрывается. Когда колокол опускается, то штанга *F* ударяет об упор *H*, благодаря чему клапан *E*, приподнимаясь кверху, открывается, и карбид, зерна которого должны иметь величину 4 — 7 мм, начинает падать в генератор. Образующийся газ поднимает колокол *B* снова, и клапан под действием груза *G* закрывается.

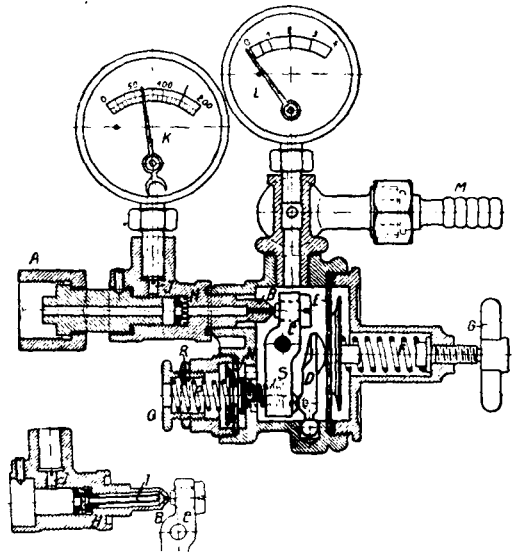
Зарядка аппарата свежим карбидом производится сверху, снимая для этого скобу и крышку *M*, при чем открывание крышки возможно лишь в наиболее низком положении колокола *B*, когда, следовательно, ацетилена в последнем больше нет. Для того, чтобы, с другой стороны, карбид не мог упасть в воду во время зарядки, колокол при помощи маховичка *L*, штанги *K* и упора *J* поднимается настолько, чтобы клапан *E* оставался еще закрытым. При обратном вращении маховичка *L* колокол опускается снова, открывается клапан *E* и начинается образование газа. В зависимости от своей величины аппарат вмещает от $\frac{3}{4}$ до 10 кг карбида, который для образования газа вводится небольшими порциями. После каждой второй зарядки воду нужно сменять. Переносные ацетиленовые генераторы часто страдают тем недостатком, что резервуар, в целях сбережения места, делается слишком малым, так что в нем расход воды получается менее 10 л воды на 1 кг карбида; кроме того, вследствие сильного нагревания, газ получается худшего качества.

¹⁾ Согласно действующих обязательных постановлений у нас допустима установка в мастерских лишь аппаратов с зарядкой карбида до 2 кг.

Переносный ацетиленовый аппарат, изображенный на фиг. 173, работает по принципу притекания воды к карбиду, но благодаря удачному устройству лишен недостатков, обычно свойственных таким конструкциям. В камере C_1 и C_2 вставляются коробки E с крупнозернистым карбидом. При одном положении трехходового крана L_1 вода, в количестве, достаточном для разложения всего содержащегося в E карбида, через трубу E_1 и кран L_1 поступает в наполнительный резервуар F . Если кран L_1 переставить, то вода из резервуара F по трубе G войдет в соприкосновение с карбидом, находящимся в E , и начнется образование ацетилена. Последний по трубе H через внутренний водяной затвор K попадает под колокол. В приподнятом положении последнего, кран L_1 и L_2 повернуть нельзя, так как отогнутые концы прутков будут упираться в стенку генератора B . По израсходовании ацетилена в колоколе B , когда последний займет крайнее нижнее положение, каждый из кранов L_1 и L_2 поворачивают в другое положение, чему в данном положении колокола отогнутые концы прутков мешать не будут. При этом в камеру C_2 начнет поступать вода, а камера C_1 будет изолирована и из нее можно будет вынуть коробку E_1 . Внутренний водяной затвор K_1 предотвращает проникновение газа через трубу H и открытую камеру C_1 в мастерскую. Большое преимущество аппарата состоит в том, что одновременно с E удаляется также и известь, образующаяся из карбида. Таким образом, при пользовании этим аппаратом удаление извести производится автоматически, в отличие от аппаратов других конструкций, при пользовании которыми о необходимости удаления извести часто забывают. Рассматриваемый аппарат работает без чистки по несколько месяцев. После каждой новой загрузки следует лишь пополнять израсходованную часть воды.

Водяной затвор, представленный на фиг. 174 а и б, предотвращает возможность течения кислорода в обратном направлении и перекидывания пламени в ацетиленовый аппарат. Фиг. 174 а показывает водяной затвор при нормальном давлении и нормальной работе. Нормальное давление в сети составляет 110—130 мм водяного столба. По трубе A , которая погружается приблизительно на 40 мм, притекает газ. Над выходным отверстием B этой трубы приварена загнутая своими краями кверху уловительная тарелка, на которую сверху опирается труба большого диаметра; в нижней части трубы имеется ряд отверстий, а сверху она оканчивается резервуаром E . Фиг. 174 б показывает уровень воды и принцип действия водяного затвора при возникновении повышенного давления. Если в водяном затворе получается давление свыше 350 мм, то уровень воды опускается до уровня краев уловительной тарелки, вследствие чего дальнейшее движение воды будет происходить уже по двум путям. В то время как большая часть воды (нижний слой) будет подниматься по газопроводной трубе A , меньшая часть по пространству между трубами будет подниматься в резервуар F , благодаря чему лишний газ сможет выходить в атмосферу.

Как только давление в водяном затворе станет нормальным, уровень воды займет прежнее положение, и водяной затвор снова начнет действовать нормально.



Фиг. 175. Редукционный клапан для кислорода. A — гайка, B — мунштук, C — запорный рычаг, D — регулировочный рычаг, E — мембрана, F — пружина к E , G — винт, H — сетка, I — пробка, K — манометр цилиндра, L — рабочий манометр, M — наконечник для резинового шланга, идущего к горелкам, N — мембрана, O — седло предохранительного клапана, P — пружина к N , Q — колпачок к P , R — контргайка, S — пружина для C , T — трубка для предохранения от выгорания.

Относительно хранения карбида на складах, требований, предъявляемых к конструкции и установке ацетиленовых аппаратов, имеются соответствующие обязательные постановления (см. в конце книги).

Растворенный ацетилен (диссус), изготавливается и тщательно очищается на больших центральных ацетиленовых заводах. Так же, как и кислород, водород и т. д., он сжимается и отпускается в стальных баллонах. Но так как из-за опасности взрыва ацетилен слишком сильно сжимать нельзя, то пользуются способностью одного из жидких органических соединений, ацетона, растворять ацетилен, который растворяется в ацетоне так же, как углекислота в воде. Ацетон (химическая формула $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$) представляет одно из веществ, получающихся при перегонке дерева. Его температура кипения составляет $56 - 58^\circ \text{C}$, а удельный вес равен $0,80 - 0,81$. Ацетон имеет интенсивный неприятный запах. Баллон для ацетона наполняется пористой массовой из молотого асбеста или, реже, кизельгура. Эти материалы вводятся в пустой баллон в виде пасты и осторожным нагреванием превращаются в твердую пористую массу, которая заполняет весь баллон. При атмосферном давлении объем ацетона растворяет 25 объемов ацетилена, а при 15 атм. 375 объемов; баллон, емкостью в 1 л воды, при нормальной температуре содержит 150 л химически чистого ацетилена под давлением 15 кг/см^2 , в то время как для помещения в баллон такого же количества кислорода или водорода необходимо давление до 50 атм. Таким образом, баллон для растворенного ацетилена представляет аккумулятор газа с большой поглощательной способностью.

Пользование растворенным ацетиленом из баллонов, вместо производства газа на месте, рекомендуется всюду, где место ограничено и имеет значение возможно большая подвижность работы. Каких-либо обязательных постановлений и ограничений в отношении пользования растворенным ацетиленом не имеется. Само собой разумеется, что, вследствие затраты известного количества работы на сжатие, растворенный ацетилен несколько дороже получаемого на месте. Но разница в цене не слишком велика и компенсируется лучшим качеством ацетилена. Согласно обязательных постановлений, давление в баллоне при 17° не должно превосходить 15 кг/см^2 ¹⁾.

Для питания сварочных горелок кислородом, водородом и растворенным ацетиленом применяют давление не более $2,5 \text{ кг/см}^2$. Следовательно, высокое давление в стальных баллонах приходится уменьшать до более низкого в горелке. Для этого служат редукционные клапаны, один из которых изображен на фиг. 175. Редукционный клапан наворачивается на боковой штуцер *H* запорного крана (фиг. 170). Сетка *H*, показанная на фиг. 175, предназначена для задержания грязи. При помощи винта, укрепленного на рычаге *C*, отверстие *B* можно закрывать больше или меньше, т. е. можно регулировать расход газа. Рычаг *D* с одной стороны опирается на рычаг *C*, а с другой на резиновую мембрану *E*, которая при помощи пружины *F* может отжиматься внутрь с различной силой, засисящей от положения винта *G*. Газ, доведенный до надлежащего низкого давления, через *M* входит в рукав, идущий к сварочной горелке. Если давление внутри корпуса клапана поднимется, то мембрана прогнется наружу сильнее и отверстие *B* благодаря давлению пружины *S* будет закрыто больше. Если же давление в корпусе клапана будет слишком низко, то мембрана *E* прогнется внутрь и отверстие *B* откроется больше. Давление в баллоне указывается при помощи манометра *K*, а давление в корпусе клапана при помощи манометра *L*. Чтобы манометр *K* от слишком быстрого открывания запорного крана не страдал, газ прежде, чем попасть в манометр, проходит длинный путь по поверхности нарезки соединительного штуцера и винченной для этой цели пробки *J*. Если давление в корпусе клапана будет слишком высоко, то открывается предохранительный клапан, состоящий из частей *N*, *O*, *P*, и *Q*. Рабочее давление в последнем можно изменять, ввинчивая или вывинчивая колпачок *Q*. При быстром открывании запорного крана в соединительном штуцере происходит быстрое сжатие кислорода, вследствие чего получается сильное нагревание, которое, при известных обстоятельствах, может вызвать воспламенение металлов в этих частях. Эта опасность устраняется тем, что соединительный штуцер с левой стороны просверливают почти на всю длину (фиг. 175 *b*) и заставляют проходить кислород по узкой трубочке *T*, между стенками которой и стенкой просверленного канала оставляется довольно большой зазор. Таким образом, в сое-

¹⁾ У нас 16 атм.

динительном штуцере получается кольцообразное пространство, которое, благодаря своему большому объему, предотвращает возможность слишком сильного сжатия, а вместе с тем и нагревания газа. По уже упомянутым причинам редукционные клапаны для кислорода ни при каких обстоятельствах не должны смазываться маслом или жирами, так как это может привести к воспламенению металлических частей внутри клапана и даже к сильному взрыву.

По манометру, показывающему давление в баллоне, можно узнать содержание в баллоне газа, зная емкость баллона. Емкость стального баллона измеряется посредством наполнения его водой и взвешивания последней, она помечается на баллоне. По известному закону Мариотта, применительно к данному случаю, имеем:

содержание в баллоне газа = емкости баллона в литрах $\times$ давление в баллоне.

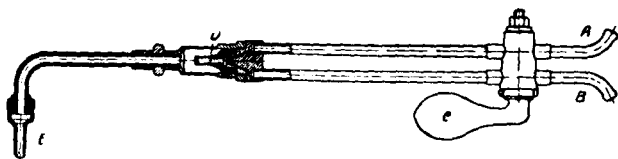
Таким образом, по отсчету манометра K можно судить о содержании газа и тем самым о расходе его.

Редукционные клапаны для водорода и растворенного ацетилена в основных чертах имеют одинаковую конструкцию.

Кислород в ацетиленовых горелках находится под рабочим давлением $0,7 - 2,15 \text{ кг/см}^2$ (при сварке листов толщиной $1 - 25 \text{ мм}$).

в) Сварочные горелки.

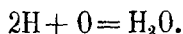
Фиг. 176 показывает водородную горелку, аналогичную конструкцию имеет также и горелка для растворенного ацетилена. Оба газа поступают из стальных баллонов, при чем при помощи редукционного клапана устанавливается давление в пределах от $0,5$ до 2 кг/см^2 в зависимости от толщины свариваемых листов. Оба газа подводятся к горелке при помощи двух резиновых шлангов, которые для отличия друг от друга часто окрашиваются в красный цвет для кислорода и в белый или черный для водорода. Обе трубки A и B могут быть заперты при помощи крана C . Газы выходят через два узких отверстия, просверленные под острым углом друг к другу, попадают в пространство B и тесно смешиваются друг с другом. Затем смесь их выходит через мундштук E , образуя вне горелки пламя.



Фиг. 176. Водородная сварочная горелка. Фирма Дрегерверк в Любеке.

A — наконечник для водородного рукава, B — наконечник для кислородного рукава, C — общий запорный кран, D — сопло для смешения газов, E — сменный мундштук.

При этом водород и кислород сгорают, реагируя по химической формуле:

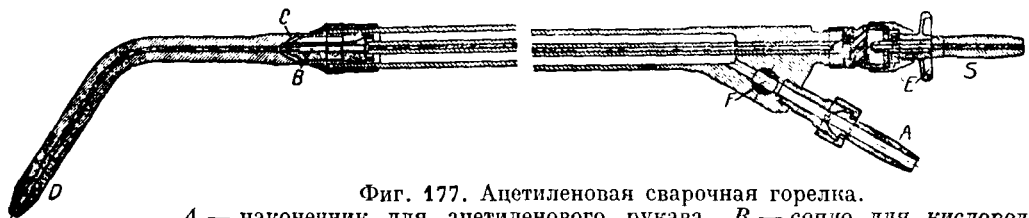


Таким образом, теоретически на два объема водорода нужен один объем кислорода. В действительности же смесь должна содержать 4 объема водорода и один объем кислорода, чтобы лишнего кислорода в пламени не было, так как он мог бы окислять свариваемый металл, и чтобы пламя не перекидывалось обратно в горелку. Скорость выхода газа из мундштука E должна быть больше так называемой скорости воспламенения, т.е. скорости, с которой распространяется в смеси сгорание водорода; в противном случае пламя ударит назад внутрь горелки. При обратном ударе горелка становится очень горячей и может даже расплавиться, в то время как температура пламени, выходящего из горелки, уменьшается, так как оно значительную часть своей теплоты отдает металлу горелки. Если смесь кислородом бедна, то скорость воспламенения составляет несколько метров в секунду, но при скорости, при которой происходит взрыв, мы имеем уже цифру 2800 м/сек . Последняя скорость получается как раз в случае, если кислород имеется в таком количестве, что сгорание происходит полное, т.е. если на две объемных части водорода приходится одна часть кислорода.

Но если даже, по каким-либо причинам, пламя перекинется назад в горелку, то воспламенится лишь смесь в пространстве между мундштуком *E* и смесителем *D*, так как в трубках *A* и *B* водород или ацетилен и кислород находятся отдельно друг от друга. Таким образом, сгорание или взрыв не могут произойти ни в *A*, ни в *B*. Также не может быть и такого случая, чтобы газ из одной трубки переходил в другую, даже, если по каким-либо причинам подача одного газа была прервана, так как отверстия *A* и *B* за смесителем *D*, благодаря тому, что они сходятся под острым углом друг к другу, производят сильное взаимное подсосывание.

Для сварки листов различной толщины берут и пламя различной величины, а следовательно, и различный расход газовой смеси; это регулирование производится установкой соответствующего давления в горелке. Но для того чтобы, при различном расходе газов, скорость выхода их из горелки оставалась больше скорости воспламенения, для листов различной толщины нужно навинчивать мундштуки *E* с отверстиями соответствующих диаметров или же, еще лучше, брать горелки соответствующего размера.

Ацетиленовая горелка (фиг. 177) соединяется с редукционным кислородным клапаном при помощи красного резинового шланга, надеваемого на наконечник *S*, а с ацетиленовым генератором при помощи белого или серого резинового шланга, надеваемого на наконечник *A*. На чертеже *E* обозначает регулировочный и запорный кран для кислорода, а *F* — запорный кран для ацетилена. Многие горелки для обоих газов имеют общий запорный кран,

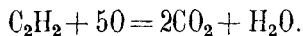


Фиг. 177. Ацетиленовая сварочная горелка.

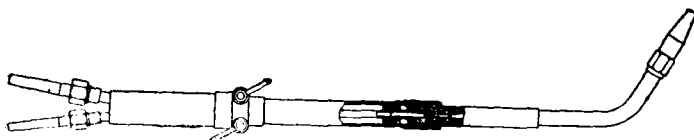
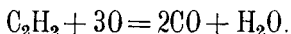
A — наконечник для ацетиленового рукава, *B* — сопло для кислорода, *C* — кольцевое сопло для ацетилена, *D* — медный мундштук, *E* — винт для регулирования притока кислорода, *F* — запорный кран для ацетилена, *S* — наконечник для кислородного рукава.

как на фиг. 176. Благодаря более высокому давлению кислород выходит из сопла *B* с довольно значительной скоростью и потому через воронкообразную кольцевую щель *C* он присасывает ацетилен, находящийся под значительно меньшим давлением. При этом оба газа смешиваются и при выходе из мундштука *D* образуют очень горячее пламя. Мундштук *D* состоит из меди для того, чтобы теплота пламени не концентрировалась в наконечнике горелки, отчего последний может раскалиться и представлять известное неудобство для сварщика. Благодаря свойствам меди, теплота быстро отводится к задним частям горелки и в конце концов переходит в атмосферный воздух. Вследствие слишком сильного нагревания горелки нарушается также и правильная пропорция газов. Сварщик узнает это по громкому треску, производимому обратным ударом пламени в горелку. В этом случае, прежде чем продолжать работу, горелку нужно охладить водой. Существует также тип горелки, в которой оба газа нагреваются одинаково, следовательно, пропорция смеси не изменяется. Эта горелка допускает непрерывную работу.

Обратный удар пламени в ацетиленовую проводку предотвращается водяным затвором (фиг. 174). То, что было сказано выше о скорости воспламенения и действии лишнего кислорода, справедливо также и в данном случае. Обратные удары пламени, происходящие при длительной работе, вследствие нагревания горелки, и связанные с этим неудобства (необходимость охлаждения горелки, во время которого охлаждаются и свариваемые предметы) избегаются постановкой в горелку предохранителя от обратного удара, о котором дает представление фиг. 178. Сам предохранитель от обратного удара вычерчен еще раз на фиг. 179 в увеличенном масштабе. Кислород поступает через отверстие *a*, а газ — через несколько небольших каналов вставки *b*. При обратном ударе пламя распределяется на большее число каналов и, благодаря охлаждению металлом вставки, легко тушится. Для полного сгорания одного объема ацетилена необходим 2,5-кратный объем кислорода. В данном случае сгорание происходит по химической формуле:



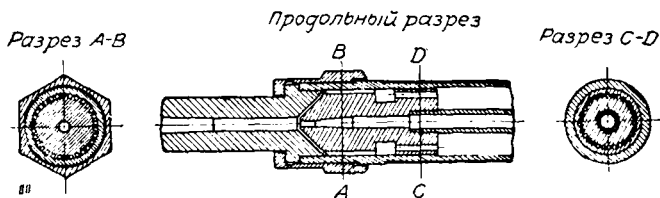
Но по причинам, уже объясненным при описании водородной горелки, в данном случае в горелку вводит лишь половину теоретически необходимого количества кислорода, а именно на один объем ацетилена около одного объема кислорода. В этом случае сгорание в части пламени, ближайшей к устью горелки, происходит по химической формуле:



Фиг. 178. Ацетиленовая сварочная горелка с предохранителем от обратного удара.

Во внешнюю часть пламени попадает кислород из воздуха, который и сжигает окись углерода CO в углекислоту CO₂.

Горелки для растворенного ацетилена лишь в редких случаях имеют такую же конструкцию, как горелки для водорода. В случае растворенного ацетилена оба газа поступают



Фиг. 179. Предохранитель от обратного удара для горелки, изображенной на фиг. 177.

в горелку под одинаковым давлением и в присасывании ацетилена кислородом необходимости нет. В большинстве случаев употребляют горелку, изображенную на фиг. 177, которую можно применять и для растворенного ацетилена и для ацетилена, получаемого на месте. При этом в случае растворенного ацетилена следует устанавливать соответственно меньшее давление.

г) Регулирование горелок и процесс варки.

Так как, согласно вышеизложенного, к водородному, соответственно, ацетиленовому пламени подводится не полное теоретически требующееся количество кислорода, необходимое для полного сгорания газа, то в пламени образуются три зоны (фиг. 180b), которые особенно отчетливо видны в ацетиленовом пламени:

зона 1 содержит несгоревшую смесь C₂H₂ и O;

зона 2, так называемая восстановительная зона, содержит C+CO+H₂; наиболее горячее место этой зоны имеет температуру около 3400°;

зона 3, наружная зона сгорания, содержит C+H₂+CO+4O, здесь происходит полное сгорание в кислороде атмосферного воздуха всех еще не сгоревших составных частей.

Хорошая сварка может быть достигнута лишь в случае, если она происходит в восстановительной зоне, так как в последней вследствие недостатка кислорода не может получиться никаких окислов, а, наоборот, в ней восстанавливаются имеющиеся окислы. Несмотря на это, перед началом сварки нужно убедиться в том, что место сварки очищено от приставшей ржавчины.

Фиг. 180 а — с показывает правильное и правильное регулирование ацетиленового пламени.

а) Избыток кислорода. Характерный признак состоит в том, что в первой зоне виден короткий острый фиолетовый язычок, восстановительная же зона не образуется. Действие пламени: окисление и пережог свариваемых деталей, хрупкая и непрочная варка.

б) Правильное регулирование: одинаковые части ацетилена и кислорода. Характерный признак: светло-голубой, светящийся спереди, закругленный язычок, вокруг которого заметна слабо светящаяся восстановительная зона. Сварка в восстановительной зоне дает хороший, надежный, свободный от окислов шов.

в) Неправильное регулирование, обусловленное избытком ацетилена. Характерный признак: язычок тусклый, ограниченный резко, восстановительной зоны нет. Действие такого пламени: свободный ацетилен при высокой температуре разлагается, водород сгорает, а освобождающийся углерод соединяется с материалом изделия. Вследствие этого место сварки обогащается углеродом, поэтому шов получается хрупким и мало прочным.



Фиг. 180 а.
Избыток кислорода.



Фиг. 180 с.
Избыток ацетилена.
1 — ядро, 2 — несгоревший газ.



Фиг. 180 б.
Правильно отрегулированная горелка.
1 — ядро, 2 — наружная зона сгорания.

Фиг. 180 а — с. Ацетиленовое пламя при избытке кислорода, правильной регулировке и избытке ацетилена.

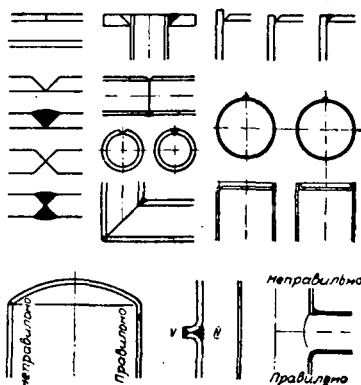
Самый процесс сварки производится следующим образом. Кромки свариваемых листов толщиной до 3 мм приставляются вплотную друг к другу и края сплавляются при ведении вдоль шва пламени горелки. В случае сварки толстых листов одну из кромок скашивают, а в случае очень толстых листов скашивают обе кромки и в клиновидное пространство вваривают чугунный, железный, стальной или медный пруток, в зависимости от того, свариваются ли железные, стальные или медные части. Скашивание кромок имеет целью распространить действие теплоты пламени на всю толщину листа. Автогенным способом можно сваривать в стык не только одни листы, но также трубы, профильное железо и т. д., как со скашиванием кромок, так и без него. Фиг. 181 показывает несколько примеров работ, которые могут выполняться при помощи автогенной сварки. Кроме того, следует еще упомянуть о сварке ящиков, бочек, рам, велосипедных частей, как из железа, так и из стали, чугуна, меди, медных сплавов и алюминия. Автогенный способ сварки применяется с успехом:

на котельных заводах для изготовления и ремонта котлов всех типов, для замены и клепки слабых листов и т. д.;

на машиностроительных заводах и заводах железных конструкций для соединения листов, углового и прочего профильного железа, для изготовления деталей машин, баков как из железа, так и стали, меди и медных сплавов;

на литейных заводах для починки поломанных частей, для заделки раковин и пороков наружного вида, для приварки ребер к нагревательным приборам;

на трубопрокатных заводах для изготовления труб всех размеров (продольные и круговые швы), приварка фланцев и патрубков;



Фиг. 181. Примеры автогенной сварки.

У — предварительная сварка,
Н — окончательная сварка.

на автомобильных и велосипедных заводах для изготовления цельных рам, взамен клепки и соединения болтами и винтами;
на оружейных и артиллерийских заводах;
на верфях для изготовления корпусов небольших судов; для ремонтных работ всех видов и т. д.

на паровозостроительных заводах для изготовления и ремонта котлов, трубопроводов и т. д.;

для трамвайных и железнодорожных путей, а именно для соединения концов рельс и для уничтожения выбоин в стыках рельс;

для изготовления железных оконных рам и т. п. специальных изделий.

Относительно способности свариваться различных металлов следует сказать следующее. Очень хорошо свариваются без флюса: сварочное и мягкое литое железо; хорошо сваривается без флюса поделочная сталь; свариваются без флюса: сталь и ковкий чугун; свариваются с флюсом: чугун, алюминий и медь; плохо свариваются: бронза и латунь, так как при высокой температуре сварочного пламени олово и цинк испаряются; не сваривается никель, который при температуре сварки улетучивается.

Только что упомянутые флюсы (бура и т. п.) имеют целью растворить или сделать жидкими окислы, которые получаются после отливки, например, у чугуна, а у других металлов могут образоваться во время процесса сварки. Флюсы для меди и алюминия имеют особый состав, который часто держится в секрете.

Вследствие сильного нагревания свариваемых предметов, при последующем охлаждении их, в сварочном шве получают внутренние напряжения, которые могут, особенно в случае отливок, представлять большую опасность, как это уже нами объяснено выше. Эти напряжения в значительной степени можно уменьшить тем, что свариваемые предметы доводят до слабого красного каления и лишь в таком состоянии и производят сварку. По окончании последней нужно принять меры к тому, чтобы свариваемый предмет охлаждался во всех своих частях равномерно. В большинстве случаев это достигается укладыванием еще раскаленных изделий в песок или золу. Можно обойтись и без предварительного нагревания изделий, если их для уничтожения внутренних напряжений отжечь. Внутренние напряжения, получающиеся в железных изделиях, в виду вязкости металла, не так опасны. Поэтому в случае железных изделий обычно особых мероприятий для уничтожения внутренних напряжений не применяют.

Медь из-за своей большой теплопроводности требует применения особенно сильных горелок и особенно чистого ацетилена. При сварке медных изделий в большинстве случаев необходимо предварительное подогревание свариваемых предметов при помощи горна, работающего на древесном угле, или второй горелки, чтобы таким образом осуществить подвод необходимого количества тепла.

Полноты ради, мы должны еще упомянуть о двух особых типах горелок: об одной специальной паяльной и о водородно-паяльной горелках. Первая применяется для твердой пайки меди и ее сплавов, главным образом, латуни. В большинстве случаев в этой горелке применяется ацетилен. Вместо чистого кислорода применяется также и сжатый воздух под давлением 4—5 атм. Таким образом горелка легко может быть присоединена к любой имеющейся проводке сжатого воздуха. Температура пламени у этой горелки ниже температуры ацетилено-кислородного пламени, что для твердой пайки очень выгодно. Обращение с горелкой простое и удобное, нагревания паяемых частей не требуется, так как горелка сконструирована с таким расчетом, чтобы пламя имело форму веера, благодаря чему достигается хорошее омывание предмета паяльным пламенем.

Водородная горелка для пайки применяется там, где не требуется слишком сильное пламя. Это имеет место в случае пайки свинца, при сборке аккумуляторов, а также при покрытии свинцом стенок резервуаров, котлов и т. д. В этой горелке применение кислорода или сжатого воздуха отпадает. Горелка питается сжатым водородом, который при помощи редукционного клапана доводится до давления 0,1 — 1,0; необходимый для сгорания кислород получается присасыванием атмосферного воздуха. Благодаря этому, с одной стороны, возможно регулирование температуры пламени в широких границах, а с другой благодаря отсутствию компрессора, обращение с горелкой необычайно упрощается.

д) Экономическая сторона сварки.

Таблица, приводимая ниже, дает цены (в Германии) на различные, необходимые для автогенной сварки материалы, как в мирное время, так и теперь.

Фиг. 182 дает расход газов при водородо-кислородной и ацетилено-кислородной сварке. Тотчас же бросается в глаза, что расход газов при водородо-кислородной сварке вследствие небольшой теплопроизводительности водорода значительно выше, при чем разница в стоимости этих двух способов сварки не компенсируется даже и более низкой ценой водорода (в сравнении с ацетиленом). Предварительное подогревание свариваемых частей в кузнечном горне, которое целесообразно лишь в случае более крупных деталей, уменьшает в обоих случаях расход газов.

Для того чтобы иметь приблизительное представление о величине необходимого ацетиленового генератора, считают, что на каждый миллиметр толщины листа расходуется 100 л ацетилена в час.

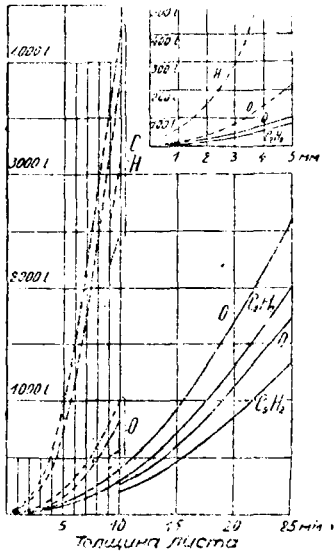
Цены на материалы для автогенной сварки ¹⁾

Наименование материала	За	Цена в Германии	
		в 1914 г., в марках	в серед. 1924 г., в золот. марках
Кислород в баллонах покупателя .	1 м ³	0,60—0,80, включ. доставку	1,00 включая доставку
Кислород в баллонах продавца (аренд.)	1 "	1,10—1,30 " "	1,10 " "
Водород в баллонах покупателя . .	1 "	0,40 " "	1,00 " "
Водород в баллонах продавца (аренд.)	1 "	0,90 " "	1,10 " "
Растворенный ацетилен в баллонах покупателя	1 "	2,20—3,20 " "	2,90 с наполн. станции
Растворенный ацетилен в баллонах продавца (аренд.)	1 "	2,70—3,70 " "	3,40 " " "
Баллоны отпускаются продавцами без особой доплаты на срок 30 дней, свыше этого срока приплачивается за баллон для кислорода или водорода . . .	1 день	0,05	0,10
р-створа ацетилена	1 "	0,05	0,05 до 60 дней
Баллон емкостью 40 л для: кислорода или водорода . . .	1 шт.	~ 50,00	0,10 свыше 60 дней
Растворенного ацетилена с пористой массой	1 "		165,00
Карбит в зернах 16—25, 26—80 мм	100 кг	25,00—30,00	28,00
" " " 1—3, 4—7, 8—15	100 "	с накидкой	29,50
Ацетилен при производстве на месте, включая расходы на амортизацию, заработную плату и т. д.	1 м ³	0,80—1,00	~ 1,13
Прутки из ковкого чугуна с содержанием кремния, в зависимости от диаметра	1 кг	0,60—1,20, включ. доставку	0,75—1,16 без доставки
Железная сварочная проволока . .	1 "	0,30—0,60 " "	0,45—0,53 " "
Сварочный порошок для чугуна . .	1 "	3,00 " "	1,50 без доставки и упак.
То же для меди	1 "		2,75 " " "
То же для латуни	1 "		2,50 " " "
То же для алюминия (хлористый литий из Америки, лицензии) .	1 "		23,00 " " "

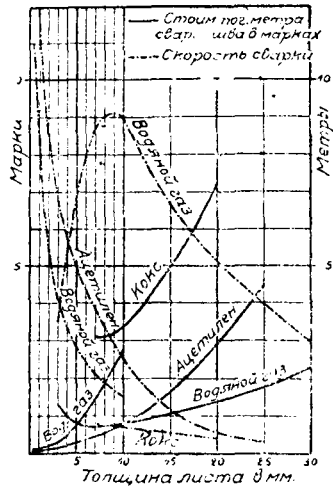
Что касается сравнения водородной с ацетиленовой сваркой, то по этому поводу можно сказать следующее. Установка для водородной сварки стоит дешевле и транспортируется легче ацетиленовой установки. Зато стоимость водородной сварки получается дороже, вследствие более высокого расхода водорода из-за различия в теплопроизводительности (2 360 кал./м³,

¹⁾ Марка (= 100 пфеннигам) по довоенному курсу = 46 коп.

для водорода и 12 270 кал./м³ для ацетилена). Водородную сварку можно применять при толщине листов приблизительно до 10 мм, а ацетиленовую — при толщине до 25 мм и более. Чугун при применении водорода сваривается с трудом, а медь вообще не сваривается. Не маловажным является то обстоятельство, что водородное пламя не производит в железе никаких химических изменений, в то время как ацетиленовое, вследствие содержания углерода, сгорающего не вполне, при неправильном обращении с горелкой и с аппаратом изменяет содержание угле-



Фиг. 182. Диаграмма расхода водорода, ацетилена и кислорода на погонный метр сварочного шва.
— водородно-кислородная сварка.
— ацетилено-кислородная сварка.



Фиг. 183. Диаграмма скорости разных видов сварки и стоимости ее в Германии по ценам довоенного времени.
Скорость сварки указана в м/час.

рода в железе. Ацетиленовая сварка, благодаря своей меньшей стоимости, применяется значительно чаще.

Диаграмма на фиг. 183 дает сравнение часовой производительности различных видов сварки и их стоимости (в Германии) в довоенное время, так как фактические цены постоянно изменяются. Диаграмма составлена из расчета стоимости 1 м³ ацетилена в 90 пфеннигов, водорода — 40 пфеннигов, кислорода — 80 пфеннигов и высоты заработной платы 50 пфеннигов в час.

3. Электрическая дуговая сварка.

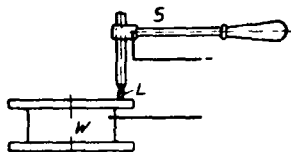
Идею электрической дуговой сварки дала дуговая лампа постоянного тока, в которой по закону Джауля происходит превращение электрической энергии в теплоту и свет. Чтобы привести дуговую лампу в действие, угольные электроды ее сближаются до соприкосновения (короткое замыкание); при обратном отведении их друг от друга образуется вольтова дуга. Точно таким же образом создает вольтову дугу и сварщик, а именно при помощи держателя с электродом. Электрод отклоняют от вертикали на угол около 15° и описывают им небольшие круги с центром в месте сварки, при чем электрод постепенно передвигают вдоль шва. Если при этом электрод будет иметь тенденцию прилипать (примораживаться) к изделию, то резким движением запястья руки вырвать или влево устанавливают снова устойчивую дугу надлежащей длины (фиг. 184).

Для сварки можно применять постоянный или переменный ток. При пользовании постоянным током, в крайнем случае можно брать ток из имеющейся сети нор-

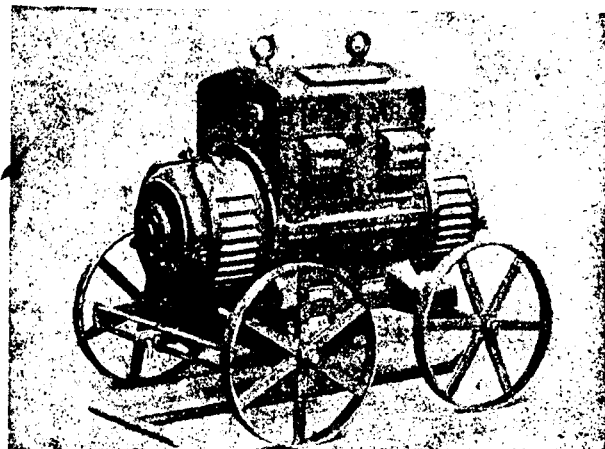
мального напряжения, нужно лишь уменьшить напряжение при помощи сопротивления, при чем, например, при напряжении в сети 110 вольт и при рабочем напряжении 25 вольт теряется около 85 вольт, т.е. круглым числом 75% расходуемой энергии.

Поступая таким образом, мы, не говоря уже о неэкономичности, не можем также достигнуть и хорошего качества сварки. Само собой разумеется, что с увеличением напряжения сети экономичность уменьшается, почему следует работать от особой динамомашины.

Эти динамомашины постоянного тока не должны иметь в рабочей сети никаких сопротивлений или дросселей, чтобы короткое замыкание, получающееся при обрыве вольтовой дуги и ее возобновлении, не производило никаких последствий. Далее, эти машины должны быть регулируемы и должны выдерживать грубое обращение. Конструкция динамомашин для сварки получается еще более совершенной, если ее заключить в вентилируемый кожух, сделать вес ее возможно меньшим и сделать ее легко подвижной. Этим требованиям удовлетворяет умформер, сконструированный в виде комбинации электромотора с динамомашинной (фиг. 185), при чем на чехле умформера поставлены также и измерительные инструменты.



Фиг. 184. Схема электрической дуговой сварки.
L — вольтова дуга, S — держатель электрода, W — свариваемый предмет.



Фиг. 185. Сварочный умформер.

В то время, как динамомашины постоянного тока хорошо удовлетворяют потребностям сварки уже в течение большого промежутка времени, трансформатор переменного тока (специальной конструкции) лишь начинает завоевывать эту область применения тока. Применение переменного тока представляет большую выгоду благодаря меньшей стоимости установки, но зато вольтова дуга при переменном токе менее устойчива, чем при постоянном. Коэффициент полезного действия динамомашин постоянного тока может быть доведен до 60—75%, а у трансформатора переменного тока — до 70—80%. Для того чтобы расплавить один килограмм железного электрода постоянным током требуется 75 минут при расходе 3 кВт·ч; при переменном токе для этого требуется около 45 минут и 2 кВт·ч. Для большей устойчивости вольтовой дуги переменного тока выгоднее применять покрытые электроды и, вместо ведения от руки, применять устройство для механической подачи сварочной проволоки к месту сварки. Сконструированы также и машины, работающие совершенно автоматически, сварка на которых уже производилась с успехом. Такие машины в большинстве случаев комбинируются с нормальными станками.

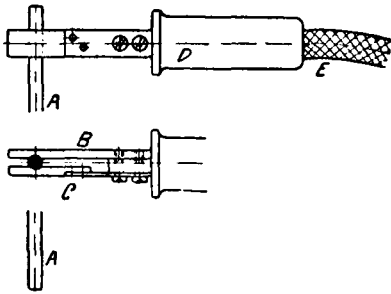
Рабочий ток подводится к держателю электрода при помощи кабеля сечением 50 мм², присоединенного к сварочной машине (фиг. 186). В держателе при помощи пружины зажимается электрод длиной до 350 мм.

В способе Бернадоса применяется угольный электрод, как и в случае дуговой лампы постоянного тока; Славянов применяет голые металлические электроды, а Кельберг, Штротенгер и другие — покрытые электроды. В способе Бернадоса, кроме угольного электрода, применяют еще металлический прут, который служит для питания шва расплавленным металлом. Так как при этом способе приходится бояться науглероживания места сварки, то его применяют лишь для наплавки большого количества металла и резки. Для из-

бежания опасности науглероживания вольтову дугу следует делать длиною 20 — 30 мм, чтобы частицы угля могли сгореть в углекислоту.

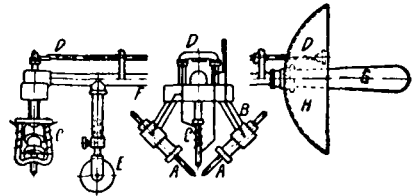
Водоизменением способа Бернадоса является способ Церенера. При этом способе оба электрода вставляются в общую изолированную рукоятку, так что правильная длина вольтовой дуги получается автоматически. Вольтова дуга отклоняется в сторону свариваемого предмета под действием магнита (фиг. 187) и таким образом доводит свариваемое место до температуры плавления. Но так как при этом для нагревания металла используется лишь небольшая часть вольтовой дуги, а именно лишь часть, соприкасающаяся со свариваемым предметом, то расход тока получается более значительным, чем при других способах сварки. Здесь может быть применен и постоянный ток, но переменный пригоден лучше. Этот способ имеет лишь историческое значение.

Чаще всего применяется сварка по методу Славянова и Кьельберга. Электродами при способе Славянова являются металлические прутки круглого сечения (про-



Фиг. 186. Держатель электрода для дуговой сварки.

A — электрод, *B* — наподвижная, *C* — пружинящая зажимная щетка, *D* — изолированная рукоятка, *E* — кабель питательной сети.



Фиг. 187. Держатель электрода переменного тока для дуговой сварки по Церенеру.

A — угольные электроды, *B* — зажим для них, *C* — электромагнит, *D* — выключатель для электромагнита, *E* — опорный ролик, *F* — стержень, *G* — изолированная рукоятка, *H* — щиток для руки.

волок) из мартеновской стали, специального мягкого железа или чугуна, диаметром 2—15 мм. Нормальная проволока для сварки должна содержать максимум 0,18% С, 0,55% Мп, 0,05% Si, 0,96% S и 0,05% Р. Чтобы избежать окисления добавочного металла на самом электроде, Кьельберг покрывает последний слоем огнеупорного, состоящего из проводника 2-го класса, материала (композиция). Проводниками 2-го класса являются все сложные соединения, в том числе и не металлические флюсы. Этот слой, с одной стороны, служит для раскисляющего действия на металл в месте сварки, и в особенности, с другой, для изоляции жидкого металла от азота при помощи образующейся пленки шлака. Многочисленные опыты показали, что благодаря этому получается лишь очень незначительное улучшение, наоборот, при известных обстоятельствах полезное сечение свариваемого изделия, вследствие наличия шлака, уменьшается, если сварщик не удаляет шлак из жидкого кратера. Диаграмма производительности, достигаемая при пользовании этим электродом, показана на фиг. 188. Электрод Штронгера (quasi—дуговой способ) состоит из стального сердечника, обвитого алюминиевой проволокой и оболочки из голубого асбеста, который пропитывается железосодержащими кремнекислой известью или кремнекислым натрием или же силикатом алюминия. Алюминий, добавляемый для раскисления, делает железо густоплавким.

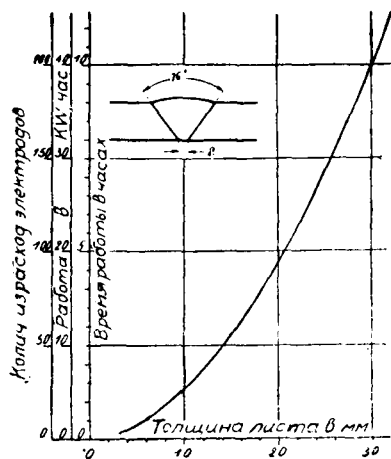
Если металл в месте сварки удается поддерживать очень жидким, то содержание в шве азота и шлаков уменьшается, при этом может быть также избегнута и нежелательная, причиняемая, главным образом, кислородом, красноломкость.

Из вышесказанного видно, что электрическая дуговая сварка может быть охарактеризована, как представляющий известные трудности электрический способ плавки для выполнения которой, а также для суждения о качестве которой необходимо знание процессов, проис-

ходящих при плавке железа или стали. Кроме того, для электрической дуговой сварки имеют еще значение следующие факторы:

- 1) подготовка, способ соединения (обработка кромок) и последующая обработка места сварки;
- 2) химический состав и способность материала изделия свариваться;
- 3) род тока, сила тока, напряжение, диаметр электродов и других частей, а также направление тока;
- 4) искусство сварщика.

1. Выбор ф о р м ы к р о м о к при соединении сваркою требует ряда известных соображений, результаты которых можно отчасти предугадать на основании опытов с заклепочными



Фиг. 188. Диаграмма расхода времени работы, энергии и электродов на 1 м прокованного сварочного шва при дуговой сварке с электродами Кьельберга.

1 сварщик расходует около 20 электродов в час, при условии, что шов проковывается.

1 сварщик расходует около 25 электродов в час, если шов не проковывается.

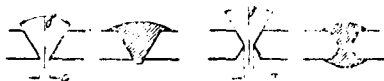
Расход энергии составляет около 200 ватт на 1 электрод.

То же на 1 см³ около 40 ватт.

1 электродом можно заполнить — 5 см³ сварочного шва.

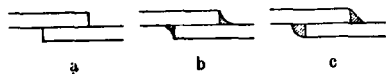
Размер электродов 5 мм в диаметре, 300 мм длиной.

Сила тока 103 — 200 ампер, напряжение 20 — 30 вольт.



Фиг. 189.
V — сварка.

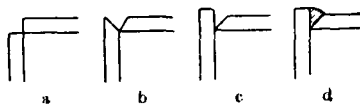
Фиг. 190.
X — сварка.



Фиг. 191 а.
Сварка в напуск.
а — вид соединения перед сваркой.

Фиг. 191 б.
Сварка в напуск.
б — легкая сварка.

Фиг. 191 в.
Сварка в напуск.
в — полная сварка.



Фиг. 192 а — д.
а, в, d — правильная дуговая сварка полосового и листового железа.



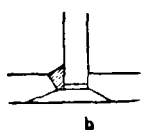
Фиг. 193 а. Электрическая дуговая сварка полосового и листового материала, для резервуаров неправильно, для железных конструкций правильно.

соединениями. Сварка встык плоских материалов может быть применена лишь в случае тонких листов. В последнем случае, однако, выгоднее комбинировать рассматриваемый способ сварки с описываемой ниже электрической сваркой сопротивлением. У листов с толщиной 3 — 7 мм кромки скашивают под углом 30—45°, а у листов большей толщины — под углом 60°. Вследствие возникновения упругих напряжений соединяемые листы кладут не параллельно друг к другу, а делают промежуток между ними на одном конце шириною в 3 мм, а на другом в 5% от длины сварочного шва. При этом X — с в а р к у (фиг. 190) по различным причинам избегают и охотнее пользуются Y — с в а р к о й (фиг. 189). При сварке листов внапуск фаска шва делается вогнутой (полой) или выпуклой (полной) (фиг. 191 а — в). Сечение навариваемого металла всегда должно образовывать равнобедренную фигуру, одинаковые

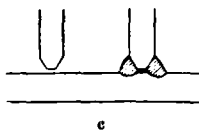
стороны которой равны толщине листа. Примеры на фиг. 192 — 194 показывают, что способы соединения, правильные в одних случаях, оказываются неправильными в других. Так, например, соединение, показанное на фиг. 193 а с успехом применимо для железных конструкций; применение этого соединения при сварке резервуаров представляло бы большую ошибку. Даже у сильно отличающегося от него (в лучшую сторону) соединения по фиг. 193 б, вследствие опасности образования трещин в выбранной канавке, мы уже можем иметь начало разрушения. Плоские материалы, согнутые в форме дуги, следует сваривать по фиг. 194 а; если же незначительная строительная высота не дает возможности применить этот тип соединения, то следует применять способ, показанный на фиг. 194 б.

Для больших требований, чем в случае плоских предметов предъявляются часто к сварке круглых тел (фиг. 195). Если предмет после изготовления лопается по шву, даже когда шов кажется выполненным хорошо, то это показывает, что вследствие неправильного процесса работы сварщику не удалось устранить возникающих при сварке напряжений, из-за которых шов и лопается. Благодарной областью работы для электрической дуговой сварки является уплотнение, обычно производимое чеканкою; путем сварки могут быть сделаны герметичными

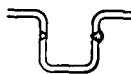
многие типы котлов. Этот же способ применяют и для приварки к трубам фланцев (фиг. 196).



б



с

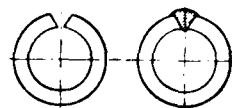


Фиг. 193 б.
Электрическая
дуговая сварка
резервуаров.
б — неправиль-
но.

Фиг. 193 с.
Электрическая
дуговая свар-
ка резервуа-
ров.
с — правиль-
но.

Фиг. 194 а
Электрическая
дуговая сварка
для изогнутого
полосового ма-
териала.
Наилучший
способ.

Фиг. 194 б.
Электрическая
дуговая свар-
ка для изогну-
того полосово-
го материала
при небольшо-
й строитель-
ной высоте.



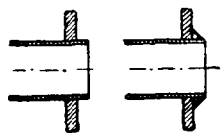
Фиг. 195.
Сварка трубчатых
тел.

Для усиления краев вырезов в полых телах применяют способ, указанный на фиг. 197 а и б; на фиг. 197 а показано усиление внутреннего края отверстия; лучше, хотя и дороже, сварка по фиг. 197 б. Фиг. 198 а показывает наилучший способ приварки фланцев к трубам. Если требуется частая смена фланцев, то наиболее надежным будет соединение по фиг. 196 б. Следует также упомянуть о приварке запасных нормализованных ушков у оснований рабочих приспособлений.

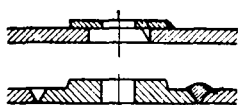
2. Химический состав и т. д. При хорошей сварке материал шва должен держать прочно, быть плотным (непроницаемым) и поддаваться обработке, а также, по возможности, иметь крепость, одинаковую с крепостью изделия. Эти условия в полном объеме удовлетворяются редко. Легче всего можно сваривать электрическим путем литое железо, а также отливки из стали, закаленного и белого чугуна. Труднее свариваются медь, латунь, бронза, никель, алюминий и т. д.; серый чугун сваривается труднее всего. Наиболее важной областью применения электрической сварки является сварка железа и стали. Изменения, получающиеся при сварке твердой стали вследствие растворения углерода (превращение перлита), а также увеличение зерен структуры заслуживают большого внимания, так как оба процесса делают сталь хрупкой. Поэтому при содержании С в количестве более 0,3% сварку следовало бы производить в нагретом состоянии и затем производить отжиг. Так как температура сварки стали лишь немного ниже температуры пережога, то сварку нужно производить очень осторожно.

Если при сварке изделий из серого чугуна пользоваться железным электродом (холодная сварка, т. е. без предварительного нагрева предмета), то вышеприведенные условия соединения, особенно первые два, выполнены быть не могут. Значительно лучшие результаты получаются в том случае, если обрабатываемый предмет предварительно будет подогрет (горячая сварка) и электроды будут из серого чугуна. Непосредственно железо к серому чугуну не приваривают, а соединяют их при помощи слоя белого чугуна или стали с высоким содержанием углерода. Чем быстрее место сварки охлаждается, тем больше должен быть слой белого и тем меньше слой

серого чугуна. Добавление в материал электрода ферросилиция производит выделение графита, а марганец предотвращает выделение его и дает белый чугун (образование цементита), т. е. получается плохо обрабатываемое место сварки. Для уменьшения этих недостатков применяют предварительный подогрев, так же поступают и в случае сварки отливок, содержащих серу. Если внутри материала вдоль прослоек графита проникнет соленая вода, пар, горячие газы или пламя, то материал изделия окисляется настолько, что он делается несваривающимся. Наличие в структуре крупных пластинок графита также наперед указывает на неспособность материала свариваться. При известных обстоятельствах в таких случаях возможна горячая сварка, при чем окислы часто уничтожают действие кремния. Наибольшее содержание графита



Фиг. 196. Наварка фланцев.

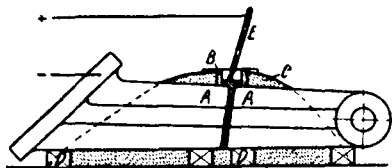


Фиг. 197. Усиление вырезов.

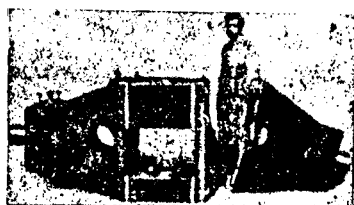


Фиг. 198. Наварка фланцев.

получается при 2,7% кремния, что часто, особенно в случае тонкостенных отливок, является недопустимым и что, поэтому, нужно иметь в виду. Совершенно герметический шов при сварке серого чугуна с литым железом получен быть не может, при гидравлической пробе такая сварка всегда будет пропускать воду. Горячая сварка применяется с целью избежать возникновения в свариваемом предмете внутренних напряжений и для того, чтобы место сварки получилось мягким. Это может быть достигнуто в том случае, если, начиная с температуры 1 100° С, серый чугун будет охлаждаться медленно, будет добавлен кремний, будет избегаться присутствие



Фиг. 199. Сварка поломанного чугунного рычага при помощи вольтовой дуги. А—поломанный рычаг, В—форма, составленная из брусков ретортного угля, С—набитая формовочная земля, D — подкладки, Е — металлические электроды.



Фиг. 200 а. Сварка поломанного чугунного полузна прессы. Вид поломанного предмета.

марганца, и работа будет производиться при надлежащей силе тока. При выполнении этих условий будут одновременно выполняться и все другие требования, которые можно предъявить к сварке. Для того, чтобы металл, получаемый при плавлении электрода, хорошо держался и был предохранен от быстрого охлаждения, свариваемый предмет заформовывают, как показано на фиг. 199 и 200 а — с.

Медь хорошо сваривается автогенным способом при помощи проволоки «Канцлер», но зато плохо сваривается электрическим путем. Она должна свариваться быстро, при возможно более низкой температуре, так как при более высокой она поглощает кислород. При этом она окрашивается сперва во все цвета радуги, при содержании 17% закиси меди она делается коричневой, а затем черной. Вследствие поглощения кислорода медь получается хрупкой, пористой и мало прочной. При быстром выполнении сварки электродами, содержащими фосфор, при медленном охлаждении, непрерывной проковке шва молотком, повторном нагреве, приблизительно до 500° с последующей закалкой в холодной воде, крепость материала в месте сварки может достигнуть цифры 2 000 — 3 000 кг/см², а относительное удлинение 20 — 27%. Применение какого-либо порошка при дуговой сварке меди бесцельно.

Л а т у н ь также обладает способностью поглощать газы, а также выделять в свободном виде олово, цинк и свинец. Поэтому электроды для сварки латуни должны содержать некоторое количество алюминия и флюса из борнокислых меди и натрия, а также борной кислоты. Этот флюс предназначен для поглощения образующегося, при восстановлении окислов состав-



Фиг. 200 b. Сварка поломанного чугунного ползуна прессы. Ползун, свернутый болтами, с широкими вырубленными пазами в месте излома.



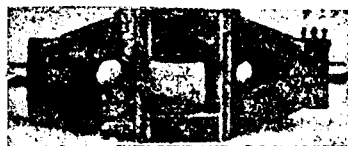
Фиг. 200 c. Сварка поломанного чугунного ползуна прессы. Подготовленный для сварки угольными электродами и заформованный, как на фиг. 199, ползун.

ных частей латуни, глинозема. Что касается остальных условий, то при сварке латуни имеют место те же соображения, как и в случае сварки меди.

Б р о н з у не следует перегревать, так как иначе ее крепость сильно уменьшается. Поэтому при сварке бронзовые изделия следует хорошо зажимать. При содержании олова в количестве более 20% бронза сохраняет свою тягучесть и после сварки. Флюс для бронзы должен содержать некоторые количества фосфора и алюминия. Никель можно сваривать, как и железо, в пластическом (тестообразном) состоянии.



Фиг. 200 d. Сварка поломанного чугунного ползуна прессы. Сварка ползуна.



Фиг. 200 e. Сварка поломанного чугунного ползуна прессы. Готовый предмет после окончания сварки.

А л ю м и н и й требует применения флюсов вследствие высокой температуры плавления его окиси. Его можно лучше сваривать методом сопротивления, чем при помощи вольтовой дуги.

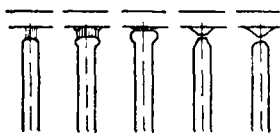
3. Р о д т о к а и т. д. Представление о необходимом напряжении, силе тока и диаметре электродов дает следующая ниже таблица; при этом следует иметь в виду, что сварку следует вести от положительного полюса (держатель для электрода, см. направление тока на фиг. 184—199), чтобы материал свариваемых предметов плавился хорошо. Длина вольтовой дуги должна приблизительно соответствовать диаметру электрода. При большой длине дуги получаются более благоприятные условия для поглощения металлом кислорода и азота. Структура сварочного шва, образовавшаяся в результате действия высоких температур, не может быть изменена. Но механические свойства, особенно относительное удлинение, могут быть изменены, варьируя состав электродов. В среднем может быть достигнуто относительное удлинение 8—10%, если только сварка произведена тщательно.

	Литое железо			Ч у г у н		
Толщина свариваемых листов в мм	5	6—8	10	12—15	—	—
Ампер	100	150	180	200	120—200	250—800
Вольт	20	25	30	30	18—30	35—85
Диаметр электродов в мм	3	4	4	4	3—5	6—15
Материал электродов	литое железо			чугун		

4. Искусство и опытность сварщика преимущественно выражается в распределении интенсивности нагревания во время работы, неправильности в котором часто являются результатом неудач. Весьма тяжелой и ненадежной является п о т о л о ч н а я с в а р к а (когда шов приходится над головой сварщика). В этом случае сварка удастся лишь при условии, что ее ведут от положительного полюса (держатель для электрода) (фиг. 201). Если накладывать металлы тонким слоем, то предшествующее место сварки отжигается и получается мелкозернистое строение. В случае предметов трудных для сварки, работа облегчается постановкой стальных шпилек. Правильная длина вольтовой дуги видна из фиг. 202 *a* и *b*. Короткая вольтова дуга дает лучший эффект,

вследствие более глубокого проникновения теплоты.

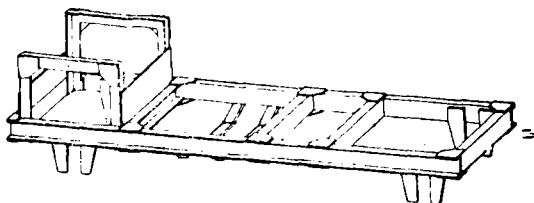
При всех сварочных работах следует также обращать внимание и на безопасность их для сварщика. Если, например, нужно было бы починить бочку, показанную на фиг. 225, в особенности, если она из-под бензина, керосина



Фиг. 201. Ведение дуги при потолочной сварке.

или нефти, то ее следует сперва наполнить водой и снабдить предохранительной трубой, согнутой под прямым углом и могущей вращаться во все стороны. Так как столб воды, находящийся в предохранительной трубе, легко может быть вытеснен давлением, получающимся внутри бочки, то никакого взрыва произойти не может.

Дуговая сварка применяется не только для ремонта, с целью возвратить каким-либо



Фиг. 203. Шасси автомобиля, изготовленное при помощи электрической дуговой сварки.

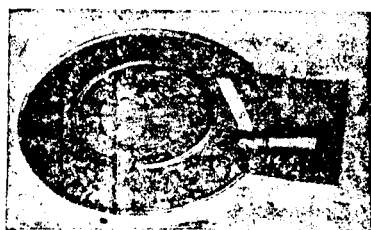
предметам или машинам их первоначальный вид, при наименьшей затрате времени и денег, но также и в производстве (фиг. 203). Если, например, ломается стальное зубчатое колесо, то его можно сварить, даже без подогрева, благодаря чему можно избежать длительного перерыва в работе до получения нового зубчатого колеса. На фиг. 199, а также на фиг. 200 показано, как следует поступать при горячей сварке.

Не трудно также производить автоматическую наплавку слоя металла на сработавшую поверхность какого-либо предмета. Для этого, например, в случае крановых колес их зажи-



Фиг. 202 *a* и *b*. Плохой и правильный способы ведения дуги.

a — вольтова дуга слишком длинна, поверхностная сварка (непровар), *b* — вольтова дуга коротка, происходит образование кратера, сварка получается хорошей.



Фиг. 204. Ручной щиток для предохранения сварщика от жары, яркого света и ультрафиолетовых лучей.

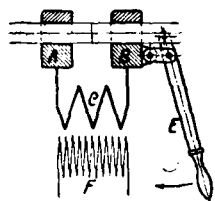
мают между центрами и устанавливают на автоматическую сварочную машину на один из рычагов, соединенный с поперечными салазками. При ручной работе колеса диаметром 560 мм требовали бы 12 часов работы, при описанном же устройстве лишь два часа. Если прибавить к этому 4 часа на обточку (при известных обстоятельствах эти колеса можно ставить на место и необточенными), то расходы при ручной сварке составляют 37 марок, на автоматической машине лишь 17 марок. Следующая таблица дает представление о соответствующей стоимости этих работ.

Толщина навариваемого слоя	Диаметр электродов мм	Сила тока амп.	Скорость сварки м, мин
До 25 мм	1,5	60—90	0,28—0,33
" 75 "	2	90—120	0,15—0,20
Свыше 75 "	3	120—200	0,10—0,15

5. Помещение для сварки должно быть предохранено от сквозняков и иметь хорошую вентиляцию. Стены помещения окрашивают в матовый серый цвет, чтобы ослабить интенсивность излучаемого ультра-фиолетового света. Для защиты глаз применяют ручные щитки (фиг. 204) или шлемы (фиг. 200 *d*), в которые вставлены проверенные при помощи спектро-скопа стекла зеленого или янтарно-желтого цвета, при чем впереди их вставляются еще простые оконные стекла. Сварочным столом служит стальная или чугунная плита с пазами для зажимания предметов. Сварщику следует ставить также стул, чтобы он мог работать сидя и, кроме того, в помещении должен иметься блок. Оборудование дополняют проволоочные щетки, пескоструйная установка и ванна с разведенной серной кислотой (1 : 50), а также ванна с известковым молоком, служащая для последующего удаления остатков кислоты; эти две ванны служат для удаления шлаков после каждой операции.

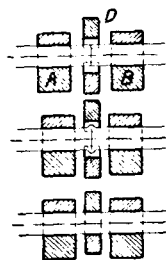
4. Электрическая сварка методом сопротивления.

Наиболее старым видом сварки по методу сопротивления является **сварка в стык**, способ выполнения которой показан на фиг. 205. Свариваемые части закрепляются в двух зажимах *A* и *B*. Через первичную обмотку *F* пропускают однофазный переменный ток с обычным напряжением; 110, 220, 440, 500 вольт¹⁾.



Фиг. 205. Схема электрической сварки в стык. *A* и *B* — зажимы, *C* — вторичная обмотка, *E* — рукоятка, *F* — первичная обмотка.

Этот ток индуцирует во вторичной обмотке *C* переменный ток с напряжением 1—3 вольта, но силой в несколько тысяч ампер. Этот сильный ток от обмотки *C* идет к зажиму *A*, затем через обе свариваемые части и через зажим *B* назад к *C*. В месте соприкосновения поверхностей свариваемых частей, обладающих всегда некоторой выпуклостью, электрическое сопротивление особенно велико и потому это место в несколько секунд доводится до белого каления. Когда температура сварки достигнута, ток выключается и тотчас же обе свариваемые части прижимаются одна к другой при помощи приспособления *E*. Сварка при этом получается очень чистой, если не считать образующегося утолщения в виде валика. Таким образом электрическая сварка по методу сопротивления является сваркой в тестообразном состоянии.

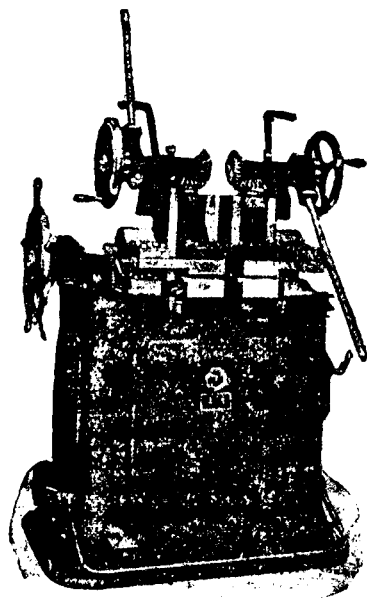


Фиг. 206 а — с. Уничтожение валика, образовавшегося при осаживании. *A* и *B* зажимы, *D* — штамп для удаления утолщения.

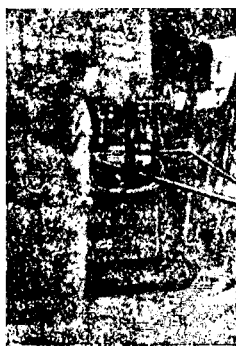
Фиг. 206 *a* показывает предмет до сварки, фиг. 206 *b* — после сварки. Утолщение, получающееся вследствие сжимания свариваемых концов, можно, если это необходимо, уничтожить при помощи круглой обжимки *D* (фиг. 206 *c*), состоящей из двух частей.

¹⁾ У нас нормальными напряжениями для переменного тока являются 120 и 220 В.

Фиг. 207 показывает машину для сварки встык, мощностью 50 — 75 kVA, которая имеет сменные зажимы и может быть применена при различных формах и размерах поперечного сечения свариваемых частей. Внутри машины находится трансформатор уже описанного типа. С правой стороны производится регулирование силы тока в соответствии с сечением свариваемых предметов. Выключатель для первичной обмотки, присоединяемой к сети, находится на задней стороне машины. На станине имеются 2 охлаждаемых



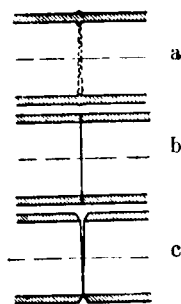
Фиг. 207 а. Машина для сварки встык, мощность 75 kW. Машиностроительный завод Молль в Хемнице.



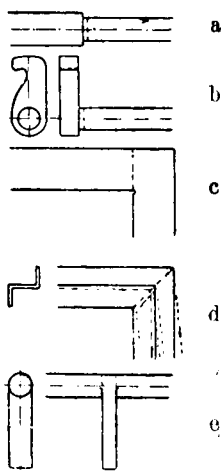
Фиг. 207 б. Машина, представленная на фиг. 207 а, во время сварки валов.



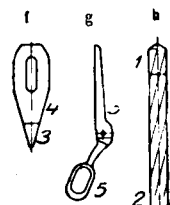
Фиг. 207 с. Результаты испытания сварки ударом. Разрушение произошло вблизи мест сварки.



Фиг. 208 а — с. Сварка труб встык по способу оплавления.



Фиг. 209 а — е. Примеры сварки встык изделий из одинаковых металлов.

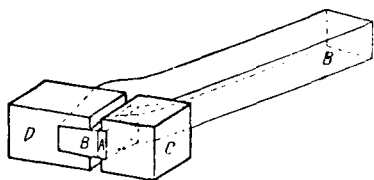


Фиг. 209 f — h. Примеры сварки встык инструментальной стали и железа с сименс-мартеновской сталью, а также стали с ковким чугуном.
1 — инструментальная сталь, 2 — сименс-мартеновская сталь, 3 — сталь, 4 — железо, 5 — ковкий чугун.

водою зажима, верхние части которых могут передвигаться в вертикальном направлении при помощи конических зубчатых колес. После зажимания свариваемых предметов включают ток, наступая ногой на педаль небольшого рычага, находящегося на станине слева. Затем свариваемые предметы, закрепленные в зажимах, вращением сзади них распо-

женного пинцедля с маховичком (виден слева) сдвигаются по направлению друг к другу. По окончании сварки надавливают ногой на другую педаль, имеющую форму дуги и снабженную противовесом, и ток выключается.

Дальнейшим развитием электрической сварки встык является способ электрической сварки путем оплавления концов свариваемых предметов. При этом способе концы свариваемых предметов не нужно предварительно пригонять друг к другу.

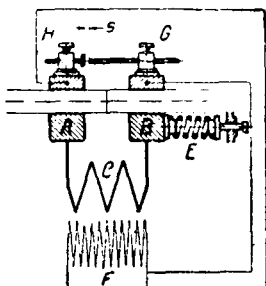


Фиг. 210. Наваривание пластинок из быстрорежущей стали электрическим путем.

A — пластинка из быстрорежущей стали, *B* — тело резца из сименс-мартеновской стали, *C* — медный электрод, *D* — железный электрод.

Свариваемые предметы могут иметь даже и следы обрезки, как например, на фиг. 208 *a* в случае труб. При этом способе предметы прижимаются друг к другу постепенно. Благодаря прохождению тока, выступающие ребра и углы плавятся, и материал их разбрызгивается в виде дождя искр. Когда искры начнут сыпаться одинаково равномерно во всех направлениях, что будет свидетельствовать о соприкосновении предметов по всему сечению сварки (фиг. 208 *b*), ток выключают и прижимают свариваемые части друг к другу (фиг. 208 *c*). Утолщение в месте сварки в данном случае получается меньшим, чем в случае нормального способа сварки встык, т. е. сварки в тестообразном состоянии. При помощи электрической сварки оплавлением концов можно сваривать даже и части резцов из инструментальной и быстрорежущей стали, так как сварка частично происходит в жидком состоянии.

На фиг. 209 представлено несколько примеров электрической сварки встык. Соединяемые части должны в месте соприкосновения иметь по возможности одинаковое сечение. По этой причине, например, вал, изображенный на фиг. 209 *a*, несколько затачивается; также поступают и в случае рычага, представленного на фиг. 209 *b*; при сварке двух угольников (фиг. 209 *c*) в одном из них делается небольшой пропил; угол рамы, представленной на фиг. 209 *d*, должен свариваться таким образом, чтобы сперва были прихвачены лишь острые углы соединяемых заготовок, так как иначе они легко сгорают.

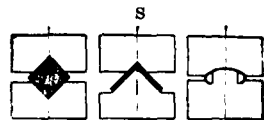


Фиг. 212. Схема автоматической электрической сварки встык.

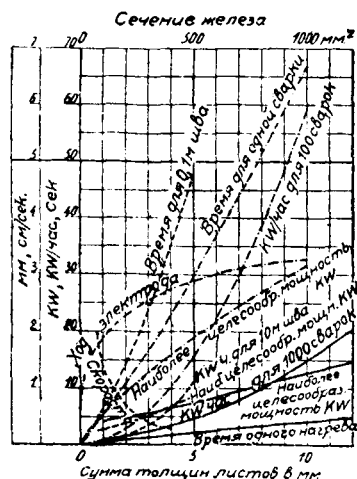
A и *B* — зажимы, *C* — вторичная обмотка, *E* — пружина, *F* — первичная обмотка, *G* — переставные электроды, *S* — ход электрода.

Фиг. 209 *f*—*h* показывают экономное использование инструментальной стали, что достигается при помощи сварки встык.

Дальнейшая экономия, особенно в случае режущих инструментов большого сечения, получается при наварке пластинок быстрорежущей стали на тело резца из мартеновской стали. Если такие пластинки приваривать в закаленном состоянии, то часто получаются трещины, происходит пережог или они впоследствии отскакивают. Этот недостаток устраняется при помощи особого



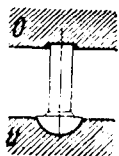
Фиг. 211. Зажимы для сварки встык.



Фиг. 213. Диаграмма расхода энергии в kWh, расхода мощности в kW, расхода времени в секундах, скорости сварки в см, хода электрода в мм для электрической сварки встык, точечной сварки и сварки внапуск.

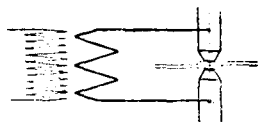
приспособления; в нем пластинка из инструментальной стали закрепляется в медном зажиме, который вследствие быстрого отведения лишней теплоты предохраняет пластинку от перегрева. Одновременно железный зажим аккумулирует в себе теплоту, образующуюся в теле реза из мартеновской стали. Необходимый для этого расход энергии в среднем доходит до $31,5 \text{ кв. сек/см}^2$ поверхности сварки, производительность же в среднем составляет 25 — 30 штук в час.

Зажимы должны представлять возможно меньшее сопротивление прохождению тока. Они делаются поэтому из меди и должны обхватывать свариваемый предмет, по возможности, по всему периметру. Фиг. 211 показывает зажимы для квадратного и углового железа, а также для ободьев автомобильных колес. Описанную сварочную машину нужно считать типичным примером такого рода аппаратов. Конечно, существует большое количество и других разнообразных специальных сварочных машин, которые отличаются, главным образом, устройством зажимов. В настоящее время имеются машины для сварки проволоки, ободьев автомобильных колес, углов из профильного железа, звеньев цепей, подков и т. д.



Фиг. 214.
Электрическое на-
гревание закле-
пок.
О — верхний,
У — нижний
электрод.

Такие машины построены также и с автоматическим вкладыванием свариваемых предметов, а также с автоматическим включением и выключением тока. Принцип действия машины для сварки встык с автоматическим выключением показывает фиг. 212. Обычно свариваемые предметы зажимаются руками, здесь же это производится при помощи сильной пружины *Е*. Свариваемые части в месте соприкосновения становятся мягкими и, следовательно, под действием пружины сближаются. После перемещения на некоторую



Фиг. 215. Схема электрической точечной сварки.

определенную длину *S*, при помощи электродов *G* и *H* замыкается вторая цепь, ток которой приводит в действие выключающее реле для первичного тока и тем самым и для вторичного.

Фиг. 213 показывает диаграмму расхода тока и производительности, а также величины перемещения предметов и времени требующегося для электрической сварки встык при различной площади поперечного сечения. Сварка выгодна и при более высоких ценах на электрическую энергию, так как последняя затрачивается лишь в желаемом месте и потери являются крайне незначительными.

Ради полноты следует упомянуть, что подобные же машины применяются также и для нагревания заклепок. Так как материал заклепок может обладать различной проводимостью, то машина для нагревания заклепок должна допускать регулирование напряжения. Ток, необходимый для экономически выгодного нагревания заклепок, берется от трансформатора переменного тока с нормальным напряжением в первичной обмотке, мощностью 15 — 25 kVA, при чем коэффициент мощности не должен падать ниже 0,7. Напряжение вторичной обмотки составляет 2 — 4 вольта, сила же тока в ней — около 1700 амп/см^2 поперечного сечения тела заклепки. Заклепки зажимаются между представленными схематически на фиг. 214 верхним и нижним электродами из тгнутой меди, при чем поверхность электродов должна быть свободна от окалина; заклепка зажимается рукой или ногой при помощи медали, после чего включается ток. Машина для нагревания заклепок должна допускать регулирование силы тока (5 — 6 ступеней); кроме того, она должна допускать возможность быстрого и надежного приспособливания ее для нагревания заклепок разных длин. Нужно весьма энергично бороться с привычкой держать заклепку раскаленной путем непрерывного включения и выключения тока, т. е. производить быстрое нагревание путем установки регулятора (реостата) на более сильный ток. Вследствие такого неправильного способа работы заклепка становится внутри жидкой. При этом наружный слой материала заклепки может дать трещины, получается брак, и во всяком случае заклепки становятся холодноломкими, что обнаруживается при высказывании головки. При правильном нагревании, т. е. если оно производится возможно медленнее, головка заклепки накаливается до темно-красного, а тело ее до светло-красного каления. Слишком сильное нагревание, получающееся в местах соприкосновения электродов с заклепкою, в разных конструкциях машин уменьшается при помощи искусственного охлаждения,

а именно, при помощи: 1) постоянного притока свежей воды, 2) циркуляции воды, 3) охлаждения за счет испарения, 4) охлаждения воздухом при помощи вентилятора.

Как в случае других машин для сварки по методу сопротивления, в машинах для нагревания заклепок наиболее распространено охлаждение при помощи постоянного притока свежей воды (фиг. 207, 219, 221). Остальные способы охлаждения следует считать еще недостаточно разработанными. При сравнении рассматриваемого способа и кузнечной сварки с экономической точки зрения, получаются следующие данные:

угольный горн: 0,8 кг угля = 5 800 калорий . . .	} На 1 кг заклепок,
машина для электрического нагревания заклепок:	
0,4 kWh = 1 600 калорий	

следовательно, имеем отношение 4 : 1.

Часовая производительность машины для нагревания заклепок (с зажимами для одной заклепки) составляет:

Заклепки: $\frac{1}{2}$ "	81 шт.	45 сек/шт.
$\frac{5}{8}$ "	75 »	48 »
$\frac{3}{4}$ "	69 «	52 »
$\frac{7}{8}$ "	52 »	70 »
1"	44 »	82 »

В последнее время обыкновенные клепальные машины снабжают также электродами: холодную заклепку вставляют рукой в отверстие, включают ток, отводят электроды и сдавливают заклепку.

Из сварки встык развилась электрическая точечная сварка, которая достигла большого значения и принцип которой показан на фиг. 215. Точечная сварка служит для соединения двух листов или слабых профилей путем сварки лишь на ограниченном месте (точка). Листы соединяются (фиг. 215) в напуск, вставляются между двумя электродами, затем включается ток низкого напряжения, но большой силы, и листы в местах соприкосновения доводят до температуры сварки. Затем верхний электрод сильно прижимают к нижнему, и листы в соответствующем месте свариваются друг с другом. С целью применения точечной сварки для толстых листов, особенно для судостроения, были построены машины ¹⁾ в виде пневматической клепальной машины. Механическое сжатие листов производится давлением воздуха (максимальное давление составляет 11 300 кг, диаметр цилиндра равен 200 мм, давление воздуха 7 кг/см²).

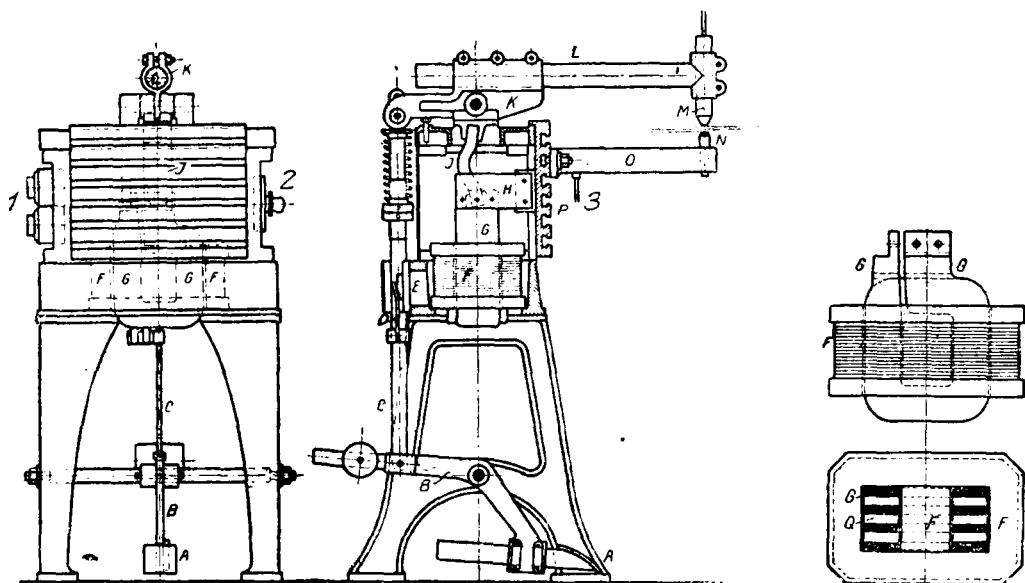
При помощи этой машины можно сваривать листы толщиной в 13 мм в течение 12 — 15 секунд точками диаметром 25 — 32 мм. Особый тип машины, производящий сварку двух точек одновременно, имеет вылет 1 830 мм, расход энергии — 2×450 kVA и давление воздуха — 2×13 600 кг. Если сделать два ряда точек с шахматным расположением, то при расстоянии между центрами точек, равном диаметру их, шов может получиться прочнее самих листов. Для предохранения электродов от естественного износа, на них можно надевать сменные медные колпачки, благодаря чему избегается необходимость припиливания электродов.

На фиг. 216 и 217 показан чертеж с в а р о ч н о й м а ш и н ы, а на фиг. 218 — фотографический снимок ее. Нажимая педаль А, мы посредством рычага В приподнимаем штангу С и таким образом производим замыкание тока при помощи выключателя DE. На фиг. 217, Q представляет первичную обмотку переменного тока обычного напряжения. Этот ток индуктирует ток во вторичной обмотке, G, состоящей из одного медного витка. Электроды M и N сделаны из меди или бронзы и охлаждаются водою, так как иначе они при длительной работе передали бы свою теплоту обмотке, и изоляция была бы разрушена. При нажатии на педаль А верхний электрод сближается с нижним и таким образом получается давление на листы, необходимое для выполнения сварки. В зависимости от формы свариваемых изделий рукав O можно устанавливать на плите P в различных положениях. Верхний электрод M можно устанавливать

¹⁾ См. 3-ю часть.

в наклонном положении под любым углом. Если нужно, оба электрода могут иметь любую изогнутую форму.

Сварка двух листов происходит всегда в плоскости, делящей пополам полное сечение материала в месте сварки. Если свариваемые части имеют неодинаковое сечение, то нужно применять специальные зажимы. Если нужно сварить толстый лист с тонким, как, например, в случае приварки ушка, то сперва выдавливают в нем ряд углублений конической формы (фиг. 219). Если оба листа очень тонки, то в нижний зажим под углубления в верхнем листе вставляются шпильки, чтобы теплота сосредотачивалась в них (фиг. 220). Если гладкий шов не нужен или желательно получить декоративный вид, то листы можно накладывать один на другой



Фиг. 216 и 217. Машина для электрической точечной сварки фирмы А. Е. Г. Берлин.
 А и В — педаль, С — тяга, Е — выключатель, F — железный сердечник трансформатора, G — вторичная обмотка его, H — шины для тока, I — гибкий кабель, K — зажим для держателя верхнего электрода, L — литой держатель из красной меди для верхнего электрода M, N — нижний электрод, O — переставной держатель его, P — зажимная плита для O, Q — первичная обмотка.
 1 — плавкие предохранители, 2 — выключатель, 3 — охлаждающая вода.

и сваривать так, как показано на фиг. 221. Точечная сварка получила распространение главным образом, для сварки тонких листов. Точечная сварка может служить для замены клепки, как это показывает фиг. 222, так как она не ослабляет материала, дает значительную экономию в материале и времени, сварка производится весьма аккуратно, и место сварки получается гладким. Диаграмму расхода тока см. на фиг. 213.

При расположении отдельных точек в непрерывный ряд можно получить также и сварочный шов. Но для этой цели лучше брать машину для сварки швом, которая, вместо цилиндрических, имеет роликовые электроды (фиг. 224), в остальном же их конструкция подобна конструкции машины, представленной на фиг. 216 и 217. Верхний ролик приводится во вращение от руки или же при помощи механического привода. Фиг. 224 показывает машину для круговых швов. Таким образом, в этих машинах получается непрерывный сварочный шов. В зависимости от того, перекрываются ли листы лишь на толщину материала, или на большую величину, шов на готовом изделии может быть сделан незаметным в первом случае и видимым во втором. Пример сварки шва показывает фиг. 225.

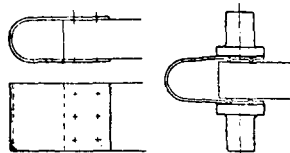
Во время сварки роликовые электроды часто увлекают частицы размягченного материала и после полного оборота снова впредытоуют их в сварочный шов. Эти недостатки устраняются тем, что роликовые электроды двигают вперед не непрерывно, а так сказать толчками, при чем

ток при стоянии роликов охлаждается под их давлением. Благодаря такому устройству отрывание частиц металла от сварочного шва прекращается и одновременно шов становится более плотным. Подобного рода способ называется интегральной или прерывистой сваркой швов.

Сварка при этом способе получается настолько хорошей, что, например, обечайку после сварки можно растягивать, сжимать и т. д. без нарушения целостности шва. Особенно большое

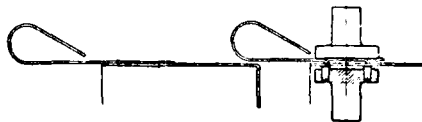


Фиг. 218. Фотографический снимок машины для точечной сварки, начерчен на фиг. 219.



Фиг. 219. Приварка тонкостенного ушка к материалу значительной толщины.

Фиг. 219 а. Сварка тонких листов путем выдавливания возвышений (или углублений).



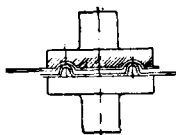
Фиг. 220. Сварка двух листов одинаковой толщины, с получением гладкой поверхности.

распространение электрическая сварка швов нашла на заводах, изготовляющих жестянки для консервов.

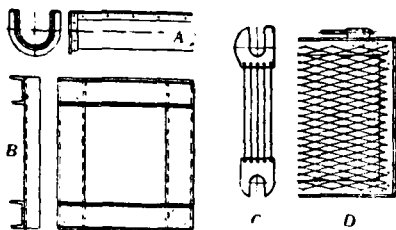
Видоизменение машины для сварки швов представляет машина для сварки пустотелых изделий, которая работает по принципу, представленному на фиг. 226.



Фиг. 221 а. Сварка двух листов одинаковой толщины, с оставлением на поверхности возвышений (или углублений).



Фиг. 221 б. Сварка тонких листов путем выдавливания возвышений (или углублений).

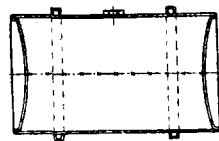


Фиг. 222. Примеры точечной сварки. А — жолоб из листового металла, В — рама из швеллерного железа. С — плавкий предохранитель, D — железная дверь с проволочной сеткой.

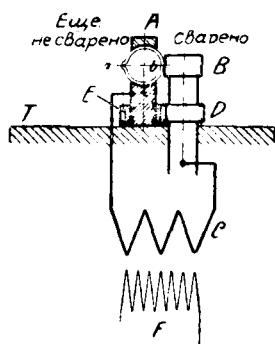
Эта машина предназначена для сварки полых тел небольшого сечения из двух штампованных половин. Штампованные (выдавленные) части берутся для сварки вместе с заусенцами, нарочно оставляемыми после штамповки (видны на рисунке в месте, обозначенном буквой а). Зажим А имеет такую же форму, как и свариваемое тело, т. е., например, изогнутую, если полое тело должно иметь изогнутый вид. Электродом В является вертикальный вал посередине стола, изолированный от других металлических частей и имеющий на верхнем конце головку и зубчатое колесо В, которое сцепляется с зубчатой рейкой Е. При работе зажим А вместе с предметом кла-

дятся руками на стол и руками же продвигается мимо *B*, при этом обе половины предмета свариваются в одно целое.

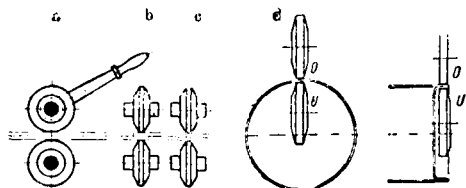
Преимущество всех электрических сварочных машин состоит в простоте их обслуживания, которое может быть предоставлено даже необученным подросткам и женщинам. Кроме того, сварка этими машинами и дешевле других видов сварки. Например, при помощи машины для точечной сварки один рабочий может сделать до 1 200 сварок в час. При такой производительности сварка обходится на 25% дешевле клепки. Это представляет удешевление на одну четверть стоимости клепки. На сварочной машине можно получить до 2 м готового шва в минуту, что дает более значительную производительность в сравнении с автогенной сваркой. Конечно, электрическая сварка по методу сопротивления применяется почти исключительно на заводах



Фиг. 225. Бочка для керосина, сваренная электрическим способом.

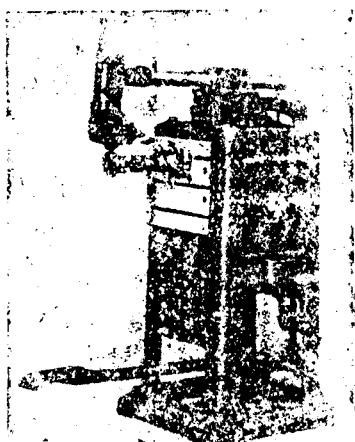


Фиг. 226. Схема электрической сварки полых тел. *A* — нижний зажим с зубчатой рейкой, *E* — электрод, *C* — вторичная обмотка, *D* — зубчатое колесо, *E* — зубчатая рейка, изолированная от *A*, *F* — первичная обмотка.



Фиг. 223 а — е. Схема электрической сварки швов.

a — *c* сварка обыкновенных швов, *d* — сварка продольного шва у полых тел, *e* — тоже кругового шва, *O* — верхний, *U* — нижний электроды.



Фиг. 224. Машина для сварки круговых швов, фирмы Сименс-Шуккерт.

с массовым производством. Диаграмма расхода тока при этом способе помещена на фиг. 213. Прочность шва, сваренного электрическим способом, всюду почти такая же, как и в остальных частях листа.

К металлам, свариваемым электрическим путем, прежде всего относятся железо и сталь, так как эти металлы принимают тестообразное состояние. Этим же способом можно сваривать медь, латунь и бронзу, при условии наблюдения за постоянством силы тока и за тем, чтобы давление зажимов было незначительным, хотя эти металлы тестообразного состояния

и не принимают. В случае меди расход тока, вследствие большой проводимости, приблизительно на 40% больше, чем в случае железа. Алюминий также может свариваться этим способом сравнительно хорошо. Всегда имеющийся на нем слой окиси легко пробивается током и при сжатии свариваемых частей окись вытесняется в стороны. Вследствие большей теплопроводности нежелезных металлов, изделия из них приходится зажимать на более значительной длине. Так, например, из следующей таблицы видно, что длина зажимов (вернее длина обжатия) для латуни должна быть в два раза больше, чем для железа.

М е т а л л	Проводи- мость	Температура плавления в градусах Цельсия
Алюминий	35	625
Железо	7,6	1 550
Медь	58	1 100
Латунь	14	1 000
Никель	7,7	1 500

Принцип сварки по методу сопротивления может быть также применен для отжига отдельных частей предмета с целью дальнейшей обработки их, что производится при помощи нескольких коротких замыканий.

В случае легкоплавких металлов, а также и железа, вместо сварки, может применяться также электрическая твердая пайка. Последний способ одинаков со способом сварки. В отличие от последней, предмет при помощи широких электродов, доводится лишь до температуры, по которой становится жидким только припой, насыщаемый на спаиваемые части или между ними. Электрическая пайка уже хорошо зарекомендовала себя при соединении латунных и нейзильберовых частей.

5. Термитная сварка.

По способу термитной сварки, изобретенному Гольдшмидтом в Эссене, для нагревания свариваемых предметов пользуются нагревательной массой — термитом, который состоит приблизительно из одной части (по весу) металлического алюминия в порошке и 3 частей окиси железа, также в порошке. Если эту массу зажечь, то она продолжает гореть сама, при чем окись железа распадается на металлическое железо и кислород, последний тотчас же соединяется с алюминием в окись, которая в расплавленном состоянии образует шлак, а именно корунд:



Корунд благодаря своей твердости используется для шлифовки вместо наждака¹⁾. Так как при разложении 1 кг окиси железа расходуется 1 320 кал., для 3 кг, следовательно, расходуется 3 960 кал., при сгорании же одного килограмма алюминия в окись получается 7 200 кал., то при сгорании 4 кг термита остается избыток в 7 200 — 3 960 = 3 240 кал., т.е. при сгорании 1 кг термита получается 810 кал. Выделяющаяся теплота нагревает образующиеся металлическое железо и шлаки приблизительно до 3 000°, т.е. значительно выше их температур плавления. Эта горячая расплавленная масса, будучи взята в соответствующем количестве, сама в состоянии довести до температуры сварки более крупные предметы. Железо, получающееся из окиси железа и называемое термитным, в большинстве случаев имеет состав средней мягкости, т.е. содержит 0,10% С. При добавлении марганца или ферромарганца термитное железо может быть сделано похожим на сталь, а при добавлении чугуна может быть сделано настоящей сталью,

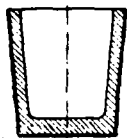
¹⁾ См. 3-ю часть.

которая так же, как и термитное железо, допускает ковку. Для увеличения количества расплавленного железа можно также добавлять обрезки железа (до 50%). Эти обрезки плавятся в термитном железе и смешиваются с ним. В Германии 1 кг термита перед войной стоил около 2,25 марки со склада в Эссен-Руре, без доставки.

Температура воспламенения термита настолько велика, что для его зажигания применяют специальную массу из окиси бария и алюминия. Эту массу в свою очередь зажигают при помощи спички или же раскаленным прутом железа.

При сварке термитом, образующееся расплавленное железо, а часто и шлаки (вместе с железом или отдельно от него) приводятся в соприкосновение со свариваемыми предметами в местах, подлежащих сварке. Это производится следующим образом.

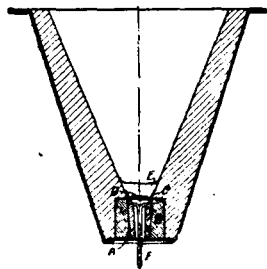
При первом способе тигель, выложенный магнезией (MgO), хорошо просушивается раскаленным коксом и загружается небольшим количеством термита (фиг. 227). На термит кладется зажигательная масса, о которой уже упомянуто выше. При зажигании последней смесь вступает в химическую реакцию, после чего все время подсыпает остальное количество термита. Перед применением термитного железа сперва следует слить плавающий сверху корундовый шлак. Тигель переносится при



Фиг. 227.
Специальный тигель.

помощи носилок, подобных применяемым в литейном деле, шлаки сливаются путем осторожного наклона тигля, а остающееся железо выливается в требуемое место; тигель должен быть выложен магнезией потому, что этот материал, в противоположность шамоту, содержащему кремневую кислоту, при высоких температурах не плавится и не трескается. В виде исключения, для однократного применения, можно пользоваться и графитовым тиглем.

При втором способе применяют тигель особой формы (фиг. 228). Этот тигель также выкладывается магнезией и книзу сильно сужается. В такой тигель вся масса необходимого для сварки термита загружается сразу и зажигается, как выше. Когда реакция в тигле оканчивается, масса разделяется на два слоя (термитное железо и шлаки) по их удельному весу, т.е. шлаки всплывают над железом. Если железный штифт F протолкнуть кверху, то сперва начнет вытекать железо, а затем и шлаки, которые также можно применить для нагревания или поддержания в нагретом состоянии свариваемых кусков. На фиг. 229 видно, каким образом производится установка этого тигля на треножнике над формой и каким образом производится поднятие штифта F при нажимании на правый конец рычага G .



Фиг. 228. Конический тигель для термитной сварки.

A — магнезиальная футеровка, B — мундштук, C — листовой асбест, D — железный кружок, E — песок, F — штифт, служащий пробкой.

а) Сварка в стык.

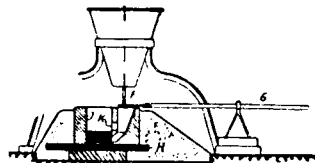
Сваркою встык пользуются для соединения труб, полосового, круглого и профильного железа, а также трамвайных рельсов, когда требуется, чтобы место сварки не получалось утолщенным в сравнении с остальным сечением свариваемых материалов. Свариваемые части так же, как и в случае электрической сварки по методу сопротивления, укрепляются в зажимах, представляющих одна к другой и окружают форму из чугуна или огнеупорной глины, стенки которой отстоят от места сварки на расстоянии нескольких сантиметров. Затем в форму наливают сперва, лучше всего, шлак, а затем термитное железо. По истечении 2 — 30 минут свариваемые концы, благодаря нагреванию термитным железом, доводятся до температуры сварки, после чего их сближают друг с другом при помощи двух пар зажимов. Таким образом, термитное железо служит лишь для нагревания свариваемых поверхностей и само с предметом не сваривается. Шлаки, которыми свариваемые предметы обливаются вначале, обволакивают предметы и предохраняют их от соприкосновения с термитным железом. Этот способ обычно

применяется лишь при сварке предметов не слишком большого сечения, так как иначе может случиться, что предметы будут доведены до надлежащей температуры лишь по наружному периметру, а потому и сварка будет происходить лишь снаружи.

б) Наплавка и приливка.

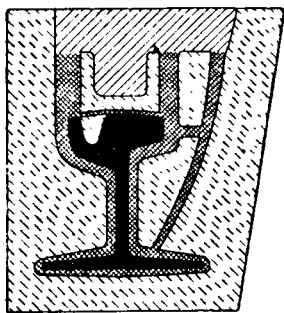
Этот способ благодаря своей простоте и дешевизне применяется чаще всего. При нем термитное железо, налитое в формы, служит не только для нагревания предмета, но также и в качестве материала, связывающего соединяемые части. Таким образом, термитное железо сваривается с последними и потому при данном способе шлаки ни в коем случае не должны попадать в форму раньше железа.

Целью наплавки является получение утолщения у плиты или трубы в виде фланца, выступа и т. д. В этом случае сварка производится следующим образом (фиг. 229). Пусть, например, нужно прилить утолщение к плите *Н*. Для этого на нее ставится форма *Л* из огнеупорного материала, которая по общим правилам литейного дела снабжается отдухами и должна быть пористой, кроме того, форма должна быть совершенно сухой. Все щели должны быть тщательно замазаны глиной, так как термитное железо очень жидко и может вытекать даже через мельчайшие отверстия. Термитное железо приготавливается, лучше всего, в тигле, дно которого снабжено отверстием, и выпускается в форму. При этом в форме и образуется та выступающая часть, которую следовало наварить. Отверстие *К* предназначено для выпуска шлаков на утолщение с целью поддержания в нем высокой температуры в течение долгого времени. При налипании термитного железа из тигля обычной формы последняя операция, конечно, была бы невозможна, так как в этом случае шлаки сливались бы первыми.



Фиг. 229. Наплавка утолщения на плиту.
F — пробка тигля, *G* — рычаг к ней, *H* — плита, *L* — форма для литья, *K* — литник.

Приливка (или приплавка) применяется для соединения двух частей, например, валов, частей поломанной спицы, рычага, шатуна, зубчатого колеса. При этом способе свариваемые части соприкасаться не должны, а, наоборот, они должны, особенно при ремонте, отстоять друг от друга на несколько сантиметров. В случае необходимости требующийся зазор может быть сделан при помощи зубила (фиг. 199). Для соединения двух частей в промежутке между ними, а, в большинстве случаев, также и вокруг места соединения, наливается термитное железо, которое и сваривается с обоими концами. При обливке линии излома, валик, образующийся кругом, усиливает прочность предмета. Для экономии в термите стык рельсов нагревается в течение 20 — 25 минут до светло-красного каления, например, при помощи бензоловой горелки. В последней бензол испаряется под давлением приблизительно 6 атм. и при встрече внутри формы с поверхностью предмета он воспламеняется.

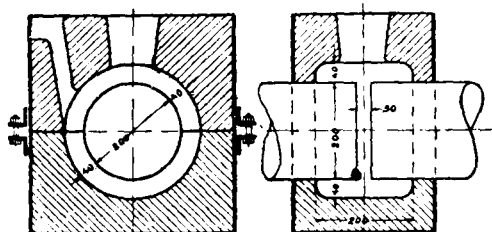


Фиг. 230. Сварка рельс по термитному способу. Термитное железо соприкасается со свариваемыми рельсами непосредственно, а шлаки всплывают вверх.

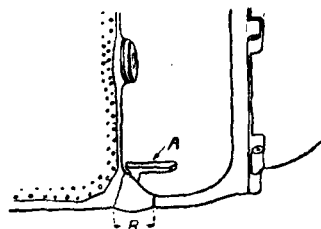
Фиг. 230 представляет новейший, зарекомендовавший себя, способ изготовления формы для сварки трамвайных рельсов. Чтобы избежать образования усадочной раковины в момент затвердевания, для чего необходимо поддержание надлежащей температуры в выпоре, используют теплоту шлаков.

Рельсовую сталь с содержанием 0,5% С можно сваривать описанным термитным способом еще без труда. При более высоком содержании углерода сварка производится при помощи так называемого металлогенного термитного способа, при котором между рельсами прокладывается лист железа, покрытый тонким слоем меди.

Фиг. 231, в качестве примера, показывает сварку двух валов. Разъемная форма делается из формовочной земли, массы, глины или шамота. Она накладывается на концы валов, свинчивается, и все щели в ней хорошо замазываются глиной. Форму лучше всего наполнять из тигля, имеющего на дне отверстие. Литник и прибыль удаляются по охлаждении. Фиг. 232 показывает ахтерштевень, отремонтированный путем приливки и обливки снаружи линии излома. Места обливки указаны на чертеже буквой В. Литник А еще не удален.



Фиг. 231. Сварка валов.

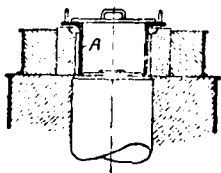


Фиг. 232. Сварка поломанного ахтерштевня.

А — еще не удаленный литник, В — место сварки.

в) Подготовка (размягчение) поверхности чугунных и стальных отливок для приливки к ним новых частей.

При сварке по способам, описанным выше (а, в), термитное железо имеет всегда состав ковкого железа, иногда мягкой стали. Если ремонтируемый предмет представляет стальную или чугунную отливку и если место сварки впоследствии должно обрабатываться на каких-либо станках, то очень часто неоднородность материала вредит делу. Например, если бы отломанная часть чугунной шейки была прилита термитным железом, то при работе получился бы неравномерный износ шейки вала или вкладышей подшипника, так как термитное железо имеет твердость, отличную от твердости чугуна, из которого шейка состояла прежде и из которого она будет состоять наполовину и после приливки. Если при ремонте, например, в случае поломки шеек вала, необходимо, чтобы привариваемая часть состояла из того же материала, как и сам предмет, то термитное железо, в качестве материала для приливки, применить нельзя. В этом случае приливку можно производить при помощи жидкого чугуна или стали, но для того, чтобы эти материалы хорошо соединились с ремонтируемым предметом, поверхность излома последнего нужно хорошо размягчить. Прежде для сварки частей отливки на соответствующие места ее в течение большого промежутка времени лили возможно более горячий чугун. При помощи термита эта работа выполняется скорей и удобнее, так как термитное железо имеет весьма



Фиг. 233. Приварка чугунной шейки.
А — железное кольцо для удаления шлаков.

высокую температуру. Форму для приливаемой части накладывают так, чтобы не получилось щелей и на поверхность излома из тигля, через отверстие в его дне, выливают небольшое, но достаточное для того, чтобы свариваемые поверхности размягчились в течение нескольких минут на глубину нескольких сантиметров, количество термитного железа. Затем из плавильной печи в форму наливают жидкий чугун или сталь, которые сменяются с сравнительно незначительным количеством термитного железа. Вследствие того, что чугун содержит больший процент углерода, смесь его с термитным железом можно регулировать таким образом, чтобы она имела желаемый состав.

Шлаки, попадающие в форму вместе с термитным железом, перед вливанием чугуна должны быть удалены со стенок формы. Эту операцию можно избежать, вставляя железное кольцо А (фиг. 233), к которому шлаки пристаивают, образуя горизонтальную стенку, упирающуюся в стенки кольца.

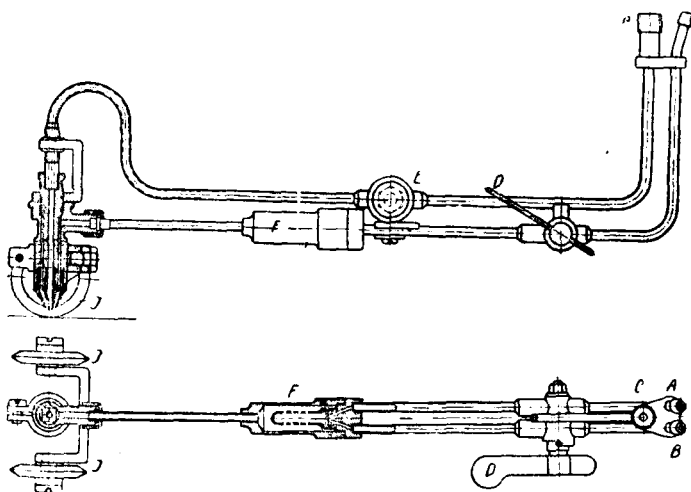
Перед вливанием чугуна это железное кольцо вынимается.

Автогенная резка.

Резка железа и стали при помощи кислорода, называемая автогенной резкой, производится следующим образом. При автогенной резке какой-нибудь угол, ребро или же небольшую часть предмета доводят до раскаленного состояния при помощи водородного или ацетиленового пламени, как в случае автогенной сварки, или также при помощи вольтовой дуги, как в случае дуговой сварки, и затем на нагретое место направляют струю чистого кислорода с очень значительной скоростью. В месте встречи струи кислорода с раскаленным железом происходит энергичное сгорание железа; теплота развивающаяся при этом (1800 кал. на 1 кг железа), значительно превосходит скрытую теплоту плавления железа, которая, включая теплоту, идущую на нагревание до температуры плавления, составляет лишь максимум 250 кал. на 1 кг. Таким образом, за счет теплоты, выделяющейся при сгорании одной части кислорода, можно расплавить, приблизительно, 3—4-кратное количество железа, хотя большая часть теплоты и отводится от места резки металлом предмета. При этом расплавленное железо, вследствие действия сильной струи кислорода, выдувается прочь, и, таким образом, в предмете в самое

Фиг. 234. Горелка для водородно-кислородной резки, фирмы Дрегерверк в Любеке.

А — наконечник для водородного рукава, В — наконечник для кислородного рукава, (для нагревательного пламени), С — наконечник для кислородного рукава (режущий кислород), D — запорный кран для нагревательного пламени, E — клапан для регулирования притока режущего кислорода, F — сопло смещения газов, дающих нагревательное пламя, I — переставные опорные ролики.



короткое время образуется отверстие, идущее сквозь всю толщину железа. Если горелку, снабженную добавочным устройством для направления вдоль пламени струи кислорода, медленно водить по предмету вдоль какой-либо линии, то получается сквозная щель шириной 3—10 мм в зависимости от толщины предмета и, таким образом, получается чисто выполненный разрез. Для более удобного обращения горелку ведут на надлежащем расстоянии от предмета при помощи двух колесиков.

Нагревание железа до температуры плавления производится настолько быстро, что даже места предмета, ближайшие к месту резки, нагреваются лишь в весьма незначительной степени. Этим же способом можно одинаково хорошо вырезать отверстия и разрезать как тонкие листы, так и плиты толщиной приблизительно до 100 мм. При этом совершенно безразлично, будут ли разрезаемые плиты состоять из мягкого железа или же закаленной стали. В последнем случае по соседству с вырезаемым отверстием или разрезом сталь, даже, не отпускается.

Возможность выполнения процесса автогенной резки связана с соблюдением трех важных основных условий:

1. Температуры плавления и воспламенения разрезаемых металлов не должны лежать близко друг к другу; лучше, если температура воспламенения металла лежит ниже температуры плавления.

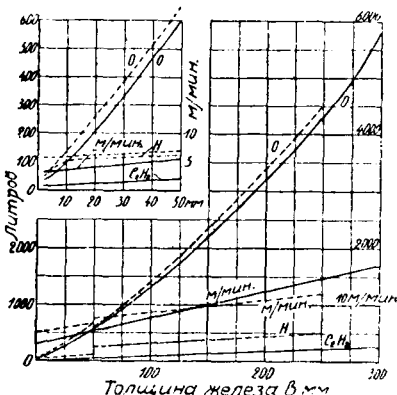
2. Металл, сгорающий в струе кислорода, должен образовывать легкоплавкие окислы.

3. Окислы металла должны плавиться при более низкой температуре, чем сам металл.

Условия для выполнения автогенной резки будут еще более благоприятными, если разрезаемый металл обладает небольшой теплопроводностью и если его теплота сгорания

значительна. Два последних предположения, однако, не обязательно необходимы. Если условия 1 — 3 или часть из них не выполнены, то резка в струе кислорода невозможна.

У чугуна, например, температура сгорания значительно выше температуры плавления. Материал, доведенный пламенем горелки до плавления струей кислорода, сдувается без сгорания. Таким образом, никакого окисления не происходит и, следовательно, мы не используем теплоты сгорания чугуна, которая должна была бы, как сказано выше, идти на поддержание процесса. Впрочем, окислы, образующиеся при сгорании составных частей чугуна, не слишком

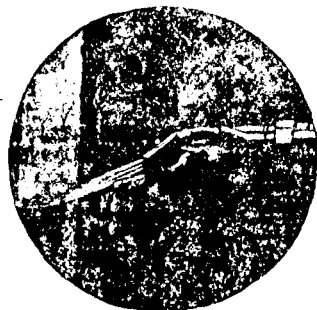


Фиг. 235. Диаграмма расхода газов и времени резки при автогенном способе.

— — — водород,
— — — ацетилен.

жидки, и температура плавления их значительно выше температуры плавления чугуна, так что чугун и по этой причине не может быть разрезан автогенным способом. Аналогичные условия мы имеем в случае меди и ее сплавов, при чем высокая теплопроводность меди действует в еще более невыгодную сторону. Железо же и сталь, у которых условия 1 — 3 выполнены, автогенную сварку допускают.

Выгоды резки кислородом состоят, главным образом, в том, что предмет не приходится ставить на какой-либо станок, например, сверлилку или пилу. Резка происходит быстро, дешево, не зависит от твердости материала и производится по любой кривой.



Фиг. 236. Горелка для резки заклепочных головок.

Автогенная резка применяется:

на заводах железных конструкций: для обрезки двутавровых балок, валов и т. д.; вырезания лазов, разборки старых железных конструкций;

в машино- и котлостроении: для вырезания отверстий любой формы в болванках и листах, безразлично, будут ли листы плоскими или свернутыми в цилиндр, для вырезания поврежденных мест из стенок котлов, в которые затем вставляются новые куски материала;

на сталелитейных заводах: для обрезки прибылей, литников и т. д.

в железнодорожном деле: для разъединения рельсов в местах стыков;

в судостроении: для разборки старых судов, для вырезки отверстий для иллюминаторов, поврежденных мест и т. д.

Фиг. 234 показывает водородную горелку. К накопечнику *A* подводится водород, а к наконечнику *B* кислород для нагревательного пламени, под давлением 0,5 — 2 кг/см². К наконечнику *C* подводится режущий кислород под более высоким давлением (при резке листов толщиной 30 мм давление составляет приблизительно 3 кг/см², при толщине 200 мм — приблизительно 12 кг/см²). *D* — кран для тушения пламени, которое, однако, в большинстве случаев оставляют гореть и во время резки. *E* — регулировочный и запорный клапан для режущего кислорода. Пламя выходит через кольцеобразное сопло, видимое на чертеже, а режущий кислород через среднее сопло, имеющее форму трубки. Для сохранения надлежащего расстояния горелки от разрезаемого листа она ставится на два колесика. У многих конструкций горелок, вместо концентрического расположения, сопла располагаются одно за другим, а именно: для нагревательного пламени спереди, а для режущего кислорода сзади. Для резки по кривым горелка с концентрическими соплами подходит лучше. Для резки кругов, спиралей и точных прямых линий горелки снабжаются соответствующими направляющими (циркуль, линейка), или же горелку ведут по направляющим, вращая шпиндель с винтовой нарезкой при помощи маховичка.

О расходе газов и о скорости резки дано представление диаграммы на фиг. 235.

Фиг. 236 показывает горелку для срезания заклепочных головок; детали видны непосредственно из чертежа. Ради полноты следует еще упомянуть об автогенной резке под водой. Конструкция этой горелки такая же, как и у обычной горелки для резки, с тем отличием, что она окружена особым металлическим цилиндром и в пространство между горелкой и стенками этого цилиндра нагнетается сжатый воздух или кислород, которые идут по направлению к устью горелки. Благодаря струе сжатого воздуха или кислорода, окружающей нагревательное пламя со всех сторон, кислород, необходимый для полного сгорания газов, подводится к пламени также и снаружи, как это имеет место в случае нормальной резки; с другой стороны, благодаря такому устройству вода сдувается с места работы. Благодаря действию струи сжатого воздуха или кислорода, особенно первого из них, возможность потухания пламени и остановки процесса резания избегается. Сжатый воздух или кислород находится под давлением $0,25 - 0,5 \text{ кг/см}^2$. Конечно, к резке, выполненной под водой, нельзя предъявлять тех же требований относительно точности, как в случае нормальной резки на суше.

Комбинация автогенной и электрической резки под водой состоит в том, что угольные электроды снабжаются двумя металлическими каналами для подвода газов. Эти газы обволакивают вольтовую дугу, при чем окружающая вода под действием теплоты вольтовой дуги превращается в пар, газы сжигают расплавленное железо и выдувают его из места резки прочь. Пара электродов хватает для резки в течение 30 минут чугуна толщиной 40 — 90 мм.

Области применения наиболее важных способов сварки и резки.

Нижеследующая сводка дает приблизительное представление о том, какой способ нужно выбирать в каждом отдельном случае, хотя это в большинстве случаев может быть установлено лишь детальным исследованием предмета.

Автогенный способ следует предпочесть:

- 1) в случае тонких листов, — по экономическим причинам,
- 2) в случае паровых котлов и в тех случаях, когда место трещины вырубить нельзя,
- 3) для исправления поверхности отливок, когда не приходится бояться внутренних напряжений и уничтожение трещины другим путем невозможно,
- 4) в случае сварки меди, алюминия и бронзы,
- 5) для резки литого железа и стали.

Электрическая дуговая сварка применяется:

- 1) в случае листов значительной толщины, — по экономическим соображениям;
- 2) в случае предметов из железа и чугуна, в которых внутренних напряжений быть не должно, и трещины нужно вырубать совсем;
- 3) для резки, особенно в случае чугуна.

Термитная сварка применяется:

- 1) в случае излома предметов, имеющих в сечении форму ящика, или предметов с толстыми стенками;
- 2) для приливки новых частей к отливкам.

Испытание автогенной и электрической сварок.

Удобных для практики методов испытания не имеется и, именно, вследствие недостатка надлежащих методов испытания, например, способ электрической сварки не мог еще пайти всеобщего применения. До настоящего времени давать заключение о качестве сварки могли лишь металлография и родственные ей науки, при чем испытания производятся на разрезе соединения. Для того чтобы произвести испытание, не производя никаких разрезов, мы располагаем лишь немногими методами, применимыми большей частью только в лаборатории.

Оценка физических свойств места сварки производится: 1) по наружному виду шва, 2) по содержанию в нем шлаков, 3) по степени его пористости и 4) по структуре.

1. Тщательность выполнения сварки, проникновение добавляемого материала до нижней стороны шва, однородность и значительная длина непрерывного шва обнаруживают опытность сварщика.

2. Обламывание наружных кромок позволяет вывести заключение о количестве державшихся шлаков, а также о связности частиц свариваемого материала.

3. Места, незаполненные металлом, могут быть найдены путем:

а) просвечивания рентгеновскими лучами: вследствие трудности обслуживания аппарата, а также потребности большого количества времени, оно может быть проведено на практике в случае лишь тонких предметов;

б) испытания сжатым газом; вследствие сложности аппаратуры оно также неприменимо в заводской обстановке;

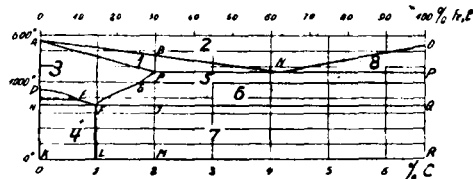
в) испытания на просачивание жидкости, в частности окрашенного керосина, который, в случае наличия в шве дефектов, дает потеки на нижней стороне шва — единственный способ, позволяющий обнаружить недостатки, не найденные при гидравлической пробе. Если удалить слой краски, смазать поверхность жидким керосином и затем покрыть ее тестовозрастной массой из молотого мела и бензина, который обладает свойством быстро испаряться, то иногда даже до сварки можно обнаружить на предмете тончайшие волосные трещины, в виде темных линий на белом фоне.

З а к а л к а.

Железо, заметно увеличивающее свою твердость при внезапном охлаждении с определенной температуры до температуры ниже 700° , называется закаливающейся сталью или, если смешать нельзя, просто сталью. Сталь, подвергнутую особому процессу рафинирования, так что она получается свободной от пузырьков и вредных составных частей, а также имеющую особенно мелкозернистую и равномерную структуру, называют инструментальной сталью.

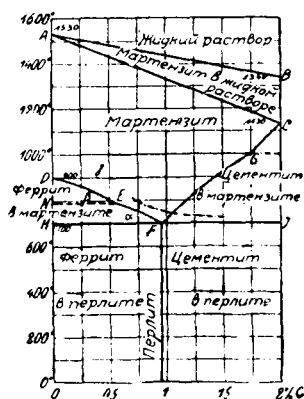
Нужно различать две главных группы сортов инструментальной стали:

1) чистоуглеродистая сталь состоит из железа с $0,7—1,5\%$, реже до 2% С, 2) специальные сорта стали с добавлением других металлов. Эти сорта, с углеродом в количестве до $0,9\%$, содержат примеси кремния, марганца никеля, хрома, вольфрама, молибдена или ванадия, которые добавляются с целью повышения твердости или вязкости материала.



Фиг. 237. Диаграмма плавкости железуглеродистых сплавов с содержанием 0 — $6,67\%$ С.

1 — жидкий раствор + мартензит, 2 — жидкий раствор, 3 — мартензит, 4 — феррит + перлит, 5 — мартензит + графит, 6 — мартензит + цементит, 7 — перлит + цементит, 8 — жидкий раствор + графит.



Фиг. 238. Диаграмма плавкости и наиболее выгодных температур отжига для лучшей углеродистой стали с 0 — $2,0\%$ С.

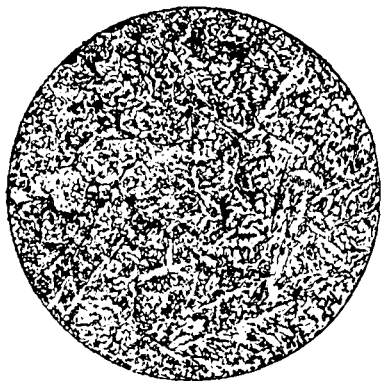
Дальнейшее подразделение различных сортов стали, а также описание свойств отдельных сортов будет сделано ниже.

Как мы уже упоминали выше, железо, применяемое на практике, нужно считать за сплав железа с карбидом железа, и то, что нами было сказано о металлических сплавах, т.е. об их критических точках, об эвтектической смеси, о твердых растворах и т.д., следует распространить также и на сплав железа с его карбидом. Фиг. 237 показывает диаграмму плавкости сплава

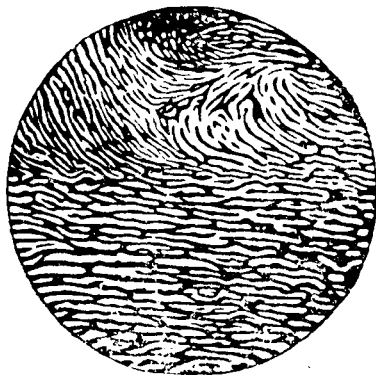
железа с карбидом железа (0 — 100% карбида железа или 0 — 6,67% углерода). Линия $ABNO$ дает переход из жидкого состояния в твердое. При содержании 4,2% С, соответственно $4,2 \times 15 = 63\%$ Fe_3C лежит эвтектика, которая имеет самую низкую температуру плавления. В случае содержания Fe_3C в количестве менее 63%, при затвердевании сперва выделяется особая составная часть структуры — мартензит (называемый также «аустенитом»), при содержании же выше 63% Fe_3C выделяется графит. Ниже линии $ACNP$ все составные части находятся в твердом состоянии. Дальнейшие подробности всех этих процессов не подлежат нашему рассмотрению в данном месте, так как они слишком сложны и не имеют значения для сущности явления закали.

Диаграмма плавкости стали с содержанием 0 — 2% углерода вычерчена еще раз на фиг. 238; об этой диаграмме мы будем говорить подробнее, так как процессы, происходящие при сильном охлаждении, имеют важное значение для понимания явления закали стали.

Кривая AB показывает температуры, при которых начинает затвердевать жидкий чугун или сталь с определенным содержанием углерода; например, железо, не содержащее углерода, затвердевает приблизительно при 1550° , сталь с содержанием углерода в количестве 1% затвердевает приблизительно при 1480° , сталь с содержанием углерода в количестве 2% прибли-



Фиг. 239. Сталь с 1% С.
Мартензит. 200-кратное увеличение



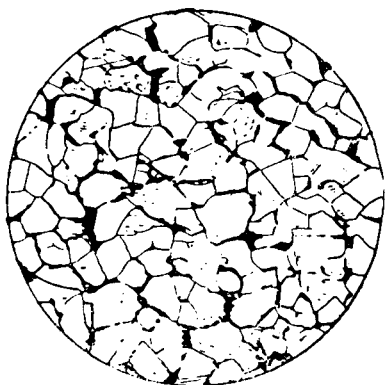
Фиг. 240. Сталь с 1% С.
Перлит. 200-кратное увеличение.

зительно при 1360° . Полное затвердевание при одной вполне определенной температуре происходит лишь в случае железа, бедного углеродом, т.-е. так, как, например, затвердевает внезапно чистая вода, превращаясь в лед. Наоборот, у всех сплавов железа, содержащих углерод, во время охлаждения сперва выделяется определенная составная часть структуры — мартензит (аустенит), названный так в честь долголетнего, заслуженного руководителя Королевского Института по испытанию материалов в Гросслихтерфельде Мартина (это выделение происходит при температурах, данных кривой AB); остальные же составные части, оставшиеся пока жидкими, отвердевают лишь впоследствии, так что, наконец, при температуре, даваемой кривой AC , затвердевают все составные части. Например, сталь с содержанием углерода в количестве 1% окончательно затвердевает лишь при 1380° , а при 2% С — при 1160° . Таким образом, при температурах выше кривой AB все составные части структуры стали являются жидкими, при температуре между кривыми AB и AC — частью жидкими, частью твердыми, а ниже кривой AC все части являются твердыми.

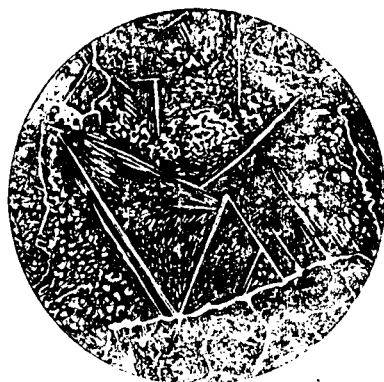
По охлаждении ниже кривой AC все составные части структуры, как затвердевшие первыми, так и затвердевшие последними, соединяются в «твердый раствор» — мартензит. Мартензит имеет вид одинаковых игольчатых кристаллов, которые можно видеть на шлифе металла после травления двойной солью хлористой меди и хлористого аммония (фиг. 239). Мартензит не обладает определенным содержанием углерода. Таким образом, в противоположность другой нижеописываемой составной части структуры стали, мартензит имеет различное содержание углерода. Он остается в структуре стали при охлаждении до температур, лежащих еще ниже,

которые на фиг. 238 даны ломаной линией *A E F G C*. Наиболее низкая точка этой ломаной линии лежит при 700° и при содержании углерода в количестве 0,95%. При медленном охлаждении железоуглеродистого сплава ниже линии *A E F G C* происходит дальнейшее изменение мартензита. При нижеописываемых процессах мартензит можно считать за сплав, имеющий свою эвтектику, называемую эвтектоидом. При медленном охлаждении все превращения структуры происходят в твердом состоянии.

Сталь с содержанием 0,95% углерода или $0,95 \cdot 15 = 14,25\%$ Fe_3C , так называемая эвтектоидная или перлитовая сталь, при медленном охлаждении ниже точки *F*, т.е. ниже 700° , образует пластинчатую (по наружному виду), так называемую эвтектоидную смесь или эвтектоид, обладающий перламутровым блеском. В данном случае эта составная часть структуры называется перлитом, который состоит из правильных наслоений чистого железа и карбида железа. Ширина пластинок перлита составляет около 0,001 мм (фиг. 240) и при незначительном увеличении под микроскопом перлит представляется в виде темных пятен, сетки или же он занимает большую часть площади, в зависимости от количественного содержания углерода. Пластинчатое строение перлита можно увидеть под микроскопом лишь при сильном увеличении. Твердый ратвор «мартензита», который всегда имеет вид иголь-



Фиг. 241. Железо с 0,1% С.
Феррит. 200-кратное увеличение.



Фиг. 242. Сталь с 1,5% С.
Цементит. 200-кратное увеличение.

чатых кристаллов, следовательно, оказался разложенным на два вида кристаллов с очень тонким пластинчатым строением.

Сталь с содержанием менее 0,95% углерода, так называемая *д о-э в т е к т о и д н а я* сталь, при медленном охлаждении ниже температур кривой *DEF* выделяет чистое железо в форме так называемого феррита, именно его избыток, оставшийся лишним после образования перлита. Феррит имеет форму зерен, величиною 0,02—0,05 мм (фиг. 241). Рассматриваемая сталь состоит, следовательно, из зерен феррита, заключенных в основную массу перлита. Чем содержание углерода выше, тем большую площадь занимает на шлифе перлит и тем больше на шлифе темных мест. Сталь с содержанием углерода в количестве более 0,95%, так называемая *з а-э в т е к т о и д н а я* сталь, выделяет при медленном охлаждении ниже температур кривой *FG* избыток, оставшийся лишним после образования перлита, карбида железа в форме так называемого цементита. Последний при содержании 1,2% С имеет форму сетки с большими отверстиями, при содержании 1,5% С—форму прямых, скрещивающихся под углом 60° , длинных игол (фиг. 242). За-эвтектоидная сталь состоит, следовательно, из цементита, включенного в основную массу перлита, и включает тем большее количество цементита, чем выше содержание углерода.

Таким образом, в противоположность мартензиту, перлит, феррит и цементит имеют всегда одинаковый химический состав, даже если сталь содержит различные количества углерода.

Из всех составных частей структуры, образующихся при охлаждении, феррит является наиболее мягким (твердость по Бринеллю 2), перлит несколько тверже (твердость 4), мартензит (твердость 200) и цементит (твердость 300) являются наиболее твердыми. Удельные веса, а также, тем самым, удельные объемы составных частей структуры являются также различными. В частности, мартензит имеет наименьший удельный вес, в сравнении с другими составными частями структуры, следовательно, он имеет наибольший удельный объем. Образование внутренних напряжений и коробление стали при закалке объясняются не только равномерным охлаждением, но также и различием в величине удельных объемов составных частей структуры.

Если охлаждение стали, начиная с какой-либо температуры выше кривой *DEFGC*, до комнатной температуры происходит в *н е з а н н о*, то превращения в структуре носят характер, отличный от вышеописанного. Именно, мартензит продолжает оставаться в структуре и при комнатных температурах, если только охлаждение было очень резким; если же охлаждение производилось менее резко, то получаются промежуточные структуры, т.-е. мартензит остается лишь частично. Эти промежуточные структуры располагаются в следующий ряд по убывающей твердости: *т р о о с т и т*, *о с м о н д и т* и *с о р б и т*. Об их специфических свойствах мы здесь говорить не будем.

Для *з а к а л к и* сталь следует нагреть выше кривой *DEFGC* для того, чтобы все составные части структуры были переведены в мартензит, и затем ее возможно быстрее охлаждают до температуры ниже 700° , для того, чтобы мартензит сохранился в структуре возможно полностью. Нагревание стали до температуры ниже кривой *DEFGC* не дает полной закалки, так как составные части структуры переходят в мартензит неполностью. В нагревании выше названных температур необходимости нет, наоборот, оно заключает в себе другую опасность для стали, о которой мы будем говорить подробнее ниже. В случае за-эвтектоидной стали, с особенно высоким содержанием углерода в большинстве случаев отказываются от превращения цементита в мартензит, так как первый тверже мартензита и вследствие своей хрупкости он мог бы способствовать отскакиванию частиц стали. Короткая пунктирная кривая на фиг. 238 дает обычные температуры нагрева для закалки наиболее употребительных сортов углеродистой и инструментальной стали.

Структура стали после закалки не находится во внутреннем равновесии. В закаленной стали получают внутренние напряжения, поэтому она является довольно хрупкой и, кроме того, всегда стремится перейти из формы мартензита, искусственно удерживаемой закалкой, в вышеописанное конечное состояние, получающееся при медленном охлаждении; такой случай представляется для стали при *о т п у с к е*. *О т п у с к о м* называется повторный нагрев до температуры $200 - 700^{\circ}$ (на практике $200 - 450^{\circ}$). Благодаря отпуску, кристаллы в стали получают такую возможность движения, что мартензит может превращаться в троостит, осмондит или сорбит. Чем температура отпуска выше, тем в большем количестве образуются более мягкие составные части структуры: троостит, осмондит или сорбит, тем мягче. следовательно, будет снова сталь, пока она, наконец, не достигнет той же степени мягкости, какая получается при медленном охлаждении.

Желаемую степень мягкости чистой углеродистой стали можно получить не только путем последовательного нагрева, закалки и отпуска, но ее можно также получить путем нагрева отпуска и полного охлаждения. На практике, конечно, наиболее употребителен первый способ, так как он удобнее, но второй способ предохраняет в большей степени от возникновения внутренних напряжений при закалке и от образования трещин и потому применяется в случае инструментов с более сложными формами, которые должны отпускаться обязательно равномерно.

Температура нагрева и быстрота охлаждения оказывают влияние на величину образующихся кристаллов. Чем температура нагрева выше и чем медленнее сталь охлаждается, тем крупнее становятся кристаллы, так как они всегда стремятся расти, если еще имеют возможность свободного движения. Поэтому сталь, охлажденная опусканием в холодную жидкость, всегда имеет структуру с более мелкими зернами, чем охлаждавшаяся медленно. Одновременно мелкозернистая сталь имеет также и более высокий коэффициент крепости в сравнении с крупнозернистой. Величина зерен может быть уменьшена не только быстрым охлаждением, но и путем

механической обработки в горячем (горячая прессовка, фиг. 208 — 211) и в холодном состоянии (ковка, прокатка, прессовка, волочение). благодаря чему повышается твердость и крепость. Например, известно, что холодная стальная проволока, благодаря своей обработке, достигает особенно значительной крепости, а именно 19 000, даже до 30 000 кг/см². При отжиге, с последующим медленным охлаждением, уничтожается как твердость, приданная искусственным путем, так и полученная путем холодной обработки, так как кристаллам опять предоставляется возможность беспрепятственного роста. Таким образом, к сожалению, мы не имеем возможности увеличивать твердость, полученную при холодной обработке, путем нагревания с последующим быстрым охлаждением.

Вышеописанная картина явлений у чистой углеродистой стали от добавления кремния, марганца, никеля, хрома, вольфрама, молибдена и ванадия в принципе своего характера не меняет. Также и у этих сортов стали можно начертить кривую превращения составных частей структуры, аналогичную кривой *DEFGC*. Она отличается от кривой для чистой углеродистой стали своим значительно более низким положением. Превращение мартензита в феррит, перлита в цементит у стали, с добавлением вышеперечисленных элементов, происходит, следовательно, при тем более низкой температуре, чем больше содержание их. При большом содержании этих элементов температура превращения лежит ниже комнатной температуры, т.е. мартензит продолжает оставаться в структуре при комнатной температуре без резкого охлаждения. Такие сорта стали не нуждаются в закалке, это будет *мартензитовая* сталь. Если содержание примесей не настолько велико, чтобы температура превращения структуры совпадала с комнатной или лежала ниже ее, то для придания стали твердости ее следует охладить в растопленном говяжьем салe или в струе холодного воздуха. Такая сталь называется *самозакаливающейся* (самокалкой). Таким образом, мы имеем постепенный переход от мартензитовой стали, которая вообще не нуждается в искусственном охлаждении, через самозакаливающуюся, у которой необходимая твердость достигается простыми средствами, к чистой углеродистой стали, закаливающейся в масле, воде или растворе соли.

Кремний, марганец, хром и вольфрам повышают твердость стали, главным образом, благодаря своей собственной твердости. В этом случае сталь закаливается уже в масле почти до такой же степени, как и чистая углеродистая сталь в воде. Хром уже при низком содержании (приблизительно до 2%) дает закалку на большую глубину, в отдельных случаях даже до центральной части предмета. Хром и вольфрам являются главными составными частями, так называемой *быстрорежущей* стали. Последняя, следовательно, является всегда мартензитовой или самозакаливающейся сталью. Хром и вольфрам образуют с железом и углеродом сложные карбиды, которые состоят из трех или всех четырех элементов. Раствор этих двойных, тройных и т. д. карбидов в железе дает такую же структуру, как и мартензит, но при значительно более высоких температурах, а именно, при 1 100 — 1 300°, в то время, как в случае других сортов стали, как объяснено выше, достаточны температуры 700 — 950°. Превращение мартензитовой структуры, удерживаемой без применения искусственных средств, в составные части структуры, соответствующие трооститу, осмондиту и сорбиту, т.е. отпуск, у хромистой и вольфрамовой стали происходит лишь при температурах выше приблизительно 650°, т.е. при слабом красном калении. Следовательно, эти сорта стали обладают способностью резать также и в слабо накалином состоянии, и при помощи резцов из этой стали можно снимать значительно более толстую стружку при значительно более высокой скорости, так что резец может даже начать раскаливаться, не теряя своих режущих свойств ¹⁾. Значение быстрорежущей стали для всей техники инструментального дела и для производительности современных станков достаточно известно. Согласно сказанного, для выделения хроможелезного и вольфраможелезного карбидов из раствора необходима температура выше 650°, и так как выделение это происходит очень медленно, то отжиг быстрорежущей стали следует производить значительно дольше, чем в случае обыкновенной инструментальной стали. Быстрорежущую сталь укладывают в древесный уголь, нагревают ее в герметически закрытом ящике в течение 6 — 10 часов при температуре приблизительно 700 — 800° и затем ящик оставляют охлаждаться в течение такого же промежутка времени. Но, несмотря даже на такой способ отжига, быстро-

¹⁾ См. 3-ю часть.

режущая сталь лишь в редких случаях становится снова столь же мягкой, какой она была до первого отжига при 1100—1300°. Для того чтобы заводы не делали ошибок из-за неправильного обращения с быстрорежущей сталью при изготовлении инструмента, последняя выпускается не только в прутках, наиболее употребительных сечений, но также и в виде окончательно вырезанных дисков, такой толщины и диаметра, чтобы инструмент, например, фрезы для нарезки зубчатых колес, можно было изготовлять, не отжигая стали. Лишь после окончательной обработки на станках быстрорежущая сталь нагревается до температуры 1100—1300°, и в первый раз в ней происходит образование двойных и еще более сложных карбидов. Быстрорежущая сталь, нагретая хоть раз до такой температуры, допускает обработку режущими инструментами уже с трудом. Лишь шлифовальные круги могут обрабатывать эту сталь в достаточно удовлетворительной степени.

Благодаря содержанию вольфрама, имеющего удельный вес 19,5, у быстрорежущей стали удельный вес повышается с 7,8 до 8,2—9,5. Высокий удельный вес быстрорежущей стали может служить для отличия ее от обыкновенной инструментальной. Более простым является способ различения сортов стали по виду искры. Следует заметить, что вольфрамовая сталь обладает значительно меньшей теплопроводностью, чем чистая углеродистая сталь. Поэтому в вольфрамовой стали может получиться местный перегрев, неравномерное нагревание, неравномерное охлаждение и, следовательно, могут возникнуть внутренние напряжения.

Каждый сорт стали, независимо от своего состава, может принимать следующие три степени закалки:

1. Естественная закалка, получаемая сталью при самом медленном охлаждении. Эта естественная закалка у стали с незначительным содержанием углерода весьма незначительна. У чистой углеродистой стали, с более высоким содержанием C , она для резания также недостаточна. У быстрорежущей стали, как уже упомянуто, для резания достаточно также и естественная закалка.

2. Стекловидная закалка (высшая степень закалки), принимаемая сталью при очень быстром охлаждении. Эта закалка у стали с незначительным содержанием углерода лишь немного лучше естественной и достаточно для резания лишь при содержании C , начиная с 0,7%. Быстрорежущая сталь может принимать также и эту закалку, но при этом получается сталь значительная хрупкость, что сталь дает трещины при охлаждении. Упомянутая выше плохая теплопроводность быстрорежущей стали сильно повышает опасность перегрева отдельных частей и образования трещин.

3. Остаточная закалка, принимаемая сталью после отпуска. Она занимает место между естественной и стекловидной закалкой и приближается к естественной в тем большей степени, чем сильнее сталь отпущена.

При стекловидной закалке, вследствие быстрого и неизбежно неравномерного охлаждения поверхности и внутренних частей, в изделии при закалке возникают значительные внутренние напряжения, которые легко могут повредить предмет. Так как поверхностный слой, вследствие охлаждения, стремится сжаться, а внутренняя часть изделия остается еще горячей и оказывает известное препятствие усадке наружного слоя, то последний легко дает трещины. При последующем полном охлаждении может наступить противоположное явление, а именно: внутренняя часть будет стремиться давать усадку в то время, как наружный слой уже затвердеет и не сможет более деформироваться. Мы уже упоминали раньше, что составные части структуры имеют неодинаковый удельный объем. Благодаря этому обстоятельству, внутренние напряжения могут возникнуть в том случае, если закаленная сталь состоит не из одного мартензита; такое явление получается в толстостенных отливках, которые не могут охладиться внутри так же быстро, как и снаружи, следовательно, закалка не может проникнуть на всю глубину.

Инструменты со стекловидной закалкой, вследствие хрупкости, обусловленной внутренними напряжениями, употреблять нельзя. Для возможности их применения нужно внутренние напряжения стали уменьшить. Это производится при помощи уже названного отпуска (конечно, за счет твердости). Поэтому инструменты следует отпускать лишь до той степени, какая допустима, имея в виду их назначение. Таким образом, инструменты с более твердой закалкой ломаются чаще, чем инструменты с мягкой закалкой.

Повреждения инструмента выражаются в трещинах, которые образуются при закалке или только на наружной поверхности, или проникают глубоко в изделия. Опасность образования трещин при закалке тем больше, чем больше естественная закалка и особенно велика в том случае, если поперечные сечения изделия сильно изменяются. (Быстрорежущая сталь, например, дает трещины уже при закалке в воде.) В этом случае для закалки рекомендуется применять жидкости, производящие более медленное охлаждение, уменьшение же твердости, обусловленное более медленным охлаждением, компенсировать добавлением соответствующих элементов, марганца или хрома, т. е. путем выбора другого сорта стали. Охлаждение изделий в жидкости нужно производить лишь в течение такого промежутка времени, чтобы внутренние части его дошли до температуры приблизительно 200° . Если затем изделия охлаждать медленно, например, в нагретом масле, то разница в температурах внутренних частей и наружного слоя сглаживается, и внутренние напряжения частично уничтожаются. Превращение мартензита в более мягкие, названные выше, составные части структуры во время этого процесса выравнивания температур происходит лишь в незначительной степени. В избежании образования трещин при закалке и состоит трудность и искусство закалки. Закалка требует большого опыта и многие заводы еще и теперь держат свой опыт в секрете. Некоторые правила и приемы закалки будут нами изложены позже.

При закалке стали получается также и изменение размеров изделия; так, если мы имеем изделие в виде бруска, то в большинстве случаев толщина его незначительно увеличивается, а длина его уменьшается, реже увеличивается. Отверстия при закалке в большинстве случаев становятся уже. Это свойство называется *усадкой*. Поэтому у метчиков шаг нарезки должен быть нарезан на токарном станке на величину усадки больше или меньше для того, чтобы шаг после закалки получился правильным. Величина усадки колеблется между 0,2 — 1,0%. К сожалению, величина усадки сильно зависит от незначительных случайностей при термической обработке, так что при изготовлении метчиков часто получается брак.

Как уже упомянуто выше, инструментальная сталь для своей закалки должна нагреваться до такой температуры, чтобы все составные части структуры перешли в мартензит (фиг. 238). Но, с другой стороны, температуру не следует увеличивать чрезмерно высоко, так как иначе сталь подвергается опасности коробления. Вследствие неправильной термической обработки могут получиться следующие недостатки.

1. Сталь с железным наружным слоем образуется при разуглероживании последнего, вследствие окисления углерода в окись углерода, которая удаляется в виде газа. Восстановление прежних свойств стали возможно при помощи цементации (см. ниже).

2. Сталь с мягкими пятнами на поверхности получается при пользовании кузнечным углем или газом, содержащими серу, вследствие образования местами сернистого железа, которое не закаливается. Исправление этого недостатка невозможно.

3. Перегретая сталь имеет крупнозернистое строение, вследствие действия слишком высоких температур. Она может быть исправлена правильным нагреванием, осторожной перековкою и быстрым охлаждением в закалочной жидкости.

4. Пережженная сталь получается при очень длительном нагревании, при не слишком высокой температуре, а также имеет крупнозернистое строение. Она может быть исправлена, как и перегретая сталь.

5. Сожженная сталь представляет сталь, окислившуюся вследствие отжига при слишком высоких температурах не только с поверхности, но даже и внутри. Она не может быть исправлена никакими средствами.

Сорта инструментальной стали и различные случаи ее применения,

Чистая углеродистая сталь.

Инструментальная сталь с содержанием углерода менее 0,7% изготовляется в редких случаях, так как она слишком мягка. Сталь с содержанием 0,7% углерода применяется для обжимок, молотов, зубил, валков для холодной прокатки, пружин, пружинящих частей, как зажимные патроны и т. д., хирургических инструментов и для цементируемых предметов с боль-

шой поверхностью. Она сравнительно мягка, крупнозерниста и довольно хорошо сваривается. Наиболее выгодная температура закалки 810° , максимальная около 1100° (темнооранжевое каление).

Сталь с содержанием 0,8% углерода применяется для матриц, кузнечных штампов, ножей, деревообделочных станков и деталей, подверженных сильным ударам. Она мягка и плохо сваривается. Наиболее выгодная температура закалки 780° .

Сталь с содержанием 0,9% углерода применяется для давилых и просечных пуансонов, крупных фрез с глубокими вырезами, напильников с крупной насечкой, зубил для тески мягких каменных пород, инструментов для обработки дерева. Эта сталь вязка и очень плохо сваривается. Наиболее выгодная температура закалки 770° , максимальная около 1000° (светлое вишневокрасное каление).

Сталь с содержанием 1% углерода применяется для ручных зубил, сверл для бурения твердых пород, резьбо-нарезных плашек, метчиков, разверток, более крупных фрез и напильников с средней насечкой, шариков и шарикоподшипников, а также для постоянных магнитов. Эта сталь мягка и не слишком мелкозерниста. Наиболее выгодная температура закалки 750° , максимальная около 1000° (яркое вишневокрасное каление).

Сталь с содержанием 1,1% углерода идет на инструменты, применяемые при работе на токарном станке по дереву, для бритв, для инструментов, применяемых при насечке жерновов, зубил для насечки напильников, метчиков, разверток, пуансонов для просечки дыр, небольших фрез, личных напильников, кузнечных гладилок, спиральных сверл для мягкого железа, измерительных инструментов для мастерских, магнитов и т. д. Эта сталь обладает средней твердостью, мягка и мелкозерниста. Температура закалки,—как выше.

Сталь с содержанием 1,2% углерода применяется для резцов при расточке и при токарных работах, сверл для бурения твердых пород, кернеров, фрез, клинков ножей, метчиков, спиральных сверл, измерительных инструментов, применяемых в мастерских, магнитов и т. д. Эта сталь тверда и мелкозерниста. Максимальная температура для отжига около 900° , т. е. при вишневокрасном калении.

Сталь с содержанием 1,3% углерода применяется для токарных, строгальных и долбежных резцов, для напильников, применяемых при точке пил, для небольших личных напильников. Эта сталь очень тверда и весьма мелкозерниста. Максимальная температура отжига около 800° , т. е. при темном вишневокрасном калении.

Сталь с содержанием 1,4% углерода применяется для особенно твердых инструментов. Эта сталь очень тверда и весьма мелкозерниста. Температура отжига,—как выше.

Сталь с содержанием 1,5% углерода, вследствие своей большой хрупкости, применяется лишь для предметов простой формы, которые требуют весьма высокой степени закалки. Она весьма тверда и очень мелкозерниста. Температура отжига,—как выше.

Специальные стали (сплавы стали с другими металлами).

(Число сортов очень велико. Ниже приведены лишь некоторые из них).

Сталь с содержанием кремния имеет повышенный предел пропорциональности, или, что то же самое, предел упругости. Таким образом эта сталь может переносить значительные деформации без появления остаточных. Поэтому кремнистая сталь применяется для пружин и рессор (вагонные рессоры, часовые пружины и т. д.). Сталь, содержащая кремний и небольшое количество углерода, обладает сравнительно небольшим сопротивлением перемагничиванию, следовательно она особенно пригодна для трансформаторного и динамного листового железа.

Трансформаторное и динамное железо . . .	0,0—0,1 % C	2—4 % Si	0,0—0,3% Mn
Материал для работы на токарных автоматах, который, несмотря на свою мягкость, не должен здирать под резцом	0,1—0,15 % C	0,3—0,5 % Si	около 0,40% Mn
Инструментальная часть	0,5—1,6 % C	0,15—0,25 % Si	0,1—0,3% Mn
Матрицы, кузнечные штампы	0,4—0,45 % C	0,4—0,5 % Si	0,6—1,0% Mn
Пружинная сталь	0,5—0,55 % C	0,6—2,5 % Si	1—0 % Mn

Кремнистая сталь после закалки охлаждается в воде или, в случае пружин, также и в масле; отпуск производится в зависимости от желательной вязкости материала.

Марганцевая сталь имеет большую твердость, но за то и большую хрупкость. Поэтому сталь с большим содержанием марганца применяется для режущих инструментов лишь в редких случаях; сорта стали с низким содержанием марганца, приблизительно до 1%, приведены ниже под рубрикой других сортов. При более высоком содержании марганца сталь является самозакаливающейся и при 12% марганца она не намагничивается.

Сталь с содержанием 0,95 — 1,15% С, 10 — 20% Мп очень хорошо сопротивляется износу, поэтому ее нельзя обрабатывать режущими инструментами; такая сталь может обрабатываться лишь при помощи шлифовальных кругов. Так как иковка ее представляет известные трудности, то предметы желательной формы часто получают из такой стали путем отливки. Эта сталь применяется для барабанов землечерпательных машин, форм для брикетных пресов, рельсов крестовин, плит несгораемых шкафов, броневых плит.

Хромистая сталь имеет также повышенную твердость (в отношении резания) и пониженную вязкость. Очень важным свойством хрома является большая глубина закалки. Большое содержание хрома предохраняет сталь от воздействия химических веществ, поэтому соответствующие сорта стали, в качестве нержавеющей, применяются для лопаток паровых турбин, зеркал и т. д. Хромистая и хромовольфрамовая сталь применяются для изготовления постоянных магнитов, так как эти сорта обладают большой коэрцитивной (задерживающей) силой.

Сталь для инструмента с слабыми режущими кромками, а также сталь для приготовления предметов, которые не должны коробиться при закалке в масле	0,9 % С	0,5—0,6 % Сг	0,1 % Мп
Сталь для инструментов, режущие кромки которых не предназначены для преодоления больших напряжений, т.е. дают чистую поверхность оточки при незначительном отделении стружки; закалка производится в масле	0,5—0,7 % С	1,2—1,3 % Сг	—
Сталь для предметов, которые при закалке должны коробиться лишь в самой незначительной степени, т.е. для резьбо-нарезных инструментов, матриц, штампов для вырезки, штампов для чеканки с тонким рисунком; закалку следует производить в масле	1,3—1,5 % С	1,2—1,6 % Сг	0—0,4 % Мп
Сталь для колец шарикоподшипников и для шариков; закалка производится в масле	1,0—1,3 % С	1,0—1,4 % Сг	0,3—0,4 % Мп
Сталь для нежных матриц, просеченных штампов, для волоочильных досок, подверженных главным образом износу. Закалка производится при 850°; охлаждение медленное в воздухе или в дутье	1,6—2,3 % С	10—14 % Сг	0,5—0,7 % Мп
Нержавеющая сталь	около 0,45 % С	11—14 % Сг	0—1 % Ni
Магнитная сталь для постоянных магнитов	около 1 % С	около 8 % Сг	—

Вольфрамовая сталь, благодаря содержанию Wо, имеет более значительную твердость и более высокие качества в отношении резания. По мере изменения содержания вольфрама самозакаливающиеся сорта стали переходят в самозакаливающиеся, как было описано раньше. При большом содержании вольфрама получается быстрорежущая сталь. Цена этой стали растет с содержанием вольфрама. Вольфрамовая сталь даст хорошие постоянные магниты.

Хорошие режущие инструменты, не имеющие характера быстрорежущих резацов	1,0—1,2 % С	0,6—0,7 % Wо
Токарные резцы для автоматов	1,0—1,2 % С	3—3,5 % Wо
Матрицы, резцы для обработки закаленного чугуна, быстрорежущая сталь	0,6—0,65 % С	8—9 % Wо
Постоянные магниты	0,6—0,65 % С	5—6 % Wа

Хромовольфрамовая сталь применяется для изготовления постоянных магнитов, а также в качестве быстрорежущей.

Магниты	0,6—0,7 % С	1,5—2 % Cr	1—2 % W _o
Пуансоны	1,2—1,3 % С	1 % Cr	2 % W _o
Токарные резцы для сравнительно легких работ	1,2—1,4 % С	1 % Cr	3 % W _o
Быстрорежущая сталь для большой производительности	0,7—0,9 % С	5—6 % Cr	$\left\{ \begin{array}{l} 17—19 \% W_o \\ 0,1—0,15 \% Mn \\ 0,1—1,0 \% Va \end{array} \right.$

В исключительных случаях встречается содержание вольфрама до 25%, хрома до 7%.

Никелевая сталь при низком содержании С преимущественно применяется для цементации (см. ниже), при низком же содержании никеля и при среднем содержании С, как высококачественная, — для разного рода конструкций. При высоком содержании никеля и при среднем содержании углерода она применяется, как самозакаливающаяся сталь, в тех случаях, когда она подвергается действию высоких температур (клапаны для двигателей внутреннего сгорания, электрические сопротивления) и как нержавеющая сталь.

Сталь для цементации	0,05—0,15 % С	1—8 % Ni
Сталь для специальных конструкций	0,20—0,45 % С	1,5—6 % Ni
Клапаны, электрические сопротивления	0,30—0,50 % С	25—28 % Ni

Для геодезических и научных прецизионных измерительных инструментов известную роль играет сталь инвар с содержанием 0,30—0,50% С и 35—38% Ni, коэффициент теплового расширения которой равен лишь $0,5—1,0 \cdot 10^{-6}$, в то время как у железа он в десять раз больше, т.е. $1,2 \cdot 10^{-6}$, а у закаленной стали он равен $12,5 \cdot 10^{-6}$.

Никелевая сталь с 0,15% С и около 44% Ni имеет такой же коэффициент теплового расширения, $5,6 \cdot 10^{-6}$, как и стекло; она служит для замены платины в электрических лампах накаливания.

Хромоникелевая сталь соединяет в себе вязкость с твердостью. При низком содержании С, Cr и Ni сталь применяется для цементации, при среднем же содержании в отожженном («улучшенном») состоянии (см. дальше) — как высококачественная сталь для специальных конструкций. Ниже приведены некоторые сорта стали для специальных конструкций и для нержавеющих деталей.

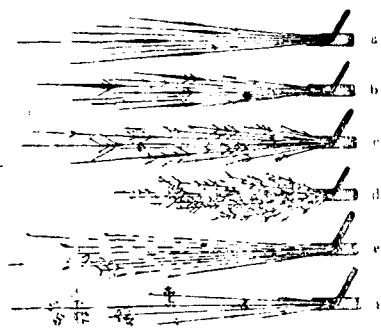
Броневые плиты, подлежащие цементации	0,25—0,45 % С	1,5—3,0 % Ni	0,5—0,75 % Cr
Бронепробойные снаряды, подлежащие цементации	0,50—0,80 % С	2—2,5 % Ni	0,6—2 % Cr
Детали двигателей автомобилей, подверженные значительным напряжениям в закаленном или отожженном («улучшенном») состоянии	0,25—0,45 % С	2,5—2,75 % Ni	0,25—0,5 % Cr
Коленчатые валы (отожжен.)	0,25—0,42 % С	1,8—4,2 % Ni	0,5—0,9 % Cr
Лопатки турбин (отожжен.)	0,20—0,40 % С	2—4 % Ni	10—14 % Cr
Нержавеющие детали (отожжен.)	0,20—0,40 % С	8—10 % Ni	20—22 % Cr

Стеллит представляет необычайно твердый металл, обладающий прекрасными режущими качествами, который вообще железа не содержит. Его примерный химический состав: 50% кобальта, 18% молибдена, 19,5% хрома, 9,7% вольфрама, 1,5% углерода, т.е. он состоит преимущественно из кобальта. Его нельзя ни ковать, ни обрабатывать режущими инструментами. Он поддается обработке лишь при помощи шлифовального круга. Соответствующие формы изделия из него получаются путем отливки. Металл не переносит изгибающих напряжений и потому резцы из него нужно подпирать почти у самой режущей кромки. По своим режущим качествам стеллит превосходит лучшие сорта быстрорежущей стали, предполагая, конечно,

что сопротивление резанию самого предмета и прочность станка допускают полное использование стеллита. Стеллит не нуждается в особой закалке, так как он по природе своей уже настолько тверд, что дает свойственную ему производительность резания непосредственно без закалки.

О серебрянке мы говорили в другом месте. Эта сталь металлического серебра не содержит.

Такие названия, как «алмазная сталь», «колокольная сталь», «сталь атлас», «сталь феникс», являются наименованиями, присвоенными им фабрикантами. Некоторые наименования, «сталь Белера», «сталь Шеллера» позволяют сделать заключение о происхождении некоторых сортов стали, но собственно тип стали этими названиями не устанавливается. Обычно сорта стали обозначаются знаками буквами и номерами, по которым неискушенный в этом узнать состав стали не может. При оценке и заказе инструментальной стали почти всегда сорт определяется соответствующей твердостью: «весьма, твердая», «твердая», «вязкая и твердая», «средней твердости», «вязкая».



Фиг. 243. Проба на искру для распознавания сортов стали.

a — мягкое железо, *b* — обыкновенное листовое железо, *c* — инструментальная сталь, *d* — сталь с высоким содержанием углерода, *e* — вольфрамовая сталь, *f* — марганцовистая сталь.

Очень простым и часто употребляемым способом для различия отдельных сортов железа и стали является проба на искру (фиг. 243), которая производится прижиманием куска металла к вращающемуся шлифовальному кругу. Все сорта чистой углеродистой стали, не содержащей других металлов, дают почти белые непрерывные линии с каплями на конце, из которых исходят короткие лучи. Чем больше искры разветвляются, тем выше содержание углерода (фиг. 243 *a—d*). Вольфрамовая сталь дает особенно длинные прерывистые светящиеся линии с каплями, имеющими форму булавочной головки, обращенной круглой частью вперед. Окраска линий и капель — красноватая (фиг. 243 *e*). В случае марганцевой стали получается такая же картина, лишь разветвление искр происходит несколько раз (фиг. 243). При помощи пробы на искру, имея некоторый опыт, можно определить сравнительно точно содержание углерода в несколько секунд. Химический анализ для этой цели требует нескольких дней, но зато, конечно, дает большую точность. Содержание никеля и хрома по пробе на искру определить нельзя.

Средства для достижения закалочных температур. (Закалочные печи).

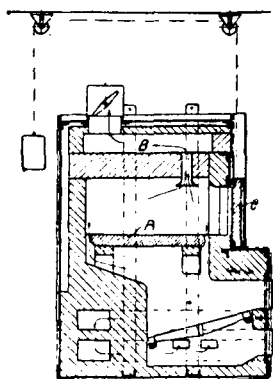
В небольших мастерских для этой цели применяются кузнечные горны, несмотря на то, что последние имеют несколько крупных недостатков. Для закалки инструментальной стали следует, по возможности, применять лишь древесный уголь, так как последний представляет наиболее чистое топливо, быстрее всего поглощает газы сгорания и не дает столь интенсивного жара, как то поглощения сталью вредных составных частей из топлива, окисления или пережога можно опасаться в меньшей степени. Немного хуже древесного угля будет легкий газовый кокс. Вообще говоря, каменный уголь не рекомендуется, так как он всегда содержит составные части, вредные для стали. Если без применения каменного угля, по каким-либо причинам, обойтись нельзя, то следует, по крайней мере, уголь перед введением стали разжечь, чтобы сера предварительно выгорела. Вообще говоря, при пользовании кузнечным горном неравномерное нагревание получается слишком легко, так как выступающие части, как ребра, лезвия и острия, нагреваются скорее, чем остальные массивные части.

Для нагревания в целях закалки, вместо кузнечного горна, лучше подходят специально для этого сконструированные печи, которые описываются ниже. Различают печи без муфеля, с муфелем и со свинцовой или соляной ванной. Отопление печей производится при помощи угля, кокса, нефти и газа, с подогреванием воздуха или без него, с искусственной или естественной тягой, или же при помощи электричества.

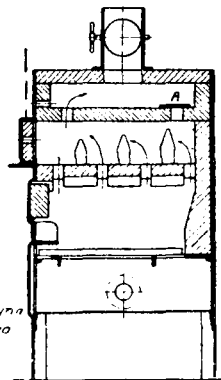
Печи без муфелей.

Менее чувствительные сорта стали или массивные предметы, как молоты, лопаты, кирки, болты, втулки, циркулярные пилы, ножи для деревострогальных станков, иглы, могут переносить соприкосновение с открытым пламенем. В этом случае рекомендуется применение печей без муфелей, так как нагревание предметов непосредственно в пламени совершается, конечно, быстрее и с меньшими потерями, чем через стенку муфеля. Кроме того, почти без муфелей применяются также и для цементации, так как цементируемые предметы вкладываются в ящики и потому пламя их повредить не может (см. ниже в главе «Цементация»).

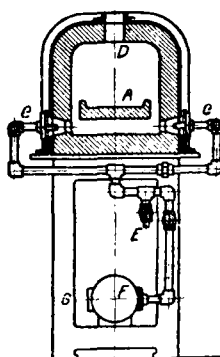
Фиг. 244 показывает закалочную печь для более крупных предметов, которая применима также в качестве нагревательной для цементации. Нагреваемые предметы или ящики ставятся на плиту *A*. К колосниковой решетке подводится предварительно нагретый,двигающийся по начерченным стрелкам воздух. Пламя омывает *A* спереди и сзади и, таким образом, равномерно обогрывает все пространство. Камера *B* может быть также использована



Фиг. 244. Закалочная печь без муфеля для нагревания и цементации. *A* — под печи, *B* — камера для предварительного нагрева, *C* — дверца. *1* — поступление воздуха.



Фиг. 245. Закалочная печь без муфеля.



Фиг. 246. Газовая печь.

A — под печи, *B* — дверца, *C* — газовые горелки, *D* — вытяжка для газов, *E* — штуцер для присоединения к газовой сети, *F* — воздушный котел, *G* — фланец для присоединения воздухопровода.

для нагревания или предварительного подогревания предметов, а также нагревания песчаной, свинцовой или масляной ванны для отпуска.

У печи, изображенной на фиг. 245 (она служит преимущественно для закалки и менее приспособлена для цементации, чем предыдущая), равномерное распределение температуры достигается еще лучше, чем у печи, изображенной на фиг. 244, так как нагреваемые предметы ставятся на узкие перемычки, между которыми пламя может проходить вверх. Предметы, внесенные в печь, быстро нагреваются со всех сторон: посредством переставки задвижки *A* пламя может быть (в зависимости от потребности) перемещено вперед или назад.

Хотя печи без муфеля и обладают преимуществом, что они нагревают инструменты быстрее других печей, тем не менее они не дают уверенности в равномерном нагревании предмета, в особенности в случае применения колосниковой решетки. Далее в них газы сгорания приходят в непосредственное соприкосновение с закаливаемыми предметами, так что нередко поверхность их окисляется и вследствие этого получаются мягкие незакаливающиеся «пятна».

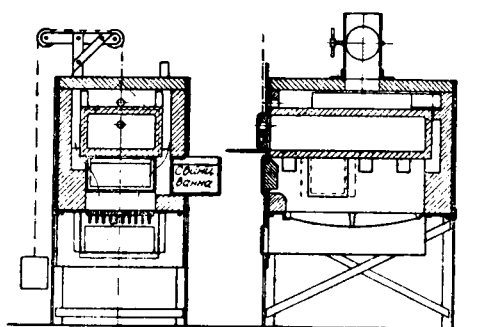
Печи с газовой топкой представлены на фиг. 246; они свободны от некоторых из только что указанных недостатков. Закаливаемые предметы ставятся на плиту *A*. Газовые горелки *C* размещены в шахматном порядке таким образом, что пламя каждой горелки проходит между соседними не задевая их. Закаливаемые предметы, благодаря такому расположению горелок, защищены от действия пламени, так что местный перегрев не может иметь места. Печи снабжаются особым дутьем, при чем нагнетаемый воздух через *G* поступает в котел *F*.

Горелки *C* отличаются от бунзеновских тем, что смешивание газа с воздухом (при чем газ входит в избытке) производится уже в подводящих трубах. Благодаря этому, а также повышенному давлению в огневом пространстве, лишний воздух не может поступить в огневое пространство ни через горелку, ни через открытую дверь и, таким образом, сталь окислиться также не может. Расход газа сравнительно низок, а именно около $0,85 \text{ м}^3/\text{час}$ при размерах огневого пространства $185 \times 100 \times 75 \text{ мм}$ и при температуре до 800° , при чем он может доходить до $25 \text{ м}^3/\text{час}$ при огневом пространстве $2\,000 \times 600 \times 500 \text{ мм}$ и при температуре $1\,300^\circ$. Нужно обращать внимание на то, чтобы употребляемый газ не содержал серы. Начерченная печь расходует около 6 м^3 газа в час, при нефтяной топке расход нефти составлял бы $3 \text{ кг}/\text{час}$.

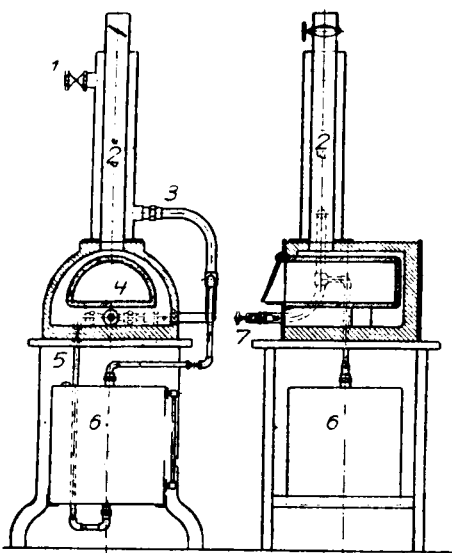
Муфельные печи.

Нежные части, как штампы для вырезки, пуансоны, фрезы, сверла, развертки, метчики, ножи, спиральные пружины, шариковые подшипники, небольшие валики и штифты, в большинстве случаев с пламенем соприкасаться не должны во избежание перегрева или поглощения

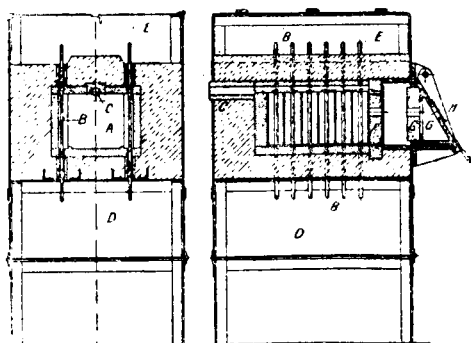
сталью вредных составных частей из газов. В этом случае закаливаемые изделия помещают в муфелях прямоугольного или полукруглого сечения из огнеупорных материалов, графита или чугуна, которые обогрываются пламенем снаружи. Такую муфельную печь показывает фиг. 247. Пламя огибает муфель со всех сторон и таким образом создает внутри его весьма равномерную температуру. Сбоку построена свинцовая ванна, в которой можно производить отпуск изделий. Печь отапливается коксом или углем. Расход угля у небольших



Фиг. 247. Коксовая муфельная закалочная печь.



Фиг. 248. Нефтяная муфельная печь. 1 — холодный воздух, 2 — дымовая труба, 3 — нагретый воздух, 4 — муфель, 5 — нефтепровод, 6 — нефтяной бак, 7 — форсунка.



Фиг. 249.

Электрическая муфельная печь.

A — муфель, *B* — нагревательные стержни из силита, *C* — отверстие для пирометра, *D* — камера для коммутационной аппаратуры, закрытая со всех сторон откидными дверцами, *E* — верхняя камера для присоединения нагревательных стержней *B*, *F* — внутренняя дверца, *G* — наружная дверца, *H* — смотровое отверстие.

печей ($100 \times 100 \times 250$ мм) составляет 4,5—5,0 кг/час, у более крупных ($300 \times 500 \times 1250$ мм) составляет 250—350 кг/час.

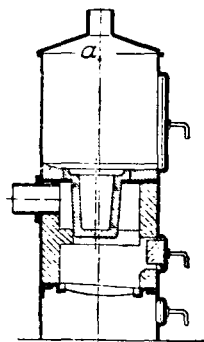
Муфельная печь с нефтяной топкой, которая, впрочем, так же, как и печь, изображенная на фиг. 246, может отапливаться и светильным газом, начерчена на фиг. 248. Нефтяная топка похожа на уже описанную. Воздух вводится через кожух, окружающий дымовую трубу, под давлением около $0,15$ кг/см², подогревается там и часть его идет к форсунке для распыления нефти, а другая идет в нефтяной бак, благодаря чему нефть подогревается и под давлением подается в форсунку. Нефтяные топки, благодаря своей легкой регулируемости, получили широкое распространение в закалочных печах и, повидимому, вытесняют газовые топки, так как они дешевле их. Расход нефти у начерченной печи составляет около 4 кг/час, а расход газа около 10 м³/час. Муфельные печи могут строиться для температур до 1100° и, даже для более высоких, применяющихся на практике, температур. Расход тепла, конечно, несколько больше, чем у печей без муфеля, так как нагревание сквозь стенки муфеля естественно влечет за собой известную потерю тепла.

Фиг. 249 показывает муфельную печь с электрическим отоплением. Она нагревается при помощи стоящих во впадинах стержней, по которым пропускается электрический ток. Эти нагревательные стержни в большинстве случаев делаются из силита. Благодаря помещению во впадинах они предохраняются от ударов. Пространство в муфеле нагревается непосредственно излучением и теплопередачей от стержней, следовательно, потери избегаются. Нагревательные стержни могут включаться любыми группами и потому температуру печи можно регулировать почти без потерь.

Печь с размерами $h : b : f = 200 : 250 : 450$ мм расходует около 2 кв, а на разогрев около 20 кв.

Закалочные печи с соляными и свинцовыми ваннами.

Вышеописанные печи нагревают изделия по всему периметру. Но это желательно не всегда. Например, хвостовые части напильников и ножей не нагревают; развертки, спиральные сверла и метчики должны в местах зажимания оставаться мягкими; железки рубанков, токарные и строгальные резцы должны быть твердыми лишь на режущей кромке. Конечно, такие предметы можно калить не полностью, места, которые должны оставаться мягкими, можно не калить или же отпускать их до естественной твердости. Но удобнее и экономичнее погружать предметы в ванну с соответствующей температурой, на такую глубину, чтобы закалилась лишь соответствующая часть предмета. Закалка такого рода имеет, главным образом, то преимущество, что при ней изделия полностью защищены от окисления. В качестве материала для ванны берут свинец, который нагревается до желательной температуры (вследствие сильного испарения, температура свинцовой ванны не должна превышать 850°), или же берут соли, а также смеси солей, температура плавления которых приблизительно такова, какая и нужна для данного сорта стали. К таким солям относится, например, хлористый барий, который плавится при температуре около 980° . Но часто в печи достигают и температуры $1050—1300^\circ$, которая используется для нагревания быстрорежущей стали. Смесь из равных частей хлористого бария и хлористого калия плавится при 650° , температура закалки в большинстве случаев составляет $750—780^\circ$ (закалка обыкновенной инструментальной стали). Если ванна должна иметь цементирующие свойства, например, в случае закалки напильников или же других инструментов, названных в главе «Цементация», то ее составляют из желтой кровяной соли с калиевой селитрой или же из дешевой азотнокальцевой соли. Также применяют и ванны из поваренной соли с бурой и содой. Преимущество печей с ваннами состоит в том, что закаливаемые детали можно нагревать на весу, так что ни коробления ни изгиба из-за действия собственного веса быть не может. При вынимании из ванны закаливаемый предмет

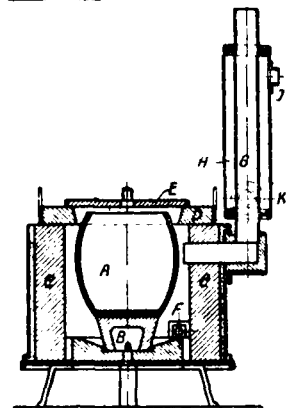


Фиг. 250. Закалочная печь с ванной (свинцовой или соляной). а — вытяжка паров соли и свинца.

покрывается коркой соли, которая растрескивается лишь при внесении изделия в закалочную жидкость, во время же перенесения предмета из печи в закалочную ванну она предохраняет изделие от окисления. Предметы после закалки в соли показывают весьма равномерную черную окраску.

Собственно говоря, в ванне можно нагревать предметы и по всей поверхности, погружая их в жидкость полностью; как раз этот способ особенно применим для быстрорежущей стали, так как в муфельной печи необходимая температура $1100—1300^{\circ}$ может быть достигнута лишь с трудом, а в печи без муфеля из-за уже упомянутой ранее плохой теплопроводности быстрорежущей стали легко могут сгореть углы, и сталь может окислиться.

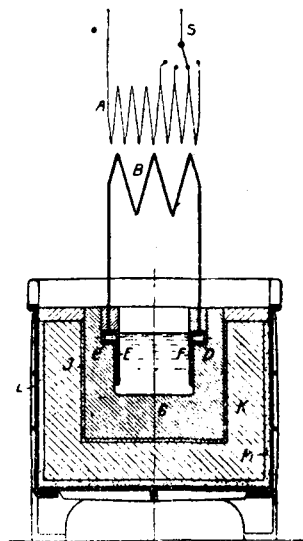
Фиг. 250 показывает закалочную печь с соляной (она же может быть и свинцовой) ванной для небольших деталей. Ванна отливается из стали или делается из графита и глины. Вытяжная труба предназначена для отвода паров свинца, весьма вредных для здоровья. Конструкция нефтяной печи с соляной ванной, начерченной на фиг. 251, легко понятна. Крышка *D* во время работы не снимается, крышка же *E* по мере надобности отодвигается в сторону для погружения в ванну изделий. Форсунка *F* помещена в тангенциальном положении, чтобы пламя хорошо распределялось по всей печи и тигель не соприкасался непосредственно с пламенем.



Фиг. 251. Нефтяная закалочная печь с соляной ванной.

A — тигель для соли, *B* — подставка, *C* — боковые стенки печи, *D* — верхняя стенка печи, *E* — крышка, *F* — муфта для присоединения форсунки, *G* — дымовая труба, *H* — камера для подогревания воздуха, *I* — поступление холодного воздуха, *K* — выход подогретого воздуха.

Особенно равномерную температуру во всех местах ванны дают электрические соляные печи (фиг. 252), изготавливаемые



Фиг. 252. Электрическая закалочная печь с соляной ванной, фирмы А.Е.Г.

A — первичная обмотка, *B* — вторичная обмотка, *C* и *D* — зажимы, *E* и *F* — железные электроды, *G* — тигель из огнеупорной глины, *I* и *M* — асбестовые прокладки, *K* — кирпичная кладка, *L* — чугунные стенки, *S* — регулировочный реостат.

Всеобщей Компанией Электричества в Берлине. Соль или смесь солей находится в прямоугольном тигле *G* из огнеупорного материала; с двух противоположных стенок тигля вставляются два или четыре электрода *E* и *F* из листового котельного железа. Зажимы *C* и *D* состоят из меди и присоединяются ко вторичной обмотке *B* трансформатора подобно тому, как это сделано на фиг. 217. Трансформатор преобразует переменный ток, вводимый в его первичную обмотку *A* из сети нормального напряжения, в переменный ток напряжением 55—25 вольт во время разогрева и 25—5 вольт во время работы, но с соответственно большим числом ампер. Для точного регулирования силы тока, а вместе с тем и температуры ванны, включают или выключают отдельные секции первичной обмотки. Регулирование температуры, следовательно, производится очень удобно и без потери электрической энергии. Температура может контролироваться при помощи широметра или просто амперметра. Для расплавления соли пользуются подвижным вспомогательным электродом, которым проводят от одного электрода к другому, вследствие чего образуется полоска жидкой соли, что достаточно для последующего расплавления всей ванны (как известно, соли проводят электрический ток лишь в жидком состоянии). Рабочие при обслуживании печи не подвергаются излучению теплоты и не утомляются даже при длительной работе, так как тигель *G* защищен от излучения асбестовыми кожухами *S* и *M*.

Температуру в соляной ванне можно доводить до $1\,350^{\circ}$, при чем она во всех частях ванны получается одинаковой.

Печи строятся следующих ходовых размеров с указываемым ниже расходом энергии (см. таблицу).

Размеры ванны	750°	850°	1150°	1300° Цельсия
$120 \times 120 \times 120$ мм . .	2,5	3,0	5,5	7,5 кВт
$150 \times 150 \times 170$ " . .	3,5	4,5	9,5	12,0 "
$200 \times 200 \times 270$ " . .	7,5	8,5	16,0	22,0 "
$300 \times 300 \times 370$ " . .	17,5	20,5	36,0	48,0 "

В этих печах нагревание закаливаемых изделий до желательной температуры производится в три-четыре раза скорее, чем в газовых муфельных, следовательно, в них за один и тот же промежуток времени можно закалить большую партию изделий.

При введении инструментов в свинцовую и соляную ванны, нужно обращать внимание на то, чтобы они были совершенно сухими, так как иначе ванна при соприкосновении с влажным предметом сильно разбрызгивает и может тяжело ранить рабочего.

Средства для измерения температур закалки.

При пользовании кузнечным горном оценка температуры может быть произведена по цвету раскаленного железа; этот способ представляет известные трудности и не надежен. У раскаленного железа мы имеем следующие температуры:

при ослепительном белом калении	свыше $1\,500^{\circ}$
" сварочном нагреве	$1\,400$ — $1\,500^{\circ}$
" ярком белом калении	$1\,350^{\circ}$
" белом калении	$1\,300^{\circ}$
" светло-розовом калении	$1\,200^{\circ}$
" светлом калении	$1\,150^{\circ}$
" темно-оранжевом калении	$1\,100^{\circ}$
" светло-вишнево-красном калении	$1\,000^{\circ}$
" вишнево-красном калении	900°
" темно-вишнево-красном калении	800°
" темно-красном калении	700°
" красном накале, видимом лишь в темноте . . .	500°

Чтобы облегчить распознавание цветов и быть независимым от погоды, помещения, в которых производится закалка, по возможности затемняются или же в их окна вставляются синие стекла.

Измерение температур при закалке, а также при всех других работах, при которых общеизвестные термометры более не применимы, может быть произведено по одному из следующих принципов:

1. Путем сравнения цвета раскаленного тела, температура которого подлежит измерению, с цветом тела, температура которого известна (оптические пирометры).

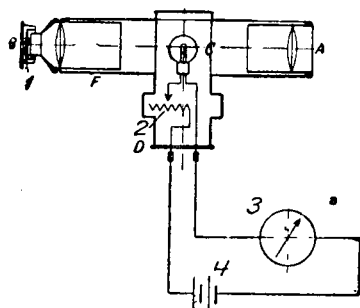
2. Путем измерения интенсивности теплового излучения тела, температура которого подлежит измерению (радиационные пирометры).

3. При помощи термо-электрического пирометра, непосредственно вводимого в печь.

4. Путем сравнения по известным температурам плавления глиносодержащих тел (конусы Зегера).

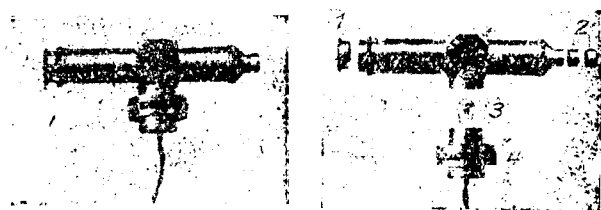
1. Оптические пирометры конструкции Гольборна и Курлбаума работают по схеме, представленной на фиг. 253. Зрительная труба АВ направляется на раскаленное тело; ток, проходящий через небольшую лампу накаливания С, при помощи сопротивления D регулируется таким образом, чтобы нить лампы не была видна на поле зрения трубы, занятым из-

бражением раскаленного тела. При таком регулировании, яркость света, испускаемого раскаленным телом, будет одинакова с яркостью света, испускаемого накаленной нитью. Стрелка гальванометра *E* дает определенные показания на шкале, которая градуируется эмпирически в соответствующих градусах температуры. Если раскаленная нить будет казаться темнее, соответственно светлее, чем поле зрения, то температура раскаленного тела будет выше, соответственно ниже температуры раскаленной нити. Фиг. 254 показывает наружный вид пирометра в собранном и разобранном виде.



Фиг. 253. Схема оптического пирометра Курльбаума.

A — объектив, *B* — окуляр, *C* — лампа накаливания, *D* — регулировочное сопротивление, *E* — точный амперметр, *F* — красные стекла для предохранения глаз. 1 — красные стекла, 2 — регулировочное сопротивление, 3 — амперметр, 4 — батарея.

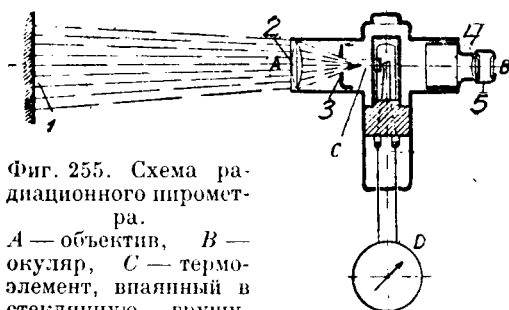


Фиг. 254. Оптический пирометр фирмы Сименс-Гальске.

1 — дымчатое стекло, 2 — красное стекло, 3 — лампочка, 4 — сопротивление.

нужно помножить на некоторый коэффициент, соответствующий поглотительной способности поставленного перед объективом стекла.

Так как в этом способе сравнивается лишь окраска раскаленных тел, то расстояние инструмента от наблюдаемого тела не играет никакой роли. Конечно, инструмент не годится для автоматической записи температур; при каждом измерении приходится смотреть в окуляр.



Фиг. 255. Схема радиационного пирометра.

A — объектив, *B* — окуляр, *C* — термоэлемент, впаиванный в стеклянную грушу, похожую на лампочку накаливания, *D* — гальванометр, *F* — красное стекло для предохранения глаз. 1 — излучающее тело, 2 — линза объектива, 3 — диафрагма, 4 — линза окуляра, 5 — красное стекло.



Фиг. 256. Ардометр фирмы Сименс-Гальске (в разобранном виде).

1 — красное стекло, 2 — оправа окуляра, 3 — оправа объектива, 4 — защитный колпачек, 5 — термоэлемент.

2. Радиационные пирометры, основанные на принципе излучения, работают по схеме фиг. 255. Зрительная труба *AB* направляется на раскаленное тело так, чтобы все поле зрения находилось в сфере излучения и чтобы термоэлемент *C* казался в виде круглого, черного пятна посредине светлого поля зрения. Тепловые лучи, попадающие

на термоэлемент, создают в нем термоэлектрический ток, сила которого отсчитывается по гальванометру *D*. Таким образом, нам приходится пользоваться зрением лишь при первоначальной установке гальванометра. Измеряемая температура отсчитывается по гальванометру, который может быть установлен в другом месте и соединен с самонипиющим приспособлением, действующим на расстоянии. Фиг. 256 показывает инструмент в собранном и разобранном виде. Расстояние объектива от наблюдаемого тела не играет роли, так как общее количество тепла, попадающее на термоэлемент вследствие излучения тела, всегда одно и то же. Если, например, расстояние от излучающего тела будет в 2 раза больше, то, хотя удельная интенсивность излучения и уменьшится в 4 раза, все же теплота излучения будет собираться в аппарате на площади в 4 раза большей, так что термоэлемент будет поглощать опять такое же количество тепла. Для этого должно быть всегда выполнено условие, упомянутое в начале, чтобы излучением было покрыто все поле зрения, что при очень большом расстоянии становится невозможным. Приведенное ниже соотношение между температурой и количеством излучаемой энергии имеет место лишь при предположении, что раскаленное тело является «черным» в физическом смысле, т. е. что оно поглощает все падающие на него тепловые лучи, не излучая их обратно. Обратное, такое тело в раскаленном состоянии излучает снова всю теплоту. Чем больше лучей от тела отражается (например, в случае расплавленного металла), тем оно является менее «черным». Для абсолютно «черных» тел имеет место следующий закон излучения, найденный Стефаном:

$$S = c (T^4 - T_0^4).$$

В этой формуле мы имеем следующие обозначения:

S — полное количество энергии, излучаемой раскаленным и поглощаемой другим телом,

c — опытный коэффициент,

T — абсолютная температура раскаленного тела,

*T*₀ — абсолютная температура тела, поглощающего излучение, следовательно, в данном случае это температура объектива *A* и термоэлемента *C*: таким образом, при комнатной температуре $T_0 = 273 + 20 = 293^\circ$.

При высоких температурах имеем:

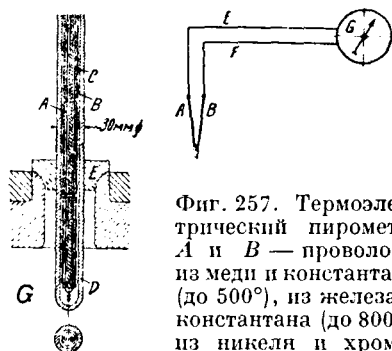
$$S \approx c \cdot T^4.$$

Физически «черными» являются все раскаленные полые тела с незначительным отверстием наружу, например, муфели наиболее употребительных типов закалочных печей; раскаленные или жидкие металлы, жидкое стекло, ничем незакрытое пламя всегда отражают некоторое количество лучей, попадающих на них. При измерении температуры таких тел показание пирометра будет меньше истинного на некоторую величину, доходящую до 125° . В таких случаях следует делать соответствующую поправку, или же нужно наводить зрительную трубу на стенку печи, температура которой совпадает с температурой наблюдаемого предмета.

3. Термоэлектрические пирометры (фиг. 257) основаны на измерении силы тока, возникающего в термоэлементе при введении в пространство, температура которого подлежит измерению. Одно место спайки элемента вводится в нагретое пространство, а другое помещается в таком месте, которое имело бы по возможности постоянную температуру. Отсчет производится по гальваноскопу, который может быть поставлен в любом месте и соединен с самопишущим прибором.

Следует заметить, что термоэлектрический пирометр дает температуру лишь в определенном месте печи, которая от измеряемой температуры изделия может сильно отличаться.

4. Конусы Зегера представляют пирамидки из глины, температуры плавления которых отличаются друг от друга на 5 или 10° . Конусы снабжаются номерами, каждому из



Фиг. 257. Термоэлектрический пирометр. *A* и *B* — проволоки из меди и константана (до 500°), из железа и константана (до 800°), из никеля и хромистого никеля (до 1000°), из платины и платино-иридиевого сплава или платины и платино-родиевого сплава (до 1600°), *C* — фарфоровая или глиняная трубочка, *D* — защитная трубка из железа или огнеупорной массы, *E* и *F* — соединительные или компенсационные провода, *G* — гальванометр.

которых соответствует своя температура плавления. Несколько конусов Зегера с последовательными номерами ставят на общую небольшую шамотную плитку и вдвигают последнюю в печь. Температура печи соответствует тому конусу, вершина которого загнулась настолько, что она коснулась поверхности шамотной плитки.

Для измерений в закалочных конусы Зегера применяются лишь в виде исключения.

Средства для достижения температур отпуска.

Наиболее простым и чаще всего употребляемым средством для отпуска токарных и строгальных резцов, а также зубил является собственная теплота лишь отчасти охлажденных изделий. Для этого изделия охлаждаются погружением в закалочную жидкость лишь своим передним концом, в то время как задняя часть остается раскаленной. Затем на поверхности изделия, вблизи режущей кромки его, если это инструмент, вытирают небольшое место и наблюдают цвета побежалости, которые принимают слои окислов, образующихся на вычищенном месте. По этим цветам побежалости судят о температуре передней части изделия, которая становится постепенно снова горячее, благодаря притоку теплоты из неохлажденной части. Цвета побежалости приблизительно соответствуют следующим температурам:

200° — светло-желтый	285° — фиолетовый
240° — темно-желтый	295° — темно-синий
250° — светло-коричневый	315° — голубой или серо-голубой
265° — коричнево-красный	330° — серый
275° — пурпурно-красный	

По достижении желаемого цвета побежалости, изделия опускаются в холодную воду.

Преимущество отпуска за счет собственной теплоты состоит в простоте способа, который не требует особого оборудования и которому, сравнительно, легко выучиться. Недостаток его состоит в том, что изделия никогда нельзя отпустить в одинаковой степени по всей длине. Режущая кромка инструмента будет всегда отпущена в меньшей степени, чем части, лежащие дальше от нее. У токарных и строгальных резцов, а также у зубил эта неравномерность ничему не вредит и даже может быть более или менее желательной, так как наибольшая твердость требуется у режущей кромки, а тело резца должно быть менее твердым. Но для фрез этот способ употреблять нельзя, так как фрезы должны быть отпущены во всех своих частях одинаково.

Несколько более равномерный отпуск получается в том случае, если изделия положить на другой нагретый кусок железа. Этот способ пригоден, главным образом, для длинных, не слишком толстых ножей разного рода деревообделочным станкам, для циркулярных пил и т. д. В данном случае также приходится определять температуру по наблюдению цветов побежалости, при чем отпуск следует прекращать во-время.

Еще более равномерный отпуск получается в горячей песчаной ванне, которая нагревается на листе над коксовым или кузнечным горном или же в печах, начерченных на фиг. 244 и 245, в камерах с более низкой температурой. Температура песчаной ванны может быть измерена при помощи термометра или также путем наблюдения за цветами побежалости на небольшом обнаженном месте отпускаемого изделия.

Особенно выгодно отпуск производится в свинцовой или масляной ванне, главным образом, в тех случаях, когда изделия, как, например, фрезы, должны быть отпущены полностью, не оставляя мягких мест. Преимущество этих ванн состоит, во-первых, в равномерном нагревании изделий, так что бояться коробления не приходится и, во-вторых, в том, что температура в ванне всегда одинакова. При добавлении в свинцовую ванну олова, температура плавления ванны может быть понижена до желаемого предела. Отпускаемые предметы погружаются в свинцовую ванну целиком и оставляются в ней на некоторое время, после чего они охлаждаются в воде до комнатной температуры. Ванна всегда должна содержать еще расплавленные куски сплава, чтобы быть уверенным, что ванна нагрета не более, чем до температуры плавления сплава. Таким образом, следует делать различие между свинцовой

ванной для отпуска и свинцовой ванной для закали. В последней металл нагревается значительно выше своей температуры плавления. Само нагревание производится в такой же печи, как и нагревание до температуры закали. Следовательно, печи, представленные на фиг. 250, 251 и 252, можно непосредственно употреблять в качестве печей для отпуска, ослабляя лишь огонь, соответственно уменьшая ток. Печь, изображенная на фиг. 247, имеет сбоку ванну для нагревания свинца до желаемой температуры отпуска. Если для отпуска будет взято масло (оно должно иметь высокую температуру кипения), то над печью нужно ставить вытяжную трубу для отведения паров его. В случае же свинцовой ванны для отпуска, в виду ее низкой температуры, постановка вытяжной трубы необязательна. Масляные ванны для отпуска могут нагреваться также и электрическим током при помощи проводников, которым и окружается чугунная ванна.

Как упомянуто выше, инструменты отпускаются лишь до той степени, которая необходима для того, чтобы они удовлетворяли своему назначению. Обычно пользуются следующим правилом, устанавливающим зависимость между содержанием углерода (С) и цветом побежалости.

		Цвета побежалости:	
Очень твердые инструменты . . .	1,2—1,4% С	коричнево-красный	
Твердые токарные и строгальные резны	1,0—1,2% С	от темно-желтого до пур- пурно-красного	
Фрезы	0,9—1 % С	красный	
Попельники	0,9—1 % С	не отпускаются, лишь хво- стовая часть отпускается до синего цвета	
Пуансоны	0,7—0,8% С	желтый	
Молотки, инструменты для обработки дегеля	0,5—0,9% С	синий.	

Как уже упомянуто раньше, опасность образования трещин при закалке во многих случаях можно избежать тем, что изделия, нагретые до температуры закали, охлаждают не сразу в холодной жидкости, а сперва в свинцовой или соляной ваннах, которые имеют желаемую температуру отпуска. Изделия оставляются в них на некоторое время и затем окончательно охлаждаются до комнатной температуры в холодной воде.

Средства для охлаждения. Закалочные ванны.

Закалочная ванна должна стоять возможно ближе к печи для того, чтобы изделия охлаждались во время перенесения их из печи в ванну-возможно меньше. Она состоит (фиг. 258) из большого бака шириной 1 м длиной до 1,50 м и высотой до 0,8 м. Если закалочной жидкостью служит вода, то она поступает непрерывно или добавляется по мере надобности из душа или конденсатора (16—20°). Другие жидкости, как раствор соли, масло, керосин, смесь из глицерина и воды, поддерживаются холодными при помощи змеевиков с охлаждающей водой. В большинстве случаев масляной и водяной баки ставят вплотную друг к другу. Над баком помещают несколько душей и остальную арматуру водопровода, в самый же бак ставят трубу для подвода воды, обращенную своим открытым концом вверх. Конечно, каждая ванна снабжается, кроме того, сливной трубой. Чтобы удобнее вылавливать брошенные или упавшие в ванну предметы, внутри ее подвешивают корзинку из проволоочной сетки, размеры которой соответствуют длине и ширине бака.

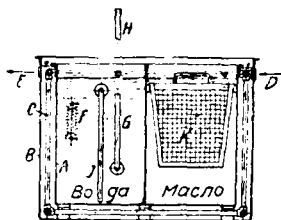
Часто в ванну на поверхность воды наливают толстый слой масла высотой около 15 см, чтобы иметь возможность последовательно охлаждать медленно в масле и затем быстро в воде.

Как уже часто упоминалось в качестве закалочной жидкости употребляется холодная вода с температурой 16—26°. Чем вода холоднее, тем быстрее охлаждаются закаливаемые предметы, тем лучше получается закалка, но и тем больше становится опасность образования трещин. Если охлаждающее действие воды нужно усилить, то увеличивают ее теплопроводность путем добавления небольшого количества кислоты или соли. Если охлаждающее действие воды нужно ослабить, то уменьшают ее теплопроводность путем добавления глицерина или

известии. Керосин и масло действуют еще мягче, чем известковая вода или раствор глицерина. Керосин и масло наливаются в особый бак или же в виде толстого слоя на поверхность воды, чтобы можно было сперва медленно охлаждать изделия в масле, а затем несколько быстрее в воде. Конечно, жидкости в ваннах вследствие частого погружения раскаленных стальных изделий все время становятся теплее, если только нагревание не компенсируется добавлением свежей холодной жидкости или путем длительного охлаждения при помощи змеевиков.

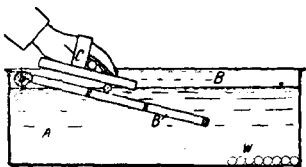
Фиг. 259 показывает закалочную ванну для длинных цилиндрических тел, например, спиральных сверл, шпинделей и т. д. Изделия кладутся на гибкую решетку *A*, погружаются при помощи доски *B* и при этом перекачиваются направо так, что коробление почти совершенно предотвращается.

Для охлаждения самозакаливающейся стали, как уже упомянуто раньше, применяют говяжье сало, которое для увеличения жидкоплавкости и для смягчения его действия подогревается до 60°.



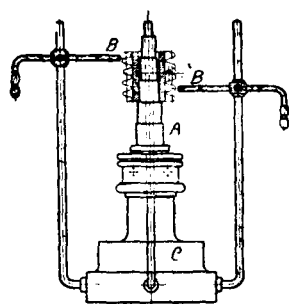
Фиг. 258. Закалочная ванна.

A — внутренняя коробка, *B* — наружная коробка, *C* — трубки с охлаждающей водой, *D* — приток охлаждающей воды, *E* — выход охлаждающей воды, *F* — змеевик для нагревания воды, *G* — труба для подачи воды снизу, *H* — труба для подачи воды сверху, *I* — труба для сжатого воздуха (для приведения воды в движение при закалке крупных предметов), *K* — сетка для вытаскивания упавших в воду предметов.



Фиг. 259. Закалочная ванна для быстрого охлаждения длинных цилиндрических предметов.

A — ванна, *B* — пружинящая решетка, *C* — дощечка, *D* — пружина (не начерчена), *W* — закачиваемые предметы.



Фиг. 260. Приспособление для воздушного охлаждения фрезы с большим числом зубцов. *A* — легко вращающаяся оправка, *B* — тангенциальные сопла, *C* — основание.

Если для охлаждения самозакаливающейся стали нужно применять воздух, то проще всего это достигается введением ее в воздушный поток вентилятора. Для охлаждения закаливаемых изделий сложной формы, как фрезы и т. д., применяется специальное приспособление для охлаждения воздухом (фиг. 260). Нагретые фрезы надеваются на легко вращающуюся оправку *A* и из 3 или 4 мундштуков *B* на фрезы направляются тангенциальные потоки воздуха, так что они начинают вращаться около своей оси и равномерно охлаждаются со всех сторон.

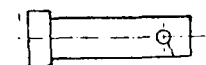
✓ **Закалка в ртути** для машинного строения значения не имеет. Хотя ртуть и имеет теплопроводность в 12 раз большую, чем вода, но зато, с другой стороны, ее удельная теплота меньше, а именно 0,033 вместо 1,0 у воды. Отсюда вытекает, что ртутные ванны при погружении накаливаемого куска стали нагреваются в 30 раз сильнее, чем водяная ванна с таким же количеством воды по весу; следовательно, ртутная ванна с такой же поглотительной способностью должна была бы иметь в 30 раз большее количество (по весу) ртути. Если закаливаемый предмет имеет более или менее крупные размеры, то, в виду высокой цены ртути, устраивать такую ванну нерационально, не говоря уже о том, что пары ртути, которые выходили бы из такой ванны при погружении в нее раскаленных предметов, очень вредны для здоровья. На практике ртутные закалочные ванны применяются лишь для очень небольших деталей, какие, например, встречаются при производстве часов, соблюдая при этом ряд гигиенических предохранительных мероприятий.

Некоторые правила и примеры закалки изделий.

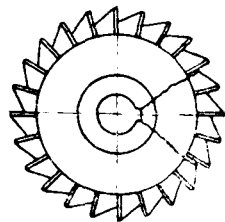
Если закаливаемые изделия приходится держать в закалочной ванне при помощи клещей, то они должны захватываться в них двумя лезвиями или остриями, чтобы поверхности, закрываемые клещами, т.-е. несприкасающиеся с жидкостью закалочной ванны, были по возможности меньше.

Изделия с выступающими углами, режущими кромками, с острыми концами и ребрами, например, ножи, топоры, иглы, сперва погружают в ванну толстой частью, двигают изделия несколько раз вверх и вниз и лишь затем погружают также их режущие кромки или острия. Иначе изделия будут охлаждаться неравномерно и на режущих кромках или остриях получается трещины, так как эти части охлаждались бы почти моментально, в то время как остальные части нуждаются для своего охлаждения в более значительном промежутке времени.

Длинные изделия, как сверла, фрезы, шпинделя, съемные ножи следует погружать в ванну в вертикальном положении, так как иначе вследствие более быстрого охлаждения одной стороны, а также вследствие действия собственного веса, они будут искривляться. Для того, чтобы образующиеся пузырьки пара удалялись легче, изделия следует медленно двигать в ванне вверх и вниз.



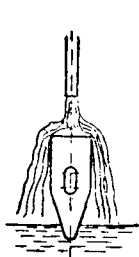
Фиг. 261. Валик с трещиной, образовавшейся при закалке.



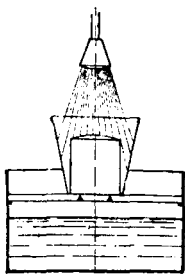
Фиг. 262. Фреза с трещинами, образовавшимися при закалке.

Червячные фрезы и подобные им тела с большим числом зубцов закаливают также под сильным душем, так как такие изделия трудно ввести в ванну так, чтобы их не повело.

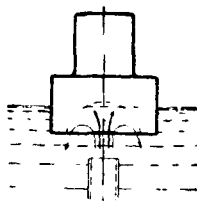
Циркулярные пилы, круглые ножи дисковых ножниц и т. п. зажимают по несколько штук между двумя толстыми плитками и производят закалку их (как нагревание, так и охлаждение).



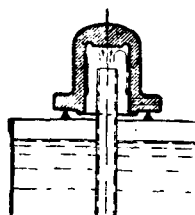
Фиг. 263. Закалка молотка.



Фиг. 264. Закалка пуансона.



Фиг. 265. Закалка зажимной обжимки.



Фиг. 266. Закалка подпятников подшпинника с внутренней стороны.

ние) в зажатом состоянии. Это делается для того, чтобы их при охлаждении не повело и центральные части оставались мягкими.

Небольшие отверстия и углубления, могущие препятствовать равномерному охлаждению при погружении в жидкость, должны предварительно замазываться глиной. Так, например, отверстие для шпильки в валике (фиг. 261) и шпоночный паз у фрезы (фиг. 262) нужно предохранить от проникания в них охлаждающей жидкости путем замазывания глиной, так как иначе, вследствие врезанного поперечного сечения, легко могут образоваться трещины аналогичные, начерченным. Изделия, у которых поверхность должна быть твердой лишь в некоторых местах или же особенно твердой на рабочей поверхности, должны охлаждаться лишь в соответствующем месте или же особенно резко.

Фиг. 263 показывает закалку молотка, у которого делаются твердыми острый и плоский концы, середина же остается мягкой.

У пуансона, изображенного на фиг. 264, сильнее всего закаливают верхнюю плоскость, которая должна быть особенно твердой; закалка производится путем охлаждения водой из

душа. Для того чтобы пуансон охлаждался также и с боков, и притом без образования трещин, он помещается внутри жестяного цилиндра.

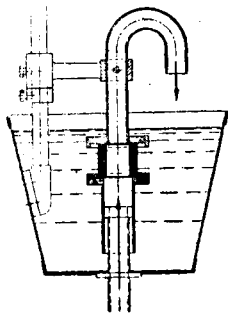
У заклочной обжимки (фиг. 265) полушаровое углубление должно быть особенно твердым, почему к нему струя воды подводится снизу.

Подпятник (фиг. 266) должен быть закален лишь с внутренней стороны, почему у него и охлаждается также лишь одна внутренняя сторона. Опасность образования трещины в данном случае особенно велика, почему для этой детали следует применять лишь вязкие сорта стали.

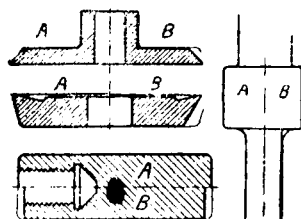
Фиг. 267 показывает за-
калку валька, у которого должна
быть твердой лишь утолщенная
часть, напфы же должны быть
мягкими. Последние закры-
ваются колпачками, набитыми
асбестом, или же обертываются



Фиг. 267. предохра-
нение от закалки напф
валька.



Фиг. 268. Закалка с
внутренней стороны
втулки кондуктора.



Фиг. 269. Пример пред-
метов, надлежащая форма
которых получается после
закалки путем шлифовки.
А — вид после закалки,
В — вид после шлифовки.

асбестовым картоном и завязываются проволокой, благодаря чему они и предохраняются от соприкосновения: водой.

У втулки, изображенной на фиг. 268, особенно твердой должна быть внутренняя поверх-
ность, поэтому струя воды вводится через приставленные к втулке трубы, между которыми
втулка зажимается.

Острые углы и переходы во всех случаях способствуют образованию при закалке трещин. Если изделие действительно должно иметь острые ребра и резкие переходы, то его нужно пред-
варительно снабдить массивным закруглением, калить вместе с ним и затем шлифовать закруг-
ления до получения требующейся формы. Фиг. 269 показывает несколько предметов, которые
при калке в форме В безусловно дали бы трещины, почему они и калятся в форме А, после
чего форма В получается путем шлифовки.

Цементация.

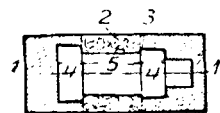
Предметы, у которых поверхность должна быть очень твердой и которые в то же время
не должны быть хрупкими, делают из незакаливающегося ковкого железа с содержанием 0,15—
0,25% углерода или из какой-нибудь мягкой специальной машиностроительной стали, например,
никелевой, и «осталивают» его с поверхности таким образом, чтобы получился слой глубиной
0,5 — 2,0 м.м., имеющий твердость стекла. Операция получения этого слоя называется цемента-
цией. Она состоит в том, что содержание углерода на поверхности железа повышают до такой
степени, чтобы железо превратилось в сталь.

Наиболее простой, но также наиболее несовершенный способ цементации состоит в том,
что накаливаемый предмет посыпают желтой кровяной солью $K_4Fe(CN)_6$, называемой в мастерских
просто «ка л и». Вследствие действия теплоты железа эта соль разлагается, и ее углерод переходит
в железо. Повидимому, при цементации некоторую роль играет также и содержащийся в этой
соли азот, но этот вопрос еще полностью не выяснен. Глубина науглероживания составляет
лишь дробную часть миллиметра и, конечно, дополнительную обработку цементированного
предмета путем шлифовки производить нельзя, так как при последней науглероживанный слой
был бы тотчас же снят. Между прочим, цементация применяется и для гаек.

Лучший и чаще употребляемый способ цементации состоит в том, что изделия вместе
с порошком, содержащим углерод, так называемым за к а л о ч н ы м п о р о ш к о м (карбу-

ризатором), нагревают в продолжение нескольких часов без доступа воздуха. При этой операции железо поглощает углерод из порошка. В качестве закалочного порошка применяются: мелкозернистый древесный уголь, сажа, уголь из кожи, костяная мука, роговые стружки, желтая кровяная соль (желтое синькали) и т. д. Часто смешиваются несколько таких материалов и под различными, довольно громкими названиями по невероятно вздутой цене выпускаются в продажу. Сажа и уголь из кожи являются наиболее дешевыми материалами; они также применяются чаще всего, так как почти не изменяют вязкости железа. Но они требуют более длительного нагревания для получения науглероженного слоя одинаковой толщины, чем, например, желтая кровяная соль, которая действует много сильнее, но зато, при известных обстоятельствах, делает железо хрупким. Лучше всего действуют те материалы, которые заключают в своем составе некоторое количество водорода, играющее роль передатчика теплоты и химического средства для облегчения поглощения углерода.

Цементируемые предметы укладываются в ящики из листового железа или чугуна или, если допускает их форма, в железных трубках, по одному или партиями, и плотно утрамбовываются в закалочном порошке. Места, которые должны остаться мягкими, закрывают слоем глины и песком, чтобы избежать проникновения углерода. Соответствующий пример показан на фиг. 270: палец ползуна должен быть твердым лишь на рабочей поверхности, в то время, как конические поверхности должны оставаться мягкими. В качестве



Фиг. 270. Цементация пальца ползуна.

1 — песок, 2 — закалочный порошок, 3 — слой глины, 4 — незакалываемая часть, 5 — закалив. часть.

другого примера, мы упомянем зубчатые колеса (фиг. 271), которые должны иметь твердую поверхность лишь на ободе. Пробный брусок *H* делается из того же материала и помещается в ящике так, чтобы его можно было вынуть и, разломив на части, определить толщину науглероженного слоя.

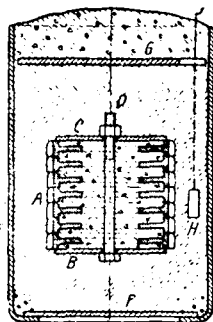
После укладки изделий ящики герметически закрываются при помощи крышек и в течение большого промежутка времени нагреваются в одной из ранее описанных печей без мuffleя. Длительность нагревания зависит от температуры. Можно производить нагревание при

температуре 1 200 — 1 300° в течение 2 — 4 часов или же, лучше, при 850 — 900° в течение 8 — 20 часов. Продолжительность нагревания, кроме температуры, зависит еще от состава закалочного порошка. По окончании нагревания цементируемые изделия остаются охлаждаться в ящиках, затем они вынимаются, очищаются, если нужно, от прилипшего закалочного порошка снова осторожно доводятся до слабого красного каления и затем, наконец, погружаются в холодную воду или масло, вследствие чего образовавшийся слой стали принимает твердость стекла. Науглероженный слой благодаря более мелкой зернистой структуре очень отчетливо виден в изломе (фиг. 272).

Если изделия сразу же после цементации охладить в закалочной жидкости, то во внутренних слоях получится мелкозернистое строение, а в науглероженном крупнозернистое, если только температура нагревания не была слишком высокой. Причина этого лежит в том, что температура 900° наиболее способствует отжигу материала внутри изделия и в то же время она оказывается слишком высокой для науглероженного слоя.

Если изделия после цементации медленно охладить, затем нагреть до температуры около 750° и снова охладить в закалочной жидкости, то во внутренних слоях получится крупнозернистое строение, а в науглероженном — мелкозернистое. Это объясняется тем, что вследствие нагревания структура материала внутри изделия становится крупнозернистой, последующее же нагревание до температуры 750°, которая ниже температуры превращения структуры, недостаточно для отжига.

Если изделие тотчас же после вынимания из накаливаемого закалочного порошка сразу погрузить в воду или масло, затем нагреть снова до 750° и снова опустить в воду, то и в наруж-

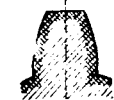


Фиг. 271. Цементация зубчатых колес. *A* — зубчатые колеса, *B* и *C* — железные диски, *D* — зажимной болт, *E* — цементовочный ящик, *F* — дно ящика, *G* — крышка ящика, *H* — пробный образец, *I* — проволока для вынимания пробного образца.

ном науглероженном слое и внутри получится мелкозернистое строение, так как при первом погружении в жидкость происходит отжиг материала внутри изделия, как это объяснено в предпоследнем абзаце, нагревание же до 750° не может заставить идти процесс изменения структуры в обратном направлении, а лишь превращает структуру во внешнем слое в мелкозернистую.

Если, следовательно, имеется возможность производить двухкратное нагревание, т. е. сперва до $850 - 900^{\circ}$, затем до $750 - 760^{\circ}$, то этот способ более выгоден.

Цементация может также производиться в печи с соляной ванной, пользуясь соответствующим закалочным порошком (например, желтой кровяной солью).



Фиг. 272. Цементированное зубчатое колесо в разрезе.

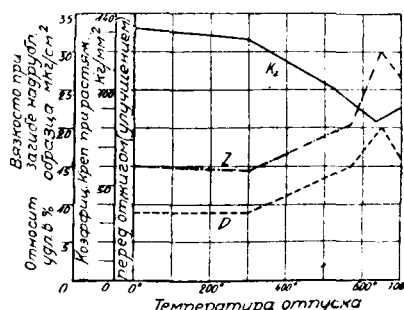
Цементации подвергают те детали машины, которые должны иметь твердую поверхность во избежание быстрого износа, например: ролики, шейки, подшипники, вагонные оси, втулки, зубчатые колеса для автомобилей, части пишущих машин и т. д.; далее, разные инструменты сложной формы, которые при изготовлении из стали подвергались бы слишком большой опасности давать трещины при закалке, например: штампы для вырезки, матрицы, пуансоны, и т. д.;

наконец, броневые плиты и детали, которые должны шлифоваться и полироваться до получения сильного блеска.

Отжиг („улучшение“) стали.

Как уже объяснено раньше, структура стали, при нагревании и быстром охлаждении в закалочной жидкости, делается более мелкозернистой, при чем одновременно коэффициент крепости и твердость увеличиваются, а относительное удлинение уменьшается. Вследствие отпуска коэффициент крепости и твердость снова уменьшаются, а относительное удлинение увеличивается, но уже по другим законам. Выбирая надлежащие температуры отпуска, мы можем изменять названные величины, по произволу, внутри известных границ. Фиг. 273 показывает, например, диаграмму изменения коэффициента крепости, относительного удлинения и вязкости в условиях испытания на изгиб надрубленного образца для одного сорта стали после ее отжига.

Отжиг имеет целью повысить относительное удлинение и вязкость стали, не понижая чрезмерно коэффициента прочности. При этой операции изменения в поверхностной закалке или образовании ее вновь являются второстепенными факторами. В большинстве случаев эта операция производится над специальными сортами машиностроительной стали (см. стр. 131) с низким содержанием углерода и с содержанием до 5% никеля и 3% хрома. Отжиг состоит из ряда таких же операций, как и закалка, а именно: нагревания до высокой температуры, быстрого охлаждения в масле и отпуска до температуры 600° . При этом предметы могут подвергаться рассматриваемой операции, будучи изготовлены черне или начисто. Применение этого вида термической обработки распространяется на детали машин, подверженные сильным напряжениям, как коленчатые валы, зубчатые колеса и т. д. например, в автостроении и авиации.



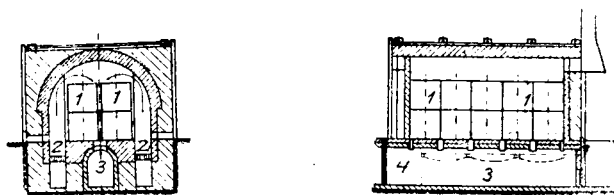
Фиг. 273. Диаграмма изменения коэффициента крепости при растяжении K_2 , относительного удлинения D и вязкости при изгибе Z , при быстром охлаждении и отпуске стали с 0,15% C, 1,5% Cr и 4,5% Ni.

Получение ковкого чугуна.

В то время как при цементации содержание углерода в железе доводится до содержания его в стали, при отжиге (томлении) чугуна в разуглероживающей массе уменьшают содержание углерода в чугуне (для чего берется чугун, бедный углеродом), до содержания его в стали и даже до содержания в железе. Материал, получаемый в результате рассматриваемой операции, называется **ковким чугуном**. Многие изделия как торцевые ключи, гаечные ключи, части вагонов, кухонная посуда, соединительные части трубопроводов, в частности газопроводов, при массовом изготовлении путем отливки могут быть получены значительно дешевле,

чем при ковке. Поэтому такие изделия отливают в формы и затем при помощи рассматриваемой операции дополнительно сообщают им свойство ковкого железа.

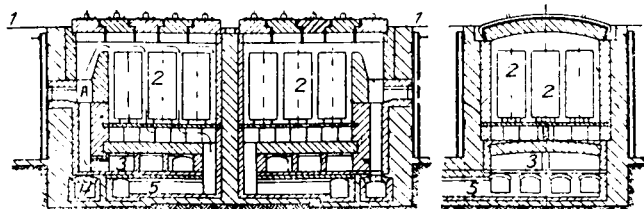
Чугун, из которого отливаются эти изделия, должен содержать 2,75 — 3,25% С. Отливка изделий требует большого искусства и большого опыта, особенно в отношении правильного устройства литников и выноров, так как они дают очень большую усадку и в них получаются усадочные раковины. Если отливки имеют стенки всюду одинаковой толщины, то из-за высоких внутренних напряжений, производимых усадкой, отливки часто дают трещины. По этой причине отливки приходится тщательно и медленно охлаждать, в отдельных случаях, даже в специальной печи, чтобы предохранять их от образования трещин. Затем отлитые, охлажденные и очищенные изделия помещают в сосуд с разуглероживающей массой, т.е. боем



Фиг. 274. Печь для отжига (томления) чугуна, с колосниковой решеткой.

1 — горшки; 2 — колосниковая решетка, 3 — боров, 4 — задвижка.

или измельченной железной рудой, в зернах величиной приблизительно 4 м.м. Эти сосуды, называемые горшками, в большинстве случаев имеют круглую форму диаметром 500—1000 м.м. Они делаются из чугуна хорошо сопротивляющегося действию высоких температур. В зависимости от обращения с ними, они выдерживают до 10 операций. В редких случаях эти горшки образуют неподвижную составную часть самой печи и состоят из кирпичной кладки. Горшки после укладки изделий по возможности закрываются герметически и в специальных печах, описываемых ниже, в течение 3—9 дней, в зависимости от размеров и толщины стенок отливки, выдерживаются при температуре 800—900°, т.е. при светлом вишнево-красном калении



Фиг. 275. Печь для отжига (томления) чугуна с рекуперативной топкой.

1 — уровень пола в мастерской, 2 — горшки, 3 — рекуператоры, 4 — газ, 5 — отходящие газы.

(томление чугуна). Если температура слишком высока, то изделия сплавляются с разуглероживающей массой, если же она слишком низка, то процесс до конца не доходит.

Благодаря совρισковенноу накаленноу разуглероживающей массы с накаленноу отливкой, кислород первой соединяется с углеродом чугуна в окись углерода, который удаляется в виде газа. Взамен удаленного углерода, из внутренних частей изделия к его поверхности перемещаются новые молекулы углерода и по достижении поверхности они также превращаются в окись углерода. Таким образом, процесс разуглероживания проникает и внутрь отливки. Толщина стенок отливки для получения ковкого чугуна не должна превышать 25 м.м.

С уменьшением содержания углерода материал отливки по своим свойствам все более и более приближается к ковкому железу, т.е. он может выдерживать удары и изгибы, не ломаясь, и допускает такие же деформации, как и железо, содержащее минимальное количество углерода.

Печи для отжига (томления) чугуна в большинстве случаев отапливаются каменным углем, часто коксом и, лишь в последнее время, генераторным газом при помощи рекуперативной топки. В большинстве случаев для рассматриваемых печей можно рекомендовать и газовые топки, так как они отличаются чистотой, хорошо используют топливо и легко допускают регулирование. Но, с другой стороны, стоимость устройства газовой топки высока, и такая установка окупается лишь в случае больших печей, всегда находящихся в работе. На фиг. 274 показана печь, с колосниковой решеткой, с загрузкой сбоку. Печь частью врыта в землю, горшки с изделиями можно вынимать и вставлять через левую фронтную стену, которую при каждой новой операции заделывают кирпичной кладкой снова. Путь топочных газов показан стрелками.

Двойная печь с рекуперативной топкой, изображенная на фиг. 275, выкладывается полностью в землю. Для возможности внесения и вынимания горшков с изделиями, крышки печи охлаждаются воздухом. Газ поступает из генератора уже нагретым. Воздух подводится к печи через рекуператоры и змеевики, подогреваемые горячими газами. Газ и воздух поступает через большое количество узких щелей А, при чем сгорание происходит на высоте топочных дверец.

П Р И Л О Ж Е Н И Е.

Правила о мерах безопасности работ в кузнечном производстве.

(Утв. НКТ СССР 27 февраля 1926 г.).

Изданы в развитие «Общих обязательных постановлений об устройстве и содержании промышленных заведений», утвержденных НКТ СССР 29 января 1926 г. за № 21/309.

1. Общие правила.

1. Кузнечные мастерские должны быть приспособлены для назначенной работы — в особенности в случае штучного производства больших и тяжелых изделий. Освещение кузницы должно давать достаточную освещенность и быть достаточно равномерным, как во времяковки или штамповки, так и в промежутки между периодами работы. Кузнецы должны быть защищены в рабочей зоне от сквозняков и действия ветра.

2. Вновь устраиваемые кузницы должны располагаться на одном уровне с поверхностью двора. В существующих кузницах крутые въезды в них должны быть заменены въездами с наклоном не более $\frac{1}{20}$.

3. Кузница должна быть снабжена приспособлениями для удаления продуктов горения и дыма от горнов. Приспособления эти могут действовать естественную тягою или при помощи эксгаусторов.

4. Во вновь устраиваемых кузницах, назначаемых для массового производства мелких изделий, должны соблюдаться последовательность расположения машин-орудий дляковки или штамповки горнов или печей для них, а также соответственный порядок расположения вспомогательных машин-орудий — с тем, чтобы изготавливаемые изделия имели, по возможности, только поступательное движение.

П р и м е ч а н и е. В тех случаях, когда в существующих кузницах не представляется технической возможности осуществить требование настоящей статьи, губернскому или соответствующему ему органу НКТ предоставляется право допускать отступления от указанного требования.

5. Для всяких непредвиденных случаев при работе, угрожающих опасностью для окружающих или случайно проходящих лиц, обязательно применение переносных (на штативах) сигнальных щитов, окрашенных в ярко-красный цвет или снабженных надписью «Опасно». Указанные щиты открываются или закрываются по мере надобности.

6. Пол в кузнице может быть земляным, но он должен быть тщательно утрамбован. В зависимости от рода производства, в тех местах, по которым постоянно и в больших количествах перемещается металл, на полу прокладываются рельсы или настилаются чугунные плиты, тщательно приложенные одна к другой и, где надо, скрепленные и укрепленные.

7. Перед началом и в конце обработки большого предмета под молотом или прессом необходимо давать звуковой сигнал — чтобы, с одной стороны, собрать рабочих для наступающей работы и с, другой, предупредить лиц, не имеющих отношения к работе, о том, что они должны освободить места и быть, во всяком случае, дальше от места производства работы.

8. При наличии в кузнице нескольких молотов или прессов для часто повторяющейся продолжительной обработки сырого материала (слитка), они должны быть ограждены переносными ширмами или щитами из простого или волнистого железа. В огражденном пространстве около молота или пресса могут оставаться только те рабочие, которые непосредственно заняты ковкой.

9. На каждой из машин-орудий дляковки разрешается производить только ту работу, для которой машина назначена, при чем обрабатываемый предмет должен правильно устанавливаться. Обработка других предметов на этих машинах может быть допущена только с разрешения в каждом отдельном случае ответственного лица по цеху.

10. Во время действия молотов и других машин-орудий дляковки или штамповки воспрещается производить ремонт их, убирать из-под них обрезки, окалину, шлак и проч. Равным образом воспрещается во время действия машины чистка, обтирка и смазка ее.

11. Перед началом работы под прессом или молотом необходимо убедиться в исправности всех частей молота или прессы, а также в правильной и прочной установке наковальни в стуле или шаботе молота или в неподвижной поперечине прессы и стального бойка в бабе молота или в подвижной поперечине прессы.

12. Рабочие сменные части машин-орудий, как-то: штампы, ножи, обжимки, гладилки, бородки, прошивки и проч., должны иметь соответствующую своему назначению форму, должны быть изготовлены из соответствующих материалов и должны быть прочными. Приспособления для удержания обрабатываемого предмета должны быть сделаны из мягкой, не принимающей закалки, стали (литое железо).

13. Весь инструмент, назначаемый дляковки, по миновании в нем надобности, должен быть поставлен или уложен по назначенным местам. При этом воспрещается укладывать тяжелые инструменты на высоко расположенные полки или места.

II. Печи, горны и вспомогательные устройства для нагрева иковки.

14. Устройство и обслуживание сварочных и нагревательных печей должны во всем удовлетворять обязательным постановлениям по устройству и обслуживанию печей для нагрева металла в прокатном производстве.

15. Воспрещается обливать горячие железные крыцы водой или складывать их на сырые места. Крыца может быть помещена на наковальню молота лишь после того, как вода, налитая на наковальню для охлаждения, стечет или испарится и с наковальни будут сметены куски окалины и шлака.

16. Расположение печей и горнов в кузнице, во всяком случае, должно быть таким, чтобы не стеснять работы и наблюдения за работой в печах и горнах и под соответственными машинами-орудиями дляковки.

17. В случае, если горны предназначены для нагрева предметов разной формы и величины, колпаны или зонты над ними должны быть устроены подвижными или передвижными и должны быть снабжены откидными на шарнирах створками (полами).

18. В случае нагрева тяжелых изделий, при всех горнах (как и при печах) должны иметься для подачи металла подъемные устройства, отвечающие в отношении ухода за ними правилам безопасности.

П р и м е ч а н и е. В отношении существующих кузнечных мастерских в зависимости от расположения горнов, губернским или соответствующим им органам НКТ предоставляется право допускать отступления от требования настоящей статьи.

19. Краны при печах и горнах должны быть снабжены приспособлениями, допускающими поворачивание висящих на их цепях слитков, болванок или заготовок. Соответствующие приспособления должны быть устроены при кранах молотов или прессов.

20. Для нагревания больших предметов, отличающихся большим весом и сложностью формы, при отсутствии для этого печей, следует располагать горны на полу кузницы, причем в этом случае горны должны иметь такую высоту, при которой обеспечивалось бы удобство работы со всех сторон горна.

21. Деревянный стул под наковальней должен быть обтянут одним или двумя железными обручами и иметь стержень для посадки наковальни, а чугунный или стальной стул должен иметь места для закрепления наковальни при посредстве стальных клиньев.

22. При одних и тех же державках должен иметься ассортимент стальных патронов или колец для зажима обрабатываемых предметов разной величины.

23. Державки перед каждой работой должны быть осмотрены ответственным рабочим или мастером, в целях устранения при работе поломки их или провертывания в кольце или патроне отковываемого предмета.

24. Ручной инструмент, как-то: гладилки, молотки, зубила, ножи и проч., должен иметь ровную, не избитую поверхность головки.

III. Управление машинами-орудиями дляковки и уход за ними.

25. Управление действием молота или прессы надо производить сбоку и так, чтобы лицо, приставленное для управления, могло наблюдать за действием удара или давления, но было защищено от действия жара и от брызг шлака и частиц окалины.

26. В тех случаях, когда при обработке мелких предметов на небольших приводных и автоматически действующих паровых молотах не может происходить выделения шлаков и отделение крупной окалины, управление молотами допускается спереди и может осуществляться самим кузнецом.

27. В виду возможности поломки штоков в паровых молотах, в цилиндрах последних, для предупреждения поломки верхней крышки или даже вылета поршня из цилиндра, необходимо устраивать воздушные или пружинные буфера или иные предохранительные приспособления. Кроме того, около сальника нижней крышки цилиндра молота следует

помещать деревянные прокладки или прочные пружины, если это допускает конструкция молота.

28. Во всех молотах необходимо вводить особые предохранительные приспособления и устройства для поддержания бабы молота на некоторой определенной высоте над наковальной, — чтобы сделать невозможным внезапное падение бабы молота (применение предохранительных собачек, рычагов, особых удерживателей, передвижных решеток, подставок и проч.).

29. Приводные прессы и молоты должны иметь такое устройство, при котором исключена возможность внезапного повторного хода.

30. Для устранения опасного приближения рабочих к движущимся частям, приводные прессы должны быть ограждены с нерабочих сторон щитами.

31. Для устранения опасности при самой работе воспрещается рабочим становиться или оставлять руки на неподвижной поперечине пресса или наковальне молота во время хода подвижной поперечины пресса или бабы молота. Для правильной установки обрабатываемых предметов, если позволяет род работы, обязательно применение соответственных державок.

32. При обрубании под молотом концов металла последние удары должны даваться более слабо. При обрубании или разделении под молотом кусков железа, стали или слитков в холодном состоянии, куски металла должны удерживаться в клещах, а ни в коем случае не руками. При надрубании железа и стали под молотом рабочий должен стоять сбоку от надрубающего топора.

33. Оставшиеся на наковальне обрубки металла воспрещается снимать с нее непосредственно руками.

34. Подведение под бабу молота подставки разрешается только на самом тихом ходу молота.

35. Винтовые прессы с балансиrom должны иметь ограждение пути, проходимого балансиrom, если этот последний по своему расположению не является достаточно безопасным.

IV. Передача движения молотам и прессам и пуск их в действие.

36. При паровых молотах ответвление паропровода к молоту должно иметь запорный вентиль, находящийся при присоединении этого паропровода к главному паропроводу. Оно должно быть взято с наивысшего места главного паропровода. Пологие изгибы должны быть предпочтены крутым поворотам. Трубы должны свободно расширяться и сжиматься и иметь, по возможности, подвижное присоединение к молоту.

37. В гидравлических и парогидравлических прессах соединение труб должно делаться при посредстве фланцев, крепко поставленных на газовую резьбу с расклепкой конца трубы, при чем на одном фланце делается буртик, а на другом — соответствующая выточка, или же соединение труб должно производиться другим не менее надежным способом. Повороты должны быть устроены в наименьшем количестве и, по возможности, полого.

38. В приводных молотах и прессах необходимо вводить особое выключающее устройство, соединяющее вал машины-орудия с приводом к ней, или тормозное устройство.

39. При молотах и прессах, назначаемых для массового производства одинаковых предметов, необходимо вводить автоматически действующие питающие приспособления.

40. У приводных молотов, в том числе у воздушных с отдельной помпой, приводных в действие от электродвигателя и приводных прессов, ременные, зубчатые и фрикционные передачи, а также и маховики должны быть ограждены решетками или гладкими щитами — в особенности, если они находятся на высоте роста человека.

V. Аккумуляторы.

41. Если гидравлический аккумулятор устанавливается в отдельном помещении, то в последнем никаких других машин или машин-орудий не должно ставиться. Аккумулятор может быть расположен и в углу здания. В этом случае он должен быть огражден перилами или решеткой высотой в 1 м, со сплошной зашивкой внизу на высоту 18 см.

42. Для предупреждения излишнего или опасного подъема грузов гидравлического аккумулятора, что может иметь место при безостановочном действии насоса и при сокращении действия гидравлических машин-орудий, аккумулятор должен быть снабжен особым предохранительным рычажным клапаном, на рычаге которого должен иметься передвижной груз, устанавливаемый в зависимости от давления. Но установившийся груз должен быть закрыт сплошной коробкой, запираемой на замок.

43. Для устранения быстрого опускания грузов аккумулятора, что может иметь место вследствие большого расхода воды при внезапном одновременном действии большого числа гидравлических машин-орудий вследствие недостаточной подачи воды насосом или вследствие разрыва главной трубы к машинам, — главный клапан на трубопроводе, идущем от аккумулятора к машинам-орудиям, должен быть соединен с приспособлением, автоматически заставляющим клапан прикрыть живое сечение трубы.

44. У гидropневматических и паровых аккумуляторов должны иметься предохранительные клапаны.

45. Все напорные трубы высокого давления должны быть изготовлены из цельнокатаных труб или из массивных шнерленных стальных заготовок. Равным образом, и соответствующие клапанные коробки для них должны быть стальные. Все части такого трубопровода перед постановкой должны быть испытаны администрацией предприятия пробным давлением, равным: для давлений до 200 атм., — рабочему давлению, увеличенному на 20%, а для давлений свыше 200 атм., — рабочему давлению, увеличенному на 10%. Соединение труб производится согласно ст. 37 настоящих правил.

Пр и м е ч а н и е. Отводные трубы могут быть стальные и чугунные и испытанию не подвергаются.

46. Перемена набивки в аккумуляторе и прокладок в трубах, а равно исправления в аккумуляторах и во всей сети допускаются только при полной остановке всей системы.

VI. Сварка и спайка металлов.

47. При обыкновенной кузнечной сварке, производимой при посредстве ручных инструментов или специальных машин-орудий, а равно при автогенной и электрической сварке металлов могут допускаться к работе лишь опытные рабочие.

48. Работы по автогенной и электрической сварке металлов и работы по спайке металлов должны производиться в отдельном помещении, безопасном в пожарном отношении. Доступ в это помещение посторонним лицам должен быть воспрещен.

49. Сварочные машины-орудия должны быть снабжены предохранительными стеклами или проволочными сетками для защиты рабочих и предупреждения последствий от разлетающихся кругом раскаленных частиц металла.

50. При спайке металлов пемещение, в котором производится спайка, должно быть снабжено устройствами, защищающими рабочих от вредного действия паров и газов, выделяющихся при спайке (общая вентиляция, усиленная местная вытяжка).

51. В случае применения бензиновых ламп, последние должны быть в исправном состоянии. При этом должны быть приняты все меры предосторожности против случайных вспышек бензина.

VII. Рабочие.

52. Артель рабочих при штучном производстве тяжелых предметов должна состоять из достаточно обученных и сработавшихся лиц.

Рабочие, занятые ковкой, и машинист, обслуживающий молот или пресс, обязаны слушать команду и исполнять распоряжения старшего кузнеца.

53. Пуск в ход и обслуживание молотов и прессов могут быть поручаемы только обученным и опытным рабочим. Посторонние лица к пуску в ход и к работе на молотах и прессах не допускаются.

54. Рабочий, занятый работой на отдельном молоте или прессе, обязан, в случае временной отлучки и, вообще, при всякой, хотя бы кратковременной приостановке работы, остановить действие порученного ему молота или пресса.

55. Воспрещается пускать в ход чужой молот или пресс и производить на нем работы без разрешения кузнечного мастера.

56. Спецодежда и предохранительные предметы выдаются рабочим по нормам, утвержденным НКТ СССР.

Для защиты глаз от ослепительного света при автогенной сварке металлов, выдаваемые рабочим предохранительные очки должны иметь цветные, дымчатые или желтозеленые стекла.

VIII. Порядок исполнения настоящих правил.

57. Настоящие правила вводятся в действие на территории союзных республик распоряжениями соответствующих народных комиссариатов труда.

58. В отношении вновь устраиваемых кузнечных мастерских требования настоящих правил применяются в полном объеме немедленно по введении правил в действие в порядке, предусмотренном в предыдущей статье.

59. В отношении существующих кузнечных мастерских требования настоящих правил проводятся в жизнь в следующем порядке: в трехмесячный срок по введении в действие правил (ст. 57) администрация предприятия должна представить в подлежащий губернский или соответствующий ему орган НКТ для утверждения календарный план осуществления тех требований правил, которые не могут быть исполнены немедленно. В случае несогласования в губернском или соответствующем ему органе НКТ представленного плана в целом или в отдельных частях его, спорные вопросы передаются органом НКТ на разрешение Народного комиссариата труда данной союзной республики.

60. За нарушение настоящих правил администрация предприятия привлекается инспекцией труда к ответственности по соответствующим статьям уголовных кодексов союзных республик.

61. С введением в действие (ст. 57) настоящих правил отменяются «Правила о мерах безопасности работ в кузнечном производстве», утвержденные ВЦСПС 23 декабря 1921 г. («Сборник обязательных постановлений и правил по технике безопасности и промышленной санитарии», вып. III).

Нар. ком. труда СССР *Шмидт*.
Зав. отд. охраны труда НКТ *Каплун*.
Зав. п/отделом техники безопасности *Кудрявцев*.

№ 50/323.

27 февраля 1926 года.

(«Известия НКТ СССР», 1926 г., № 12).

Правила безопасности работ в чугуно- и меднолитейном производстве.

(Утв. НКТ СССР 13 мая 1926 г.).

Изданы в развитие «Общих обязательных постановлений об устройстве и содержании промышленных заведений», утвержденных НКТ СССР, 29 января 1926 г. за № 21/309

(«Известия НКТ СССР 1926 г., № 8).

I. Устройство и содержание помещений.

1. Все вновь устраиваемые чугунолитейные мастерские должны состоять из формовочной, где производится отливка, и из следующих отделений, примыкающих к формовочной: отделения сушильных печей, литейной мастерской и мастерской для изготовления формовочной массы, а кроме того, — отделения для очистки литья и прочих вспомогательных отделений. В существующих мастерских изложенное требование осуществляется в зависимости от технических условий.

П р и м е ч а н и е. В литейных мастерских узко вспомогательного характера (ремонтных), а также и небольших мастерских, в которых отливка производится не ежедневно, литейное отделение может быть не отделено от стержневой, обрубной и проч., но в таком случае приготовление стержней, сухих форм, обрубка и т.д. не должны производиться ни во время отливки, ни непосредственно после нее.

2. В чугунолитейной мастерской должна быть устроена рациональная приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая необходимую чистоту воздуха.

3. Литейные мастерские должны быть защищены от проникновения в них дождя, снега, равно как и от образования в них сквозняков — особенно в холодное время года.

4. Ворота, ведущие в литейную мастерскую, должны быть снабжены тамбуром. Величина тамбура должна быть достаточной для того, чтобы при перемещении крупных предметов в литейную или из нее одна из дверей тамбура могла оставаться закрытой.

5. В местах литейной мастерской, назначенных для производства отливок, не должно быть воды или сырости, не вызываемой производством, при чем пролитая вода должна быть немедленно удалена, а сырое место должно быть просушено.

6. Пол в литейной, за исключением тех мест, где производится формовка в земле, должен быть ровным и может быть или кирпичным, или бетонным или из другого подобного материала.

7. Главный проход в формовочном зале должен быть, по возможности, правильной формы, не уже двух метров, и не должен загромождаться.

Все промежуточные проходы, по которым проносятся жидкий чугун, должны быть правильно расположены, иметь достаточную ширину и не должны загромождаться. Особое внимание должно быть обращено на проходы в местах отливки крупных предметов.

8. В литейной мастерской должно быть устроено отопление, при нормальном пользовании которым температура в мастерской не должна быть ниже 12° Р. (15° Ц).

9. Все отделения литейных должны быть равномерно и достаточно освещены. Отношение световой поверхности окон в формовочной и плавильно-отливной к площади пола должно составлять не менее 1 : 6, а в других отделениях — не менее 1 : 8.

П р и м е ч а н и е. В существующих мастерских там, где по техническим условиям невозможно осуществить нормы, указанные в настоящей статье, допускается, с разрешения местной санитарной инспекции, дополнять естественное освещение искусственным.

10. При искусственном освещении необходимо достигать достаточно равномерного освещения всех рабочих мест. В случае наличия электрического освещения, при всякой потребности в дополнительном освещении, последнее должно производиться электрическими лампочками.

11. Каждая литейная мастерская должна быть снабжена прокипяченной и охлажденной питьевой водой в закрытых резервуарах, предпочтительно фонтанного типа (устраняющего необходимость пользоваться кружками). Указанные резервуары должны быть обеспечены от запыления или засорения кранов у них.

12. При каждой литейной мастерской должны быть устроены умывальня с душами и раздевальня при ней, если не имеется на территории завода соответственно оборудованной общезаводской умывальни с душами и раздевальной. Число душей в умывальне должно составлять не менее одной пятой числа рабочих литейного цеха. Души должны подавать воду с температурой не ниже 24°P . (30°Ц). Пол в умывальне должен быть сделан из водонепроницаемого материала со стоками для воды. Под душами и на проходах к ним должны быть положены по полу деревянные решетчатые настилы. Температура воздуха, как в умывальне, так и в раздевальной, должна быть не ниже 20°P . (25°Ц).

Раздевальня должна быть оборудована достаточным числом скамей и шкапчиков с отделениями для платья, белья и обуви.

Дверь из раздевальной в умывальню должна плотно закрываться.

П р и м е ч а н и е. Требование об устройстве при литейной мастерской отдельной умывальни с душами не распространяется на мастерские, указанные в примечании к ст. 1 настоящих Правил.

13. Литейные мастерские должны белиться каждую осень.

II. Подготовка формовочных материалов.

14. Подготовка формовочной земли и других сыпучих материалов должна производиться или в отдельном (ст. 1), достаточно светлом, отапливаемом помещении, или в изолированной части литейной мастерской.

15. Употребляемые при подготовке формовочных материалов дробильные вальцы, бегуны, мешалки для земли, дезинтеграторы и тому подобные устройства, при выделении ими в процессе своего действия значительного количества пыли, должны быть снабжены приспособлениями, не допускающими распространения пыли в мастерской. Указанные машины-орудия должны удовлетворять общим правилам безопасного ухода за ними: движущиеся и вращающиеся части указанных устройств должны быть снабжены прочными ограждениями, достаточно закрывающими опасные места, и машины должны быть, по возможности, снабжены механической подачей материалов; при них для подачи материалов в бегуны с неподвижной чашей и в вальцы должны быть устроены специальные воронки или ящики.

III. Литейные формы (опоки).

16. Опoки должны быть сделаны достаточно прочными и должны быть снабжены соответствующими приспособлениями для захватывания их при подъеме и переноске. При переноске краном опок воспрещается перехватывать и поддерживать их руками; для этой цели должны применяться особые краны или шесты.

17. При углублении опок в почву воспрещается доходить до уровня грунтовых вод. В случае необходимости значительного углубления, в литейной мастерской должны быть устроены особые клепаные железные или чугунные водонепроницаемые баки, опущенные в землю, или же бетонированные ямы. Эти баки и ямы должны всегда содержаться сухими.

18. При передвижении или поворачивании тяжелых опок, лица, не занятые этой работой, должны отходить на расстояние, обеспечивающее им безопасность. Воспрещается подлезать под подвешенные опоки, а равно и переходить или перескакивать через опоки, наполненные неостывшим металлом.

19. Воспрещается производить какие-либо работы с опокой, когда она висит на крюке подъемного механизма или удерживается последним в поднятом с одного конца положении. В исключительных случаях, при безусловной необходимости работы с опокой на весу, должны применяться достаточно прочно поддерживающие подставки.

20. Воспрещается придерживать опоку или становиться на нее ногами во время отливки для предотвращения ее приподнимания. Для удерживания опoки на месте в этом случае должны иметься особые крепления, или достаточная нагрузка.

21. Формы при отливке в сухое и сердечники (шпишки) перед заливкой их металлом должны быть хорошо высушены — или при посредстве передвижных сушильных печей, или в постоянных специальных сушилах.

Сушка крупных форм и почвенных формовок горючим материалом на месте, посреди мастерской, допускается лишь в нерабочее время. В крайних случаях окончательная под-

сушка форм допускается и в рабочее время, но с принятием необходимых мер, по указанию санитарной инспекции, против угарания рабочих.

При производстве сушки в сушилках, которые должны иметь высоту внутри не ниже 2 м, дверцы сушил должны быть плотно закрыты. Отвод продуктов горения из сушил в рабочее помещение воспрещается.

IV. Вагранки и отражательные печи и выпуск из них чугуна.

22. Кожух вагранки должен иметь плотные швы, не пропускающие газов из шахты вагранки. Плотность швов и соединение частей вагранки должны проверяться не реже двух раз в год и во всех тех случаях, когда будет замечено влияние выделяющихся газов на состояние здоровья рабочих.

23. Вагранки должны быть снабжены искроуловителями.

24. Для возможности во всякое время изолировать воздухопроводы, на конце их у вагранки должны быть поставлены запорные задвижки, а в случае наличия воздуходувных машин с переменнo-поступательным движением поршня, задвижки должны быть поставлены и у последних. Между воздуходувными машинами и вагранками (печами) должна быть установлена сигнализация.

25. Для предупреждения взрывов, фурмы (сопла) вагранок, прилегающие к поясу плавления, должны быть снабжены приспособлениями, допускающими при остановленном дутье соединение фурм с наружной атмосферой.

Воспрещается охлаждать раскаленный кожух вагранки поливанием его водой, а равно и выпускать из вагранки шлак и кокс на сырой пол или в сырую почву.

26. Колосниковые площадки вагранок, а равно и ведущие на них лестницы должны быть устроены из несгораемого материала. Как площадки, так и лестницы должны быть ограждены прочными перилами, высотой не менее 1 м, снабженными внизу сплошной обшивкой на высоту не менее 18 см.

27. Подъемные устройства для вагранок во всех частях должны удовлетворять требованиям безопасного пользования ими.

28. Площадь пола вокруг выпускного желоба или подъемника вагранки и отражательной печи должна быть ровной и ничем не загромождаться.

29. В пространстве около вагранки и отражательной печи не должно допускаться никаких работ, кроме непосредственного их обслуживания.

30. Выпуск чугуна из вагранки и отражательной печи должен производиться в присутствии и под руководством назначенного для этих работ ответственного лица.

31. Ломы для пробники выпускного отверстия, крючья и сципалки (клюшки) при употреблении должны быть вполне сухими.

32. Наполненные жидким металлом ручные ковши и тигли должны подаваться к месту отливки по одному направлению, а опорожненные ковши и тигли должны уноситься и направляться к вагранкам (печами) по другому направлению.

V. Литейные ковши (отливка).

33. Для устранения опрокидывания литейных ковшей в ту или в другую сторону, в случае повреждения их механизма, центр тяжести наполненного расплавленным металлом ковша при вертикальном его положении, должен быть ниже (до 50 мм) оси вращения. Условие это обязательно для ковшей, поворачиваемых механической силой посредством червячной передачи или непосредственно крановым крюком. При ручном приводе для облегчения поворачивания ковша, допускается расположение его центра тяжести на уровне или несколько выше оси вращения, но лишь при условии наличия самотормозящего червячного привода.

34. Механизм для поворачивания ковшей должен иметь прочную конструкцию. Он должен быть защищен от засорения брызгами металла и шлака и должен подвергаться периодическим осмотрам.

35. Перемещаемые подъемными кранами ковши, не имеющие червячной передачи, во избежание опрокидывания их и выливания металла при случайном ударе о посторонний предмет, должны скрепляться при помощи задвижки или иного подобного приспособления.

36. Ковши при перевозке их на тележках, во избежание сдвигов их, должны укрепляться на тележке при помощи крюка, цепи или иного приспособления.

37. Стальные канаты и цепи подъемных кранов, предназначенные для перемещения литейных ковшей, в части, находящейся на блоке, должны быть защищены от действия лучистой теплоты расплавленного металла кожухом или чехлом достаточных размеров.

38. Кожух ковша должен иметь небольшие отверстия для удаления паров воды, выделяющихся из обмазки.

39. Литейные ковши каждый раз перед началом работы должны осматриваться для проверки исправного состояния всех их частей.

40. Ковши перед наполнением их расплавленным металлом должны быть просушены и нагреты. Просушка их должна производиться в условиях, исключающих возможность угарания рабочих.

41. Литейные ковни, а также тигли и горшки должны наполняться металлом лишь настолько, чтобы при перемещении их не происходило расплескивания металла.

42. Воспрещается нахождение людей в литейных ямах как во время выпуска металла, так и во время передвижения над ямой онок, формовок и иных тяжестей.

43. Все цепи, канаты и коромысла, употребляемые в литевой, должны быть перенумерованы и занесены в особую книгу с обозначением времени пуска их в работу и их подъемной силы. В книге должны быть указаны календарные сроки осмотров и испытаний цепей, канатов и коромысел, а также должны записываться результаты этих осмотров и испытаний и произведенные исправления. Наружный осмотр цепей и канатов производится не реже одного раза в две недели и имеет целью установить все дефекты, появившиеся в канатах и цепях за двухнедельную работу, например: обрывы проволок, истирание звеньев, чрезмерное вытягивание их и проч. Все негодные звенья должны быть вырублены и заменены новыми. Часть цепи с новыми звеньями до пуска в работу должна быть испытана или на гидравлическом прессе, или грузом на полную рабочую нагрузку. Канаты с обнаруженными опасными дефектами должны быть заменены другими, исправными и испытанными на полную рабочую нагрузку. Периодическая проверка цепей, канатов и коромысел на полную нагрузку должна производиться не реже одного раза в два месяца.

Для производства указанных осмотров и испытаний цепей, канатов и коромысел и для ведения упомянутой книги администрацией предприятия должно быть назначено ответственное лицо.

Один раз в год весь подъемный механизм и все работающие цепи, канаты и коромысла подвергаются испытанию технической инспекцией НКТ, согласно утвержденным НКТ РСФСР 11 мая 1922 года «Правилам устройства, испытания и эксплуатации подъемных механизмов и вспомогательных при них приспособлений» («Сборник обязательных постановлений и правил по технике безопасности и промышленной санитарии», вып. III), действие которых распространяется на всю территорию СССР, согласно постановлению НКТ СССР и ВСНХ СССР от 14 ноября 1923 г., № 154 («Известия НКТ СССР», 1923 г., № 11/35).

VI. Медно-литейное производство; тигельное литье сплавов.

44. В меднолитейной должна быть устроена рациональная приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая необходимую чистоту воздуха.

45. Ручные клещи для вынимания тиглей из горнов и печей должны быть снабжены подлежащими запорами, а щеки клещей должны плотно, без прокладок, охватывать тигель и не производить одностороннего давления.

Одни и те же клещи, во избежание изменения их формы, должны после употребления охлаждаться в воде, а затем перед употреблением должны просушиваться.

46. Пускать в работу разрешается только такие тигли, которые не имеют никаких видимых механических повреждений: трещин, глубоких царапин и т. п.

47. Новые тигли перед пуском в работу должны быть просушены и затем постепенно нагреты до температуры красного каления. При больших литейных — они должны быть нагреты в специальных печах, а при малых литейных тигель ставится в горн при разведении огня.

48. При наполнении тигля не следует слишком туго набивать его металлом.

49. Следует тщательно избегать ударов по тиглю, особенно когда тигель раскален.

50. Металл перед загрузкой тигля должен быть несколько нагрет, чтобы он был совершенно сухим.

51. После отливки воспрещается оставлять на дне тигля металл или шлак.

52. Воспрещается опускать неопорожненные тигли, содержащие расплавленный металл, на сырой пол мастерской. В этом случае тигли должны ставиться на соответствующие подставки.

53. В промежутки между плавками тигли должны храниться в сухом месте.

54. Воспрещается присадка цинка в тигли иначе, как в самой плавильной печи.

При добавлении фосфора воспрещается касаться его незащищенными руками без щипцов.

Разрезка фосфора на куски разрешается только под водой. До присадки он должен быть высушен между двумя листами пропускной бумаги.

55. Отделения для травления отливок должны быть выделены в особые помещения. Эти помещения должны быть оборудованы вентиляционными устройствами, удаляющими образующиеся во время травления вредные кислотные пары и газы.

VII. Обрубка и очистка отливок.

56. Для обрубки и очистки отливок должны отводиться особые помещения. В случае невозможности отвода таких помещений, работы эти должны производиться в особом отделении главного здания мастерской — притом непременно с применением предохранительных устройств, которые защищали бы соседних рабочих от повреждений отскакивающими при обрубке и очистке осколками.

Сами обрубщики располагаться должны по отношению друг к другу так, чтобы не пострадать от обрубков и осколков.

57. Перстаки, на которых производится очистка отливок, должны быть снабжены приспособлениями для механического отсасывания пыли вниз, а отливки небольшой величины — до 10 кг — предпочтительно очищать во вращающихся барабанах или пескоструйных аппаратах, которые должны быть снабжены приспособлениями для отсасывания пыли.

58. Применяемые для очистки и отделки отливок станки с наждачными кругами должны иметь прочные ограждения круга и механическое отсасывание пыли.

VIII. Копры для разбивки отливок.

59. Копры для разбивки отливок, кусков металла и лома должны быть ограждены со всех сторон прочными, достаточно высокими загородками. Лебедка, поднимающая бабу копра, равно и рабочий, обслуживающий копер во время удара бабы, должны находиться вне огражденного пространства. Над лебедкой должна быть устроена прочная защитная крыша.

IX. Рабочие.

60. Лица в возрасте до 18-ти лет и женщины к работам по плавке и разливке металла не допускаются.

61. Костюм литейщика должен быть таков, чтобы при случайном попадании брызг расплавленного металла последний мог скатываться по поверхности костюма. Рубаха не должна заправляться в брюки, а свободно свешиваться поверх них. Брюки не должны заправляться в сапоги, а носиться на выпуск. Шапка должна носиться с отогнутыми вниз полями.

62. Личное снаряжение рабочих (спецодежда, предохранительные очки и респираторы) должны удовлетворять нормам, утвержденным НКТ¹⁾.

X. Порядок исполнения настоящих правил.

63. Настоящие правила вводятся в действие на территории союзных республик распоряжением соответствующих народных комиссариатов труда и распространяются на все чугуно- и меднолитейные мастерские, независимо от числа занятых в них рабочих.

64. В отношении устраиваемых вновь чугуно- и меднолитейных мастерских требования настоящих правил применяются в полном объеме немедленно по введении правил в действие, в порядке, предусмотренном в предыдущей статье.

65. В отношении существующих чугуно- и меднолитейных мастерских требования настоящих правил проводятся в жизнь в следующем порядке: в трехмесячный срок по введении в действие правил (ст. 63) администрация предприятия должна представить в подлежащий губернский или соответствующий ему орган НКТ для утверждения календарный план осуществления тех требований правил, которые не могут быть исполнены немедленно. В случае несогласования в органе НКТ представляемого плана в целом или в отдельных частях его, спорные вопросы передаются органом НКТ на окончательное разрешение НКТ соответствующей союзной республики.

66. За нарушение настоящих правил администрация предприятия привлекается инспекцией труда к ответственности по соответствующим статьям уголовных кодексов союзных республик.

67. С введением в действие (ст. 63) настоящих правил, отменяются утвержденные НКТ РСФСР 25 апреля 1921 г. «Правила о мерах безопасности работ в чугуно- и меднолитейном производстве» («Сборник обязательных постановлений и правил по технике безопасности и промышленной санитарии», вып. III), действие которых было распространено на всю территорию СССР постановлением НКТ СССР и ВСНХ СССР от 14 ноября 1923 г. № 154 («Известия НКТ СССР», 1923 г., № 11/35).

Народный комиссар труда СССР Шмидт.
Зам. зав. отделом охраны труда НКТ Заремский.
Зав. п/отделом техники безопасности Кудрявцев.

13 мая 1926 г., № 110/344.

¹⁾ По металлической промышленности эти нормы утверждены постановлением НКТ РСФСР от 26 июня 1923 г. («Известия НКТ», 1923 г. № 22) и распространены на всю территорию РСФСР постановлением НКТ СССР от 20 августа 1923 г., № 48. («Известия НКТ СССР», 1923 г. № 5/29).

Правила устройства, обслуживания и установки ацетиленовых аппаратов и хранения карбида кальция.

(Утв. НКТ СССР 14 января 1926 г.)

I. Устройство ацетиленовых аппаратов.

а) Общие правила.

1. Аппараты для получения ацетилена должны быть прочной конструкции, газо-непроницаемыми и иметь такое устройство, чтобы давление ацетиленового газа в них не могло превышать 0,5 кг на см^2 ($1/2$ атмосферы) по манометру.

2. В ацетиленовых аппаратах не должно быть частей из красной меди, ее сплавов и из серебра. Газопровод, за исключением резиновых шлангов, служащих для присоединений, должен быть железный. Употребление сплавов меди разрешается только в тех частях газопровода, которые находятся за очистительными и сушильными приборами ацетиленовой установки.

3. Ацетиленовые аппараты должны быть устроены так, чтобы как перед пуском их в действие, так и вообще в случае надобности, был возможен выпуск наружу образовавшейся в аппарате смеси газа с воздухом.

4. Ацетиленовые аппараты должны быть снабжены водяными манометрами, открытые концы должны сообщаться с атмосферой предохранительными трубками, отвечающими требованию ст. 11 настоящих правил.

5. Расположение и способ прокладки газопроводных и газоотводных труб должны исключать возможность закупорки газовых путей, в частности — заполнения их осаждающейся водой. В необходимых случаях должны быть установлены водоотводчики и конденсационные горшки. Во всех своих частях газопровод должен быть непроницаем для ацетиленового газа.

б) Газогенератор.

6. Газогенератор должен иметь такое устройство, чтобы температура в нем не могла повышаться более, чем до 50°C .

7. Газогенератор должен иметь столько полезного водяного пространства, чтобы на каждый килограмм располагаемого карбида кальция приходилось не менее 10 кг воды. В газогенераторах, в которых вода капает на карбид (так называемая «капельная система»), указанное требование относится к воде, служащей для охлаждения газогенератора.

8. Устройство газогенераторов должно допускать в необходимых случаях, добавочную подачу воды в генератор без выхода в атмосферу сколько-нибудь опасного количества ацетилена.

9. Газогенераторы, в которых карбид кальция падает в воду (так назыв. «бросательная система»), должны быть так устроены или иметь такие приспособления, чтобы мелкие куски карбида кальция не могли попадать в известковый ил.

10. Устройство генератора ацетилена не должно допускать проникания воздуха в генератор или образования в последнем разрежения при удалении из него известкового ила.

11. Газогенераторы постоянных установок должны быть устроены так, чтобы при повышении в генераторе давления за допустимый предел ацетиленовый газ мог свободно удаляться наружу через особую предохранительную трубку, верхнее устье которой должно отстоять не менее, чем на 5 м от всякого рода очагов огня, от устьев дымовых труб, от тех окон и дверей соседних строений, за которыми может находиться открытый огонь или легко воспламеняющиеся предметы, а также от гаплерей и открытых лестниц жилых домов.

П р и м е ч а н и е. Предохранительная трубка газогенератора может быть соединена с выводной трубкой газгольдера (ст. 12) при достаточном диаметре этой последней.

в) Газгольдер.

12. Газгольдер, обособленный от генератора ацетилена, должен быть снабжен водяным затвором, не допускающим обратного поступления ацетилена из газгольдера в генератор, при чем действие затвора не должно нарушаться вследствие колебаний давления в газгольдере.

13. Газгольдер должен быть снабжен предохранительной трубкой для отвода наружу избытка ацетиленового газа при переполнении газгольдера или повышении в нем давления за допустимый предел. В отношении верхнего устья указанной трубки должно соблюдаться требование ст. 11 настоящих правил.

Диаметр предохранительной трубки газгольдера должен быть не менее диаметра трубки, по которой ацетиленовый газ поступает в газгольдер.

г) О ч и с т и т е л и.

14. При ацетиленовых установках должны быть приняты действительные меры к тому, чтобы ацетиленовый газ поступал в рабочий трубопровод достаточно сухим и очищенным от фосфористого водорода, сернистого водорода, аммиака и других примесей. Масса очистителя не должна выделять никаких веществ, которые будучи увлечены ацетиленовым газом, могли бы разрушительно действовать на металл частей установки или трубопровода, и не должна давать взрывчатых соединений с ацетиленом.

15. Скруббер для промывки газа должен быть снабжен приспособлениями, допускающими доливание в него воды во время его действия и препятствующими повышению в нем уровня воды за установленный предел.

Примечание. Допускается такое устройство скруббера, при котором он мог бы одновременно служить и водяным затвором между генератором и газгольдером.

16. В ацетиленовых установках с производительностью ацетиленового газа, начиная от 3 000 литров в час, должно быть устроено, кроме скруббера, по крайней мере, два попеременно включаемых очистителя.

д) В о д я н о й з а т в о р.

17. Ацетиленовые установки, предназначенные для технических надобностей (сварка и резание металлов, паяльные работы и проч.), должны быть снабжены в каждом месте расхода газа предохранительным водяным затвором, не допускающим проникания кислорода или воздуха в аппаратуру и обезвреживающим возможные обратные удары пламени.

II. Установка ацетиленовых аппаратов.

18. Запрещается устанавливать аппараты для получения ацетилена в жилых и рабочих помещениях и под ними.

19. Помещение для ацетиленовых аппаратов должно быть из негорючего материала, с негорючей легкой кровлей и должно быть отделено от смежных с ним помещений (жилых, рабочих складов и т. д.) глухими брандмауэрами.

Если аппаратное помещение стоит особняком, то разрывы между ним и соседними зданиями должны составлять не менее 5 м.

20. Аппаратное помещение должно быть просторным, светлым, сухим, теплым и должно быть снабжено вентиляционным устройством, обеспечивающим надлежащую чистоту воздуха, и действие этого устройства не должно вызывать образования искр.

21. Искусственное освещение аппаратного помещения, кроме электрического освещения, допускается только снаружи, через стекла окон, при чем как застекление, так и самые оконные переплеты не должны иметь никаких отверстий или щелей. Оконные рамы, кроме того, должны быть глухими.

22. При электрическом освещении лампочки накаливания должны быть заключены вместе с патроном в герметически закрытую арматуру и должны включаться снаружи. Электрические провода должны иметь водонепроницаемую изоляцию, надежно защищающую их от повреждений.

23. Отопление аппаратных помещений должно быть такого устройства, чтобы оно не допускало появления в помещении искр или накаливаний. От места топки аппаратное помещение должно быть отделено брандмауэром.

24. Выходная дверь аппаратного помещения должна быть огнестойкой и открываться только наружу. Запор двери должен быть так устроен, чтобы извне дверь могла открываться только ключом.

25. При сварке, резании и пайке металлов допускается в отступление от требования ст. 18 настоящих правил, установка переносных ацетиленовых аппаратов с зарядкой карбида не свыше 2 кг и в тех помещениях, в которых производятся указанные работы, если установка аппаратов в отдельных помещениях будет признана инспекцией труда невыполнимой по местным условиям или по техническим соображениям.

При этом должны быть соблюдены следующие условия:

а) Аппараты должны иметь такое устройство, чтобы во время действия их в рабочее помещение не могло выделяться сколько-нибудь опасных количеств ацетилена. В частности, газгольдер должен быть так рассчитан, чтобы он мог вместить все количество газа, получаемого из всего количества карбида, загружаемого в аппараты в одну зарядку. Предохранительная трубка должна выводиться наружу согласно требованиям ст. 13 настоящих правил.

Примечание. Отступления от требования выводить предохранительную трубку наружу допускаются не иначе как с разрешения инспекции труда.

б) Установка разрешается только в хорошо вентилируемых помещениях, имеющих кубатуру не менее 50 куб. м, при чем в помещении не должно устанавливаться более одного газогенератора.

в) Аппарат должен отстоять от места автогенной обработки металла, а равно от всякого открытого огня и раскаленных предметов не менее, чем на 5 м.

П р и м е ч а н и е. В исключительных случаях, с разрешения инспекции труда, допускаются отступления от указанной в настоящем пункте нормы.

26. Подвижные ацетиленовые аппараты, т.-е. такие, которые предназначены для работы в различных местах, могут устанавливаться и на открытом воздухе, в расстоянии не менее 5 м от окон и дверей соседних помещений, в которых имеются топки или легко воспламеняющиеся предметы, или бывает открытый огонь, а равно от наружных галлерей и открытых лестниц жилых домов.

27. С соблюдением расстояний, указанных в предыдущей статье, могут устанавливаться на открытом воздухе также газгольдеры.

III. Обслуживание постоянных ацетиленовых установок.

28. К обслуживанию ацетиленовых установок могут допускаться только лица в возрасте не моложе 20 лет, достаточно знакомые с устройством и действием их, с теми опасностями, которые они представляют, и с необходимыми мерами предосторожности.

29. В помещениях ацетиленовых установок должны быть вывешены на видных местах инструкции по уходу за аппаратами, утвержденные инспекцией труда.

30. Никакие работы, не связанные с прямым назначением аппаратных помещений, в последних во время действия аппаратов не допускаются.

31. Аппараты, замерзшие при случайном понижении температуры аппаратного помещения ниже 0°, могут оттаиваться только горячей водой или паром.

32. Удаление из генераторов известкового ила должно производиться по закрытым жолобам или каналам — так, чтобы была исключена возможность проникания ацетиленового газа в аппаратное помещение.

33. Ямы для известкового ила должны устраиваться под открытым небом. При этом закрытые ямы должны быть снабжены устройством для проветривания, а открытые ямы должны быть ограждены перилами. В непосредственной близости около ямы должна быть поставлена вывеска с надписью (крупными буквами) о запрещении курить и проходить около ямы с горящими или тлеющими предметами.

34. Вход в аппаратное помещение как с открытым огнем, так и с предохранительными лампами, за исключением безопасных электрических ламп, а также курение в этих помещениях табаку и пользование спичками и зажигательными приборами — запрещается, о чем должны быть вывешены на входных дверях соответствующие объявления.

35. Для тушения возникшего в аппаратном помещении пожара должны применяться сухие огнетушители типа «Тотал» или «Тейфун». Кроме того, необходимо иметь в помещении для указанной цели землю, песок и золу.

36. Вход посторонних лиц в аппаратные помещения не допускается без разрешения лица, заведующего ацетиленовой установкой.

IV. Порядок разрешения ацетиленовых установок.

37. На установку постоянных (стационарных) аппаратов для получения ацетилена и на допущение к работе переносных ацетиленовых генераторов необходимо разрешение губернского или соответствующего ему органа НКТ, а в отношении установок на транспорте — инспекции труда путей сообщения.

П р и м е ч а н и е. Без разрешения, но с регистрацией в губернском или соответствующем ему органе НКТ, допускается пользование для получения ацетилена постоянными приборами, емкостью не более 0,25 куб. м при давлении не свыше 0,2 кг на кв. см. по манометру и переносными приборами с предельной загрузкой не более 2 кг кальция карбида, независимо от давления в них.

38. В заявлении, подаваемом для получения указанного в предыдущей статье разрешения, должно быть указано, где именно предполагается и в чем ведении будет находиться постоянная ацетиленовая установка или действие переносного ацетиленового генератора.

39. К заявлению должны быть приложены в двух экземплярах:

а) Описание устройства аппаратов с указанием: материалов, из которых сделаны отдельные части их, полезного объема газгольдера и водяного пространства генераторов в литрах, максимальной загрузки карбида кальция в килограммах, наибольшей часовой производительности газогенератора в литрах, способа устройства водяного затвора и способа очистки ацетиленового газа.

- б) Чертежи (планы и разрезы) аппаратов с указанием точных размеров последних.
- в) Чертежи (планы и разрезы) помещения, в котором предполагается ацетиленовая установка, с указанием материала стен, полов, перекрытия и кровли, а также разрывов от соседних зданий, если аппаратное помещение стоит особняком.
- г) План территории, на которой будет действовать ацетиленовая установка, с обозначением на нем всех находящихся на этой территории строений и указанием материалов, из которых они построены, и назначения их.

П р и м е ч а н и е. Размеры на чертежах должны быть обозначены в метрических мерах.

40. Чертежи аппаратов должны быть исполнены в масштабе не менее одной двадцатой натуральной величины, а чертежи помещения ацетиленовой установки — в масштабе не менее одной сотой натуральной величины. План территории должен быть исполнен в масштабе одной четырехсотой или одной тысячной, в зависимости от размера участка.

41. Разрешение на ацетиленовую установку дается или безусловно, если представленный проект вполне удовлетворяет требованиям настоящих правил, или условно — с указанием срока, в течение которого должны быть устранены нарушения и недостатки, констатированные при рассмотрении проекта. При отказе в выдаче разрешения в ответе заявителю должны быть точно указаны мотивы отказа.

При выдаче разрешения заявителю возвращается по одному экземпляру представленных им документов (ст. 39) с соответствующими подписями. Эти документы должны быть прошнурованы в книге прилагаемого образца за скрепою губернского или соответствующего ему органа НКТ, или инспекции труда путей сообщения по принадлежности.

42. Ответ на заявление о разрешении ацетиленовой установки дается губернским или соответствующим ему органом НКТ или инспекцией труда путей сообщения по принадлежности, в двухнедельный срок со дня получения указанных в ст. 39 документов или представления заявителем дополнительных данных, если они потребуются, с добавлением к этому сроку времени, необходимого для пересылки ответа заявителю.

43. В шестимесячный срок по введении в действие настоящих правил (ст. 68) на все действующие ацетиленовые установки должны быть испрошены владельцами их (предприятиями, учреждениями или лицами, в ведении которых находятся установки) разрешения в порядке, изложенном в настоящем разделе.

V. Осмотр ацетиленовых труб.

44. Разрешенная губернским или соответствующим ему органом НКТ, или технической инспекцией труда путей сообщения ацетиленовая установка должна быть, по приведении ее в действие, осмотрена техническим инспектором НКТ, который проверяет, соответствует ли установка выданному разрешению.

Периодические осмотры ацетиленовых установок производятся техническим инспектором не реже одного раза в год.

Результаты осмотров с указанием сроков устранения обнаруженных дефектов вносятся техническим инспектором в шнуровую книгу, указанную ст. 41 настоящих правил.

45. Если при первоначальном или очередном осмотре ацетиленовой установки будут обнаружены такие нарушения настоящих правил или вообще неисправности, при которых установка угрожает непосредственной опасностью, то дальнейшее действие установки должно быть запрещено, о чем техническим инспектором составляется акт и делается запись в шнуровой книге установки с подробным указанием причин, вызвавших запрещение.

46. По устранении указанных в предыдущей статье нарушений или неисправностей, владелец установки должен немедленно послать техническому инспектору соответствующее заявление. До проверочного осмотра установки техническим инспектором владелец ее может, под своей ответственностью, привести установку в действие, о чем он должен немедленно составить акт совместно с представителем фабзавместкома и лицом, обслуживающим установку, и копию акта послать техническому инспектору. Подлинный акт должен храниться при шнуровой книге установки.

VI. Устройство трубопроводов для ацетилена.

47. При устройстве трубопроводов для ацетилена, кроме требований, указанных в ст. ст. 2 и 5 настоящих правил, должны соблюдаться требования, указанные в настоящем разделе.

48. Газопроводы должны быть расположены, по возможности, в доступных местах и должны быть защищены от замерзания.

49. При расположении газопроводов под полами, половой настил не должен лежать на трубах.

50. При прокладке через стены газопроводы должны быть заключены в предохранительные трубы, диаметром больше диаметра газопровода, по крайней мере, на 1 см, при чем газопровод не должен заключать в предохранительной трубе никаких соединительных частей.

51. Газопроводы, прокладываемые в земле, должны быть опущены ниже линии промерзания грунта. Для осмотра их должны быть устроены колодцы.

52. Соединения газопроводных труб между собою и с фасонными частями, равно как и самые трубы, должны быть непроницаемы для ацетиленового газа. В соединениях, оказавшихся неплотными, трубы должны быть немедленно разобраны и плотно соединены вновь. Трубы с обнаруженными в них трещинами должны быть немедленно удалены и заменены вполне исправными. Замазывание или подчеканка неплотных мест газопроводов воспрещается.

53. В качестве прокладки при соединении газопроводных труб между собою и с фасонными частями должна применяться пеньковая пряжа, пропитанная льняным маслом, или пенька на замазке, не содержащей свинца.

Воспрещается применять для прокладок железо-асфальтовый лак и тому подобные средства, а равно мягкий припой.

Выступающая из нарезок часть прокладки должна быть удалена начисто.

54. На внутренней поверхности газопроводных труб не должно оставаться ни заусенцев, ни частей прокладочного материала.

55. Воспрещается прокладывать газопроводы через дымовые трубы и каналы, а также вблизи их и таких мест, где можно ожидать образование огня или искр.

56. Газопровод должен тщательно укрепляться через каждые $1\frac{1}{2}$ м к потолкам или стенам. При прокладке труб следует избегать острых углов. Трубы должны идти кратчайшим путем по прямому направлению под прямым углом к стенам и потолкам.

57. Воспрещается производить осмотр ацетиленовых газопроводов с открытым огнем: осмотр допускается лишь с безопасными электрическими лампами.

VII. Хранение карбида кальция и других разлагаемых водою карбидов.

58. Карбид кальция и другие разлагаемые водою карбиды разрешается хранить только в герметически закрытых (запаянных) металлических сосудах, снабженных четкой предостерегающей надписью, например: «Карбид. Предохранить от влаги».

59. Для вскрытия запаянных сосудов с карбидом воспрещается применять паяльные лампы, а также инструменты или приспособления, при употреблении которых могут получаться искры.

60. Открытые сосуды с карбидом должны быть защищены непроницаемыми для воды крышками с загнутыми краями, плотно охватывающими сосуд.

61. Измельчение и развеска карбида должны производиться с возможной осторожностью для избежания образования пыли, при чем рабочие, занятые этими работами, должны снабжаться специальными респираторами и предохранительными очками.

62. В аппаратных помещениях ацетиленовых установок, примыкающих к рабочим и жилым помещениям, разрешается хранить одновременно не свыше 100 кг карбида, а в аппаратных помещениях, удаленных от жилых помещений на расстояние не менее 9 м, разрешается хранить до 500 кг карбида.

63. Хранение карбида при условии соблюдения требований ст. 58 настоящих правил разрешается только в негорюемых, сухих, светлых, кроме проветриваемых, помещениях, вполне защищенных от доступа в них воды. При устройстве в указанных помещениях отопления последнее должно иметь такую систему, чтобы при повреждении нагревательных приборов в помещении не могла проникнуть вода и чтобы случайно образовавшийся в помещении ацетилен не имел доступа к источникам открытого огня или сильно нагретым предметам.

64. Искусственное освещение складов карбида должно удовлетворять требованиям ст. 21 настоящих правил.

65. При условии соблюдения требований ст. 58 и 63 настоящих правил склады карбида могут устраиваться:

а) Малые склады, в которых одновременно хранится до 1 600 кг карбида: в малонаселенных частях города в расстоянии от жилых строений не ближе 30 м, а в селениях — в расстоянии от жилых строений не ближе 50 м.

б) Средние склады, в которых одновременно хранится до 16 000 кг карбида: на окраинах городов — в расстоянии не ближе 50 м от жилых строений, а на окраинах селений, — на расстоянии не ближе 75 м от жилых строений.

в) Большие склады, в которых одновременно хранится свыше 16 000 кг карбида: на окраинах городов — на расстоянии не ближе 75 м от жилых строений и на окраинах селений — на расстоянии не ближе 100 м от жилых строений.

П р и м е ч а н и е 1. На устройство склада карбида должно быть испрошено разрешение в порядке утверждения проектов по промышленному строительству.

П р и м е ч а н и е 2. Отступления от указанных в настоящей статье норм расстояний допускаются, по местным условиям, с разрешения губернского или соответствующего ему органа НКТ, по согласованию с губернским или соответствующим ему управлением пожарной охраны.

66. При аптекарских магазинах и москательных лавках разрешается хранение карбида, с соблюдением требования ст. 58 настоящих правил, в количестве не свыше 150 кг, при чем помещения для хранения должны быть сухими и должны быть обеспечены от доступа в них воды.

Примечание. Способ и условия хранения карбида кальция указываются местным управлением пожарной охраны.

VIII. Изъятия из настоящих правил.

67. Требования настоящих правил не распространяются:

а) На получение и применение ацетилена научными учреждениями и учебными заведениями для научных исследований и учебных целей.

б) На употребление ацетиленовых аппаратов для освещения экипажей, на употребление переносных ацетиленовых ламп и фонарей и на хранение необходимого для их действия количества карбида, при условии, чтобы: 1) загрузка карбидом указанных аппаратов ламп и фонарей не превышала 2 кг; 2) давление газа в них было не более 0,2 атм., а температура в газогенераторе — не выше 50° Ц; 3) не допускалось в указанных приборах медных частей, соприкасающихся с ацетиленом, и 4) количество хранимого в запасе карбида не превышало 10 кг.

в) На хранение для домашнего употребления небольшого количества — не свыше 2 кг — карбида кальция.

IX. Порядок исполнения настоящих правил.

68. Настоящие правила вводятся в действие на территории союзных республик постановлениями соответствующих народных комиссариатов труда.

69. Временные отступления от требований настоящих правил допускаются не иначе, как с разрешения губернских или соответствующих им органов НКТ на сроки, точно устанавливаемые ими.

70. Лица, виновные в неисполнении требования настоящих правил, привлекаются инспекцией труда к ответственности по соответствующим статьям уголовных кодексов союзных республик.

Нар. комис. труда СССР *Шмидт.*

Зав. отд. охраны труда НКТ *Капун.*

Зав. подотделом техники безопасности *Кудрявцев.*

14 января 1926 г. № 7/303.

«Изв. НКТ СССР», 1926 г. № 4 — 5.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	Стр. 3
-------------	--------

ЧАСТЬ I.

А. Металлы и сплавы.

Общие сведения о железе	5
Железо и сталь	6
Чугун	7
Медь	8
Олово	9
Цинк	—
Свинец	—
Алюминий	—
Сурьма, никель, хром, вольфрам, молибден	—
Бронза	10
Металл Монеля	—
Алюминиевая бронза	—
Латунь (желтая медь) и томпак (красная медь)	11
Белый металл (баббит)	—
Легкие металлы	—
Рыночные формы металлов и изделий из них	—
Общие замечания о металлах и сплавах (металлография)	12

Б. Литейное дело.

✓ Формовка и литье	15
✓ Формовочные материалы и способы их приготовления	17
✓ Свойства формовочных материалов	—
Масса	—
Тонкий формовочный песок	—
✓ Формовочная глина	18
Материал для приготовления стержней (шишек)	—
Чугун	18
✓ Графит, угольная пыль, формовочные чернила и фарфоровая глина	19
✓ Кварцевый песок	—
✓ Приготовление формовочного материала	—
Сушильные печи для формовочного песка	20
Дробилки	21
Механические сита	22
Машины для отделения частичек металла	23
Машины для смачивания	—
Дезинтеграторы	24
Внутренние напряжения при остывании форм, усадка и усадочные раковины	26
✓ Модели	31
✓ Опoki	33
Ручная модельная формовка	34
Модельная формовка машинным способом	40
Общие сведения о формовочных машинах	—
Формовочные машины без поворотных плит	42

	Сто.
Формовочные машины с поворотными плитами	46
Формовочные машины со снимающими (пропускающими) плитами	47
Встряхивающие формовочные машины	51
Приготовление стержней (шишек, сердечников)	53
Шаблонная формовка	58
Формовка зубчатых колес с помощью шаблонов и формовочных машин	66
Сушка форм и стержней	69
Плавильные печи и вспомогательные устройства к ним	71
Вагранки	—
Пламенные печи	74
Тигельные печи	77
Общая характеристика систем отопления плавильных печей	82
Литейные ковни	83
Дробление штыкового чугуна	85
Очистка литья	86
Общие сведения о литейных мастерских	89

ЧАСТЬ II.

А. Ковка и другие аналогичные работы.

Введение	91
Кузнечные работы	92
Печи для нагревания поковок	—
Ручной инструмент для кузнечных работ	96
Механические молоты	98
1. Ременные молоты	99
2. Фрикционные молоты с доской	101
3. Пружинные молоты	102
4. Пневматические молоты	105
5. Паровые молоты	113
Механизмы для поднимания, подачи и поворачивания поковок	117
Прессы (общие сведения)	118
Кривошипные и эксцентриковые прессы	119
Фрикционные винтовые прессы	123
Гидравлические кузнечные прессы	124
1. Пресс с насосом без гидравлического аккумулятора	125
2. Пресс с насосом и с гидравлическим аккумулятором	126
3. Пресс с паровым мультипликатором	127
Описание различных типов кузнечных прессов	128
Принадлежности к гидравлическим прессам, паровые мультипликаторы, гидравлические аккумуляторы и органы управления	131
Примеры кузнечных работ, выполняемых без помощи штампов	134
Ковка в штампах (матрицах)	139
Общие сведения о штампах	—
Примеры ковки в штампах	141
Горячая штамповка металлов	145
Ковочные машины	147
Обработка листового материала	158

Б. Сварка, термическая обработка.

Сварка	166
Введение	—
1. Горновая (кузнечная) сварка	167
а) Сведения общего характера	—
б) Сварка водяным газом	168
2. Автогенная сварка	169
а) Получение рабочих материалов: кислорода, водорода и ацетилена	170
б) Стальные баллоны, ацетиленовые аппараты и принадлежности к ним	174
в) Сварочные горелки	179
г) Регулирование горелок и процесс сварки	181
д) Экономическая сторона сварки	184
3. Электрическая дуговая сварка	185
4. Электрическая сварка методом сопротивления	193

	Стр.
5. Термитная сварка	201
а) Сварка в стык	202
б) Наплавка и приливка	203
в) Подготовка (размягчение) чугунных и стальных отливок для приливки к ним новых частей	204
Автогенная резка	205
Области применения наиболее важных способов сварки и резки	207
Закалка	208
Сорта инструментальной стали и различные случаи ее применения	214
Чистая углеродистая сталь	—
Специальные стали (сплавы стали с другими металлами)	215
Средства для достижения закалочных температур (закалочные печи)	218
Печи без муфельей	219
Муфельные печи	220
Закалочные печи с соляными и свинцовыми ваннами	221
Средства для измерения температур закалки	223
Средства для достижения температур отпуска	226
Средства для охлаждения. Закалочные ванны	227
Некоторые правила и примеры закалки изделий	229
Цементация	230
Отжиг («улучшение») стали	232
Получение ковкого чугуна	—
Приложение	235
Правила о мерах безопасности работ в кузнечном производстве	—
Правила безопасности работ в чугуно- и меднолитейном производстве	—
Правила устройства, обслуживания и установки ацетиленовых аппаратов и хранения карбида кальция	244

