

621.73

н 46

К. Ф. Неймайер

Д Е П

**КОВКА, ШТАМПОВКА
И ОБОРУДОВАНИЕ
КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХОВ**

Рэспубліканская
навукова-тэхнічная бібліятэка

Атрымана ў адд. Бібліятека
КНН Беларусі

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУКОВА-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

МЕТАЛЛУРГИЗДАТ · 1945

ВВЕДЕНИЕ

Краткий обзор развития кузнечного дела

Изменение формы (деформирование) металла происходит в результате внешнего воздействия: давления или удара. Металл оказывает определенное сопротивление изменению формы, для преодоления которого требуется приложить определенное усилие: давление прессы или удар молота.

Почти все металлы деформируют в нагретом состоянии, так как с повышением температуры сопротивление деформации уменьшается. Сталь деформируют преимущественно в горячем состоянии ковкой и штамповкой.

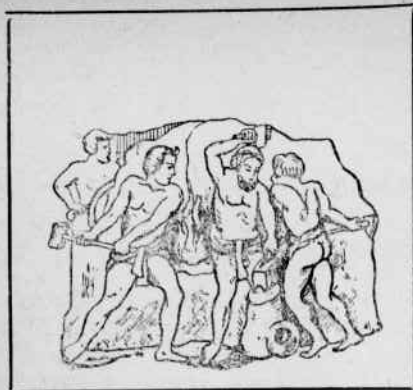
Еще в глубокой древности металлы играли в жизни человека большую роль. Из металлов — вначале из бронзы, а затем из железа — человек изготовлял оружие, которым он добывал себе пищу и защищался от диких зверей и врагов.

Железо было найдено впервые в древнеегипетских гробницах, относящихся к периоду за 3000 лет до нашей эры. В древней Греции задолго до нашей эры были известны методыковки железа, из которого изготовлялось оружие — мечи, щиты, наконечники копий и стрел и различные орудия для обработки земли, дерева и пр.; греки умели даже закалять сталь. Древние римляне имели кузницы с установленными в них горнами-наковальнями, причем более тяжелые поковки ковались кузнецом и двумя молотобойцами, как это представлено на фиг. I. Воздух вдувался в горн мехами, в то время еще не были известны механические молоты.

Только в XVI в. появились первые рычажные молоты, приводимые в движение от водяного колеса. В то время прокатных станов не было, и железо, которое получалось в сыродутных горнах, проковывалось под рычажными молотами, работавшими от водяного колеса, в полосы приблизительно следующих размеров: длина 80 см, ширина 7,5 и толщина 2,5 см. Из подобного полосового материала кузнец ковал оружие, шины для колес, опоры, лемехи для плугов и другие детали для орудий обработки земли. Железо, которое получалось кричным способом, обладало очень хорошей свариваемостью, поэтому легко было получать сваркой большие куски металла и ковать из них якоря для судов.

Рычажные молоты вначале имели бойки весом около 30 кг, но постепенно их вес был доведен до 70 кг. Накováльни укреплялись на деревянной колоде, скрепленной обручами, которая

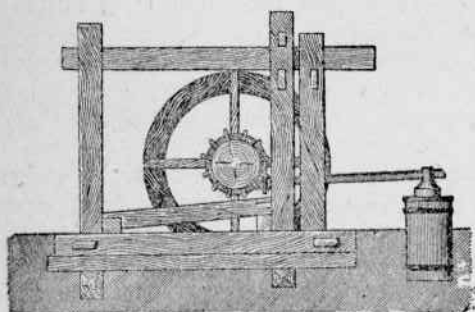
8124048



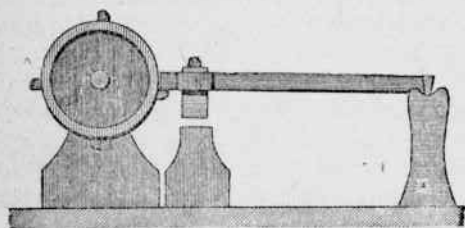
I. Римская кузница



II. Рычажный молот



III. Хвостовой молот с отбойником и приводом от водяного колеса

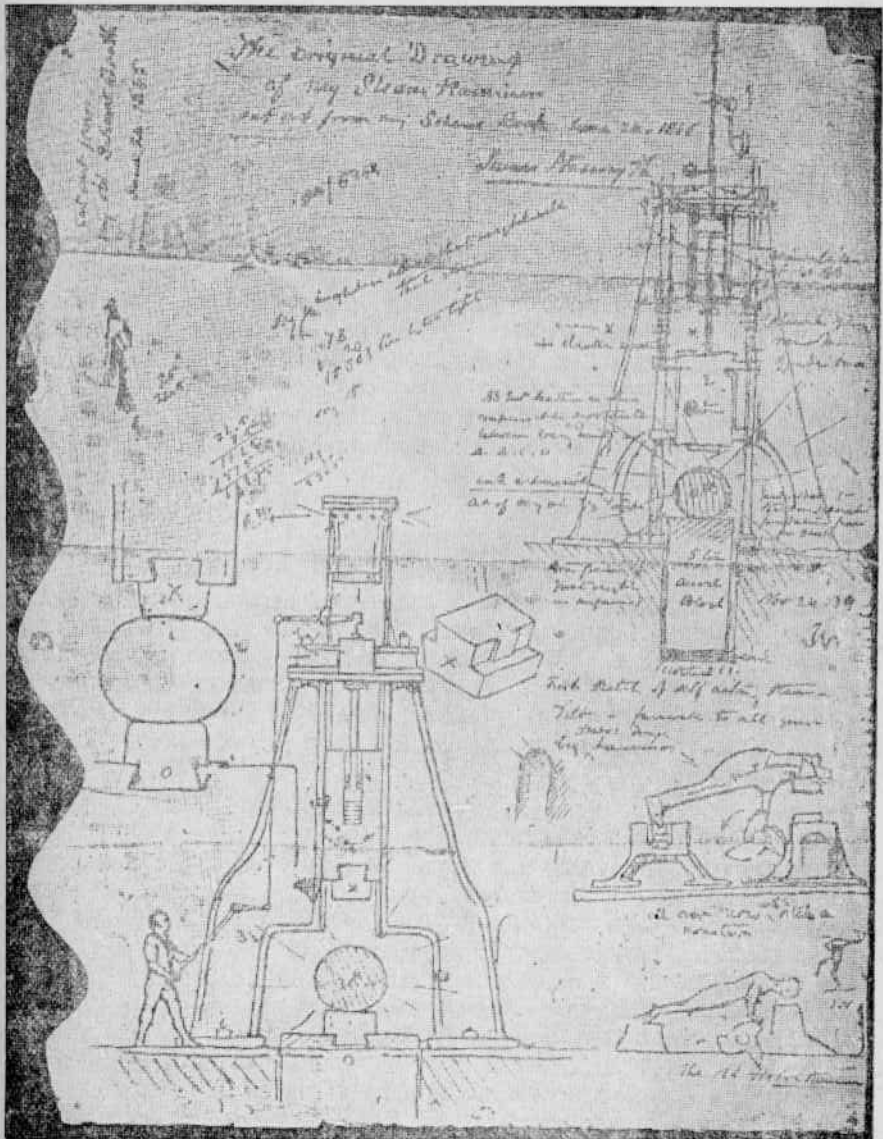


IV. Лобовой молот

носила название шафотт. Впоследствии в молотах подставка под наковальню получила название шабота (фиг. II).

Среднебойные молоты были распространены на железоделательных заводах Германии. В Австрии, во Франции, в Испании и вообще на юге Европы применялись преимущественно хвостовые молоты. У хвостового молота (фиг. III) молотовище продолжено за точку вращения и на конец его действуют кулаки, укрепленные на валу водяного колеса. При вращении колеса кулак, нажимая на конец молотовища, поднимает боек молота, который, после того как кулак соскользнет с конца молотовища, падает на наковальню.

К молотам пристраивались отбойники. Так, например, у хвостового молота отбойник помещен внизу (см. фиг. III); конец молотовища, опускаясь, изгибает отбойник. Когда конец молотовища освобождается от действия на него кулака, боек молота опускается на наковальню, но под влиянием пружинящего дей-



V. Эскиз парового молота Насмита

ства отбойника скорость его увеличивается. Хвостовые молоты производили до 200 ударов в минуту, и потому они применялись для легких работ по изготовлению полос небольшого сечения (мелкосортное железо).

Среднебойные молоты были более тихоходные.

С развитием судоходства, особенно в начале XVII в., тоннаж кораблей возрастал и требовались якоря большого веса. На каждые 20 т водоизмещения корабля требовалось 50—80 кг веса якоря. Следовательно, при тоннаже корабля в 1000 т якорь должен был иметь вес 2,5—4 т.

Якоря ковались вручную, но потом стали применять рычажные молоты; для больших якорей применялись молоты весом бабы в 400 кг.

В тех местностях, где нельзя было использовать энергию падающей воды для приведения в действие рычажных молотов, применялись молоты, приводимые в действие непосредственно силой рабочих. Устройство их было весьма примитивно. Баба молота прикреплялась к канату, перекинутому через блок, закрепленный у потолка кузницы. Несколько рабочих тянули за канат. Подняв бабу молота на определенную высоту, рабочие по команде отпускали канат, и баба падала на поковку, расположенную на наковальне.

В Англии применялись лобовые молоты типа, представленного на фиг. IV.

С изобретением паровой машины в некоторых случаях начали применять для приведения в движение рычажных молотов паровую машину. Паровой молот был изобретен в Англии инженером Несмитом в 1839 г. Однако первый паровой молот был построен несколько раньше во Франции на заводе Крезе инженером Бурдоном, которому были известны чертежи молота Несмита. Сам Несмит построил свой молот с весом бабы около 1 т в 1843 г. (фиг. V).

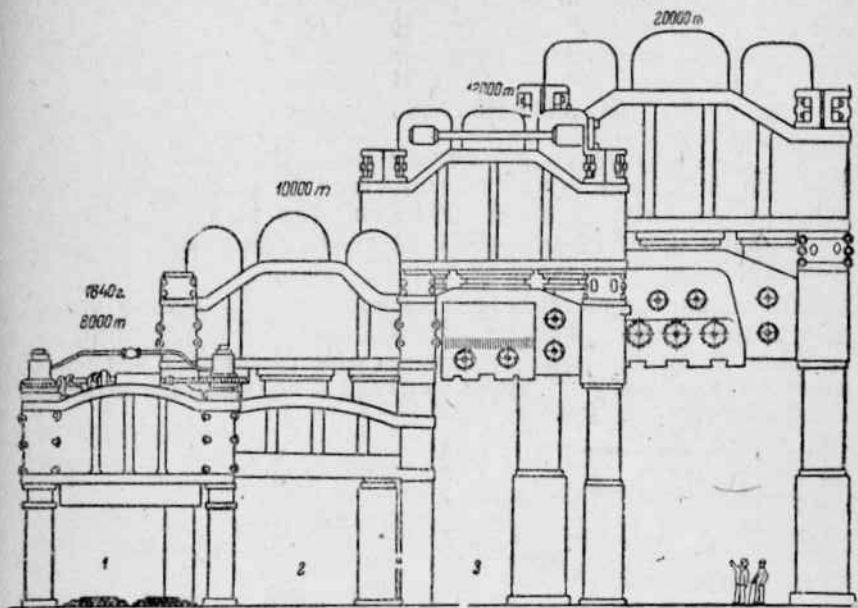
Размер молотов все увеличивался, так как они сделались необходимыми из-за увеличения веса поковок для валов большого диаметра, требующихся для машин большой мощности и для пушек большого калибра. Вскоре после Несмита на заводе Круппа в Германии был построен молот с весом падающей части в 50 т, а затем такие же молоты и на Обуховском заводе (ныне «Большевик») в Ленинграде и на пушечном заводе в Перми (теперь Машзавод им. Молотова). Во Франции был построен молот с весом падающей части в 100 т. Высота молота достигала 21 м. В США на заводе Вифлеемской стальной компании был построен молот с весом падающей части в 120 т, а в Италии на заводе Терно бельгийский завод Коккериль построил молот с весом падающей части в 108 т, который работал на сжатом воздухе.

Все эти молоты в настоящее время не эксплуатируются. Они заменены ковочными прессами: гидравлическими и парогидравлическими.

Ковочные прессы строятся для давлений в 500, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 3000, 6000, 10 000, 15 000 и 20 000 т. На фиг. VI представлена схема относительных размеров разных прессов и среди них пресс с давлением в 10 000 т. Высота его колонн 21 м, а

диаметр 700 мм. Такой пресс может проковывать болванку весом до 250 т.

Из этого краткого очерка развития кузнечного дела можно видеть, что потребовалось более 2000 лет, чтобы человек от ручнойковки перешел к ковке под механическими молотами, вначале приводившимися в действие энергией падающей воды.



VI. Сравнительные размеры разных прессов

Особенно большой прогресс в областиковки и горячей штамповки можно отметить за последние 25 лет. Веса слитков для изготовления из них поковок доходят до 250 т, а давление, развиваемое ковочным прессом, до 20 000 т.

У нас в СССР имеются мощные прессовые цехи для тяжелойковки, оборудованные по последнему слову техники, с прессами в 10 000 и 15 000 т.

В области горячей штамповки у нас в СССР тоже можно отметить большой прогресс как в отношении расширения производства, так и в усовершенствовании методов штамповки, конструкции и машин-орудий, применяемых при горячей штамповке в авто- и тракторостроении. Такие заводы-гиганты, как завод им. Сталина, им. Молотова и наши тракторные заводы, по своей технике и оборудованию не уступают лучшим американским заводам.

РАЗДЕЛ I

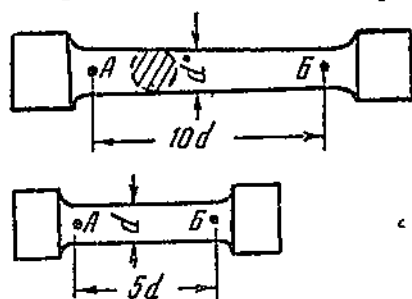
МЕТАЛЛЫ И ИХ СВОЙСТВА

ГЛАВА I

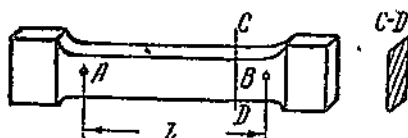
ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Почти все кованные и штампованные детали изготавливаются из различных сортов углеродистой стали и лишь сравнительно незначительная часть деталей изготавливается из цветных металлов и сплавов. Сталь — основной материал дляковки и горячей штамповки.

Сталь бывает углеродистая и легированная. В состав углеродистой стали входят: железо, углерод, марганец, кремний, сера и фосфор. В легированных сталях, кроме указанных элементов, содержатся еще никель, хром, ванадий, вольфрам, молибден



Фиг. 1. Образцы круглого сечения для испытания на разрыв



Фиг. 2. Образец плоского сечения для испытания на разрыв

и др., причем в состав той или иной стали входит один или несколько названных элементов и притом в разнообразных количествах.

Наибольшее применение имеет углеродистая сталь—она, и самая дешевая. Присадочные элементы, за исключением хрома, редки, стоимость их высокая, а потому и легированные стали стоят намного дороже углеродистых.

Различные сорта стали имеют различные механические свойства, характеризующиеся следующими показателями: временное сопротивление разрыву, удлинение, поперечное сжатие, твердость, ударная вязкость.

Испытание стали производится на образцах определенной формы и размера. Так, для определения временного сопротив-

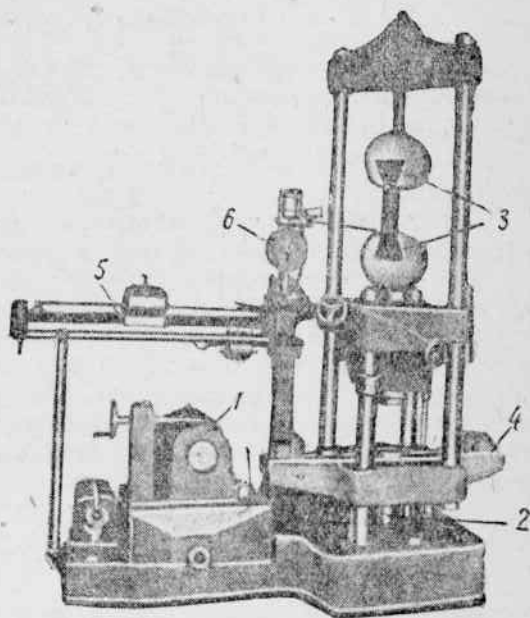
ления разрыву, удлинения и поперечного сжатия берутся образцы круглого сечения, как это показано на фиг. 1. Образцы снабжены утолщениями на концах, позволяющими закрепить образец в разрывной машине. Длина образцов между кернами А и Б равна пяти- и десятикратному диаметру образца.

При испытании листового материала образцы изготавливаются плоскими (фиг. 2).

На фиг. 3 представлена разрывная машина. Испытываемый образец зажимается в зажимных головках 3. Одна из головок находится под действием винта, приводимого во вращение от электромотора 1. Другая головка соединена с рычагом 5. Перемещением груза на рычаге можно установить равновесие между растягивающим усилием, развиваемым винтом, и усилием, передаваемым грузом через рычаг. Под влиянием растягивающего усилия брусок удлинится. Если после прекращения действия усилия брусок примет первоначальную длину, то такая деформация носит название упругой, а растягивающее усилие, выше которого брусок не возвращается к первоначальной длине, носит название

предела упругости. Когда усилие, растягивающее брусок, превысит предел упругости, наступает период, когда удлинение бруска происходит без повышения растягивающего усилия: это — период текучести, после которого растяжение бруска опять зависит от нарастания растягивающего усилия. Напряжение растяжения в конце периода текучести носит название предела текучести.

Растягиваемый образец удлиняется и обычно посредине длины начинается образование шейки — уменьшение диаметра, и при некотором разрывающем усилии происходит разрыв образца. Если выраженное в килограммах максимальное усилие P



Фиг. 3. Разрывная машина:

1 — электромотор; 2 — грузовой винт; 3 — зажимные головки; 4 — траверса; 5 — рычаг; 6 — манометр

разделить на площадь (в мм²) первоначального сечения f образца, получим значение временного сопротивления (разрыву, т. е.

$$\sigma_B = P : f,$$

выраженное в килограммах на 1 мм². Если образец длиной 200 мм в момент разрыва оказался длиной в 230 мм, т. е. удлинился на 30 мм, то, разделив 30 мм на первоначальную длину (200 мм) и умножив на 100, получим значение относительного удлинения в процентах:

$$\delta = (30 : 200) \cdot 100 = 15(\%).$$

Если площадь поперечного сечения места разрыва будет f_1 , а первоначальная была f , то относительное сжатие поперечного сечения, выраженное в процентах, будет:

$$\psi = (f_1 : f) \cdot 100.$$

Если, например, первоначальное сечение (соответствующее диаметру 20 мм) было 314 мм², а сечение после разрыва было 201 мм² (соответствующее диаметру 16 мм), то относительное сжатие поперечного сечения будет около 64%.

Для определения твердости применяется метод Бринеля, который состоит в том, что поверхность испытываемого металла шлифуется и в нее вдавливается под действием определенной нагрузки P стальной шарик определенного диаметра D (фиг. 4). Если диаметр отпечатка d и площадь поверхности шарового сегмента (в мм²)

$$F = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}),$$

то твердость определяется показателем

$$H_B = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

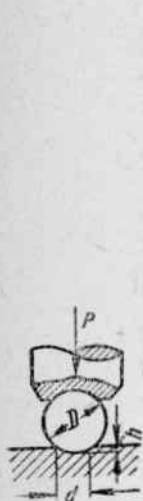
где P — нагрузка, усилие, под влиянием которого произошло вдавливание шарика в металл. Для толщины металла выше 6 мм применяются шарики диаметром 10 мм, для толщины от 3 до 6 мм — диаметром 5 мм и тоньше 3 мм — диаметром 2,5 мм.

Нагрузка P для стали и чугуна принята соответственно 3000, 750 и 187,5 кг (30 D^2). Продолжительность действия нагрузки обычно 30 сек. При испытании принято обозначать диаметр шарика в миллиметрах, величину нагрузки в килограммах и продолжительность действия нагрузки в секундах 10/3000/30.

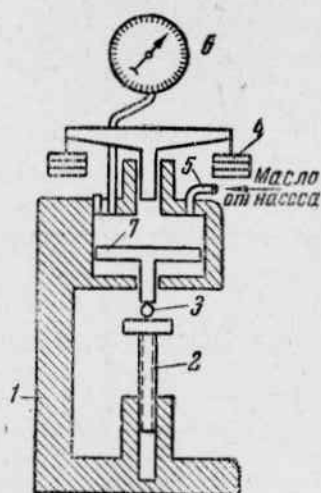
На фиг. 5 показан пресс Бринеля. Давление фиксируется грузами 4. Устройство пресса и его действие ясны из фигуры.

Испытание на ударную вязкость производится на приборе (копре) Шарпи.

Образец для испытания на удар имеет прорезь (запил) на определенную глубину. На образце с поперечным сечением в 10×10 мм глубина прорези 2 мм при ширине в 2 мм и радиусе закругления в 1 мм. Вид пробы и ее установка на приборе представлены на фиг. 6. Удар наносится в месте, указанном

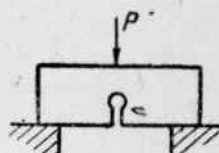


Фиг. 4. Схема испытания твердости методом Бринеля



Фиг. 5. Схема пресса Бринеля:

1 — стальная; 2 — шпindelъ; 3 — шарик; 4 — грузы; 5 — трубка для накачивания масла; 6 — манометр; 7 — поршень



Фиг. 6. Образец для испытания на удар

стрелкой P . Если удар обладал энергией A_k кгм, а площадь, по которой произошло разрушение, равна F см², то $A_k : F = \rho$ кгм/см² и будет показателем ударной вязкости.

Согласно ГОСТ 380—41 для стали группы А установлено несколько сортов углеродистой стали, механические свойства которых характеризуются приведенными в табл. 1 показателями, а технологические свойства — соответствующими испытаниями.

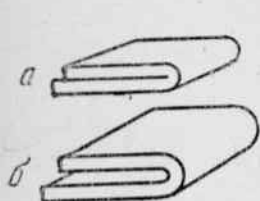
Временное сопротивление разрыву повышается, а удлинение понижается в зависимости от увеличения содержания углерода, как это видно из табл. 1, в которой сорта стали расположены в порядке увеличения в них содержания углерода.

Технологические пробы заключаются в загибе металла до полного соприкосновения, как показано на фиг. 7,а, или так, чтобы между согнутыми частями куска металла оставался зазор, равный толщине оправки (фиг. 7,б). Испытание загибом производится как в горячем, так и в холодном состоянии. Технологическое испытание материала особенно важно при ковке и

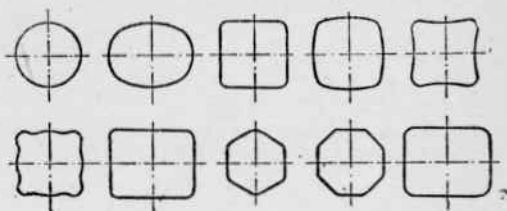
Таблица 1

Марка стали	Временное сопротивление при разрыве σ_b , кг/мм ²	Относительное удлинение			Предел текучести σ_s кг/мм ² не менее	Толщина оправки d в зависимости от толщины образца a при испытании на изгиб в холодном состоянии на 180°
		при σ_b кг/мм ²	для длинного образца σ_{10}	для короткого образца σ_5		
Ст. 0с	32—47	32—47	18	22	19	$d = 2a$
Ст. 1	32—40	32—40	28	33	—	$d = 0$
Ст. 2	34—42	34—42	26	31	21	$d = 0$
Ст. 3	38—47	38—40	23	27	22	$d = 0,5a$
		41—43	22	26		
		44—47	21	25		
Ст. 4	42—52	42—44	21	25	24	$d = 2a$
		45—48	20	24		
		49—52	19	23		
Ст. 5	50—62	50—53	17	21	27	$d = 3a$
		54—57	16	20		
		58—62	15	19		
		60—63	13	15		
Ст. 6	60—72	64—67	12	14	30	—
		68—72	11	13		
		70—74	9	11		
Ст. 7	70 и более	75—79	8	10	—	—
		от 80 и более	7	9		

штамповке. Если металл при испытании на загиб дает трещины, то он не пригоден для этих целей. Появление трещин при горячем загибе нормального нагретого пробного бруска свидетельствует о высоком содержании серы, являющейся причиной крас-



Фиг. 7. Технологическая проба на загиб



Фиг. 8. Различные формы сечения слитков

ноломкости. Большое содержание фосфора в стали делает ее холодноломкой. Обычно содержание как серы, так и фосфора не должно превышать 0,05% каждой из этих примесей.

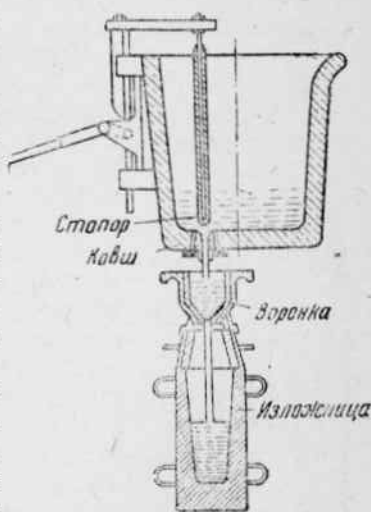
Содержание в стали никеля, хрома, молибдена, ванадия, вольфрама и других элементов повышает механические свойства легированных сталей, применяемых в машиностроении: лучшие сорта инструментальных сталей являются легированными.

На механические свойства стали большое влияние оказывает термическая обработка: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

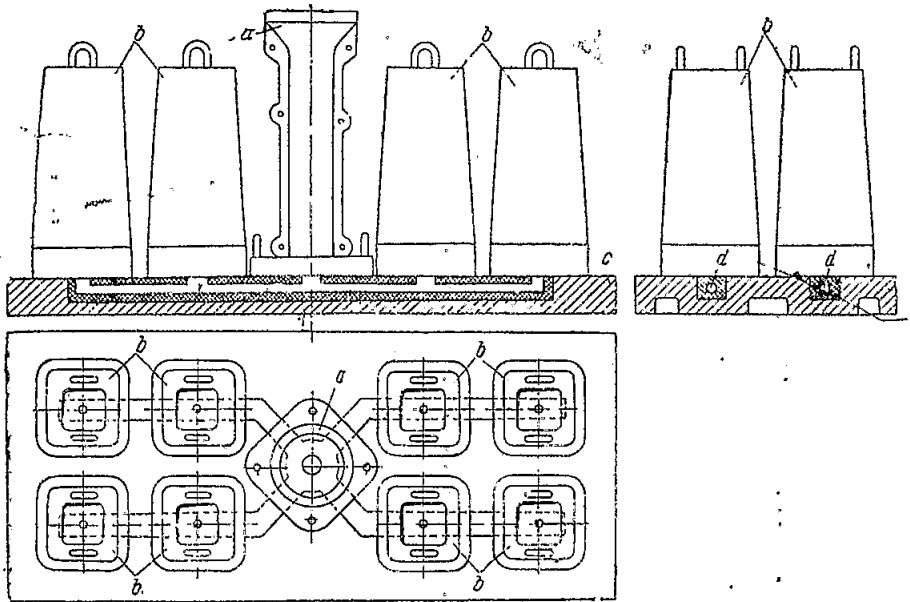
В кузнечном производстве при свободной ковке сталь применяется в виде слитков и в виде катаной заготовки. При горячей штамповке материалом служит исключительно катаная заготовка.

Слиток. Из мартеновской печи или из конвертера жидкая сталь разливается в чугунные изложницы, формы и размеры которых весьма разнообразны. На фиг. 8 показаны различные формы поперечного сечения слитков. Слитки бывают весом от нескольких килограммов до 250 т (для свободнойковки).

Разливка стали в изложницы производится сверху или снизу. Разливка сверху показана на фиг. 9. Сталь из разливного ковша вытекает через отверстие в дне ковша в изложницу и, ударяясь о дно изложницы или поверхность стали, частично



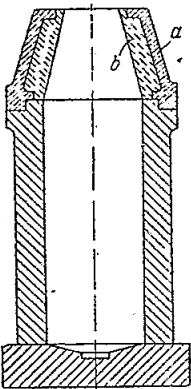
Фиг. 9. Разливка стали сверху



Фиг. 10. Изложницы на сифонной плите:

а — общий литник (маточная изложница); б — изложницы; с — поддон; д — горизонтальные литниковые каналы

заполнившей изложницу, она разбрызгивается по ее стенкам, что портит поверхность слитка.



Фиг. 11. Изложница с утепленной прибылью:

а — надставка; б — огнеупорная футеровка

В этом отношении слитки, отлитые путем наполнения их снизу (сифоном), имеют преимущества. При отливке снизу одновременно наполняется несколько изложниц. Наполнение изложниц снизу представлено на фиг. 10. Изложницы устанавливаются на поддонах, имеющих выложенные огнеупором каналы, в которых сталь поступает из разливного ковша через центральный литник.

Крупные слитки для кузнечного производства всегда отливаются в изложницы с утепленной прибылью (фиг. 11), для чего на изложницу ставится чугунная, футерованная внутри надставка. Сталь, остывая в изложнице, сокращается в объеме. Убыль объема пополняется за счет стали из прибыльной части, в которой она дольше остается жидкой, так как не соприкасается непосредственно с чугунными стенками изложницы. Благодаря надставке усадочная раковина образуется в верхней центральной части слитки (в надставке).

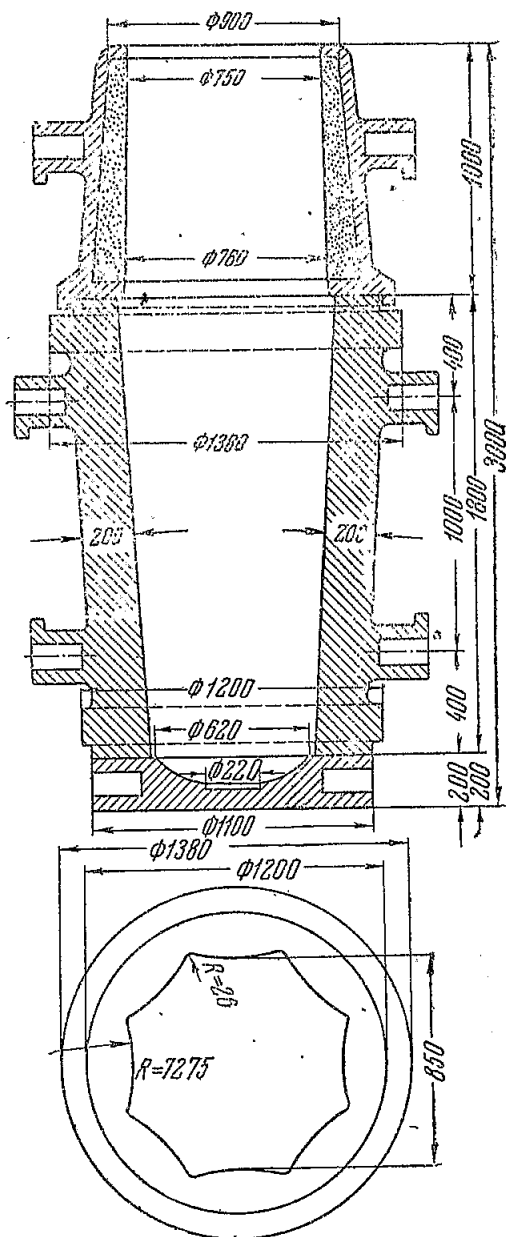
На фиг. 12 представлена изложница для отливки слитка, предназначенного дляковки; при общей высоте слитка в 2800 мм высота прибыли достигает 1000 мм.

Слитки, полученные путем сифонной отливки, имеют более чистые боковые поверхности, что существенно для прокатки, но если они назначаются дляковки, то необходимо учитывать их крупные недостатки, заключающиеся в удлиненной усадочной раковине, увеличенном размере центральной рыхлости, а также большей загрязненности стали шлаковыми включениями, получающимися от размывания сифонных каналов жидкой сталью.

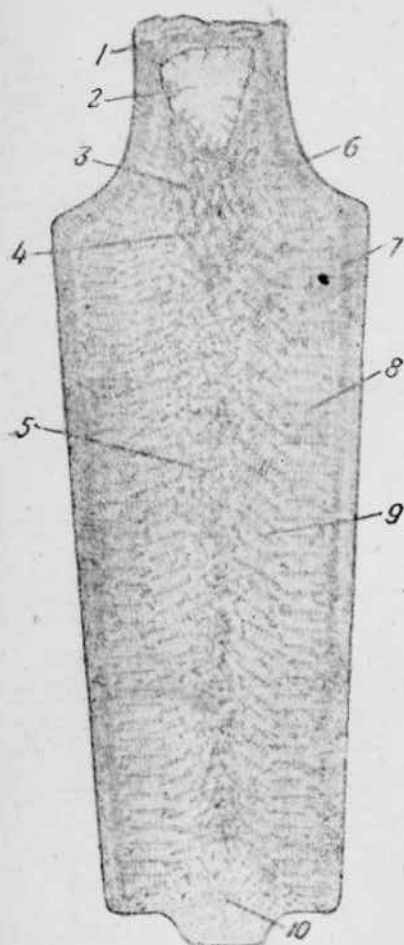
Слитки выгружаются из изложницы через определенный промежуток времени, зависящий от их веса; так, например, слиток весом в 25 т через 9 час., а весом в 100 т — лишь через 20 час.

Существенное значение имеет температура стали при разливке и скорость последней. Хорошие результаты получаются, когда температура углеродистой стали при разливке составляет около 1450° , а скорость разливки — около 1 т в минуту.

Большое значение имеет вес изложницы в отношении веса слитка, так как скорость затвердевания стали в изложнице зависит от скорости охлаждения, а последняя тем больше, чем



Фиг. 12. Изложницы с надставкой для крупного слитка



Фиг. 13. Продольный разрез слитка весом около 3,7 т (схема):

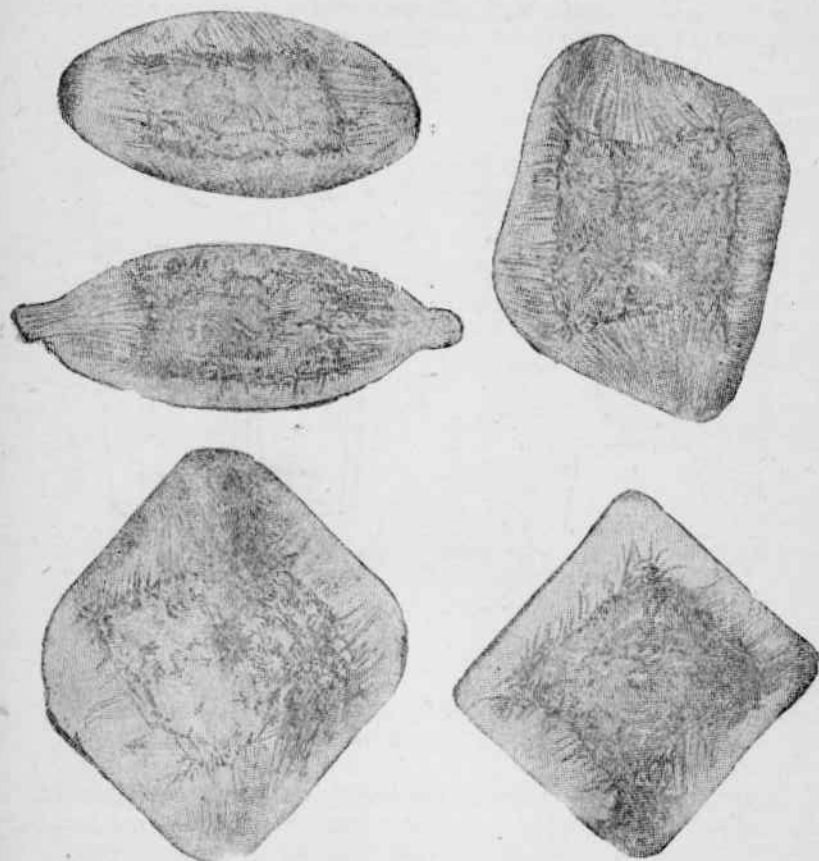
1 — мосты; 2 — усадочная раковина; 3 — усадочные пустоты и ликвационная зона; 4 — усадочная рыхлость; 5 — зона средних дендритов; 6 — тонкий слой зернистого строения; 7 — мелкие плотные дендриты; 8, 9 — крупные дендриты; 10 — плотное зернистое строение

больше вес изложницы. При охлаждении сталь кристаллизуется вначале в наружной зоне, прилегающей к поверхности изложницы, причем, чем ближе к центру слитка, тем крупнее кристаллы, имеющие вид елки (дендритная структура). Затвердевание стали идет от периферии к середине и снизу вверх. Последней затвердевает верхняя центральная часть слитка, в которой образуется усадочная раковина.

На фиг. 13 представлен продольный разрез слитка стали, предназначенного для поковок. Наружный слой 6 слитка состоит из мелких разноосных кристаллов; к этому слою прилегают кристаллы, которые ориентированы перпендикулярно к поверхности изложницы и носят название столбчатых кристаллов 7. Следующий слой — более крупных столбчатых кристаллов 8, также ориентированных перпендикулярно к поверхности. Среднюю часть слитка 9 занимают крупные кристаллы елочной формы (дендриты). Нижняя часть слитка 10 имеет плотное зернистое строение. В верхней части слитка, на границе перехода к прибыли, в середине, расположена так называемая усадочная рыхлость 4 и ликвационная зона 3, богатая серой, фосфором и неметаллическими включениями. Выше усадочной рыхлости располо-

жена усадочная раковина 2 и, наконец, верхний слой стали, в котором много газовых пузырей, образующих так называемые мосты.

Описанная выше структура слитка является довольно устойчивой, и сталь, будучи прокована или прокатана, имеет в середине всегда более крупнокристаллическое строение, чем в зо-



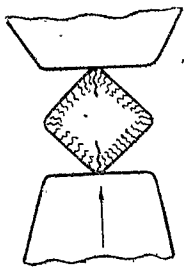
Фиг. 14. Разрезы прокатанных полос

нах, прилегающих к поверхности. На фиг. 14 представлены поперечные разрезы прокатанных из слитка полос, на которых ясно можно видеть, как сохранились формы зон столбчатых кристаллов и крупных кристаллов в середине сечения.

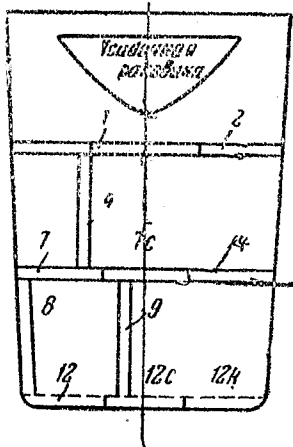
Были попытки выравнять структуру слитка путем длительного отжига, но положительных результатов получить не удалось. Известный исследователь Н. И. Беляев подвергал слиток стали отжигу до температуры 1150° в течение 24 час, но, как

показали дальнейшие исследования, структура слитка от этого не изменилась. Отжиг слитков из хромоникелевой стали в течение 14 и 20 час. имел тот же результат: структура в общем осталась без изменения.

Верхняя часть слитка, в которой находятся усадочная рыхлость и усадочная раковина, является наиболее недоброкачественной, и при ковке она обычно удаляется; этот отход составляет приблизительно 30% от веса слитка.



Фиг. 15. Схема образования трещин



Фиг. 16. Расположение проб в слитке

Наружный, небольшой по толщине, слой слитка обращается при нагревании в окалину; слитки качественной стали обдираются на станках.

Лучшей частью слитка является область столбчатых кристаллов, зона развития которых тем больше, чем меньше размер поперечного сечения слитка, чем ниже температура разлива стали, чем толще стенки изложницы, чем быстрее охлаждение и чем богаче сталь примесями хрома, никеля и вольфрама.

Дляковки наилучшим поперечным сечением слитка будет многоугольное с вогнутыми сторонами. Для слитков небольшого размера применяются круглое и квадратное сечения, для различных специальных целей слитки могут иметь прямоугольное и овальное сечения.

Столбчатые кристаллы расположены перпендикулярно к поверхности слитка; поэтому в углах, например, при квадратном поперечном сечении, кристаллы встречаются под прямым углом в 'диагональной' плоскости. Это место — самое слабое место слитка, и в случае быстрого и сильного обжатия слитка в на-

правлении диагонали в этом месте появляется трещина (фиг. 15).

Слиток неодинаков по химическому составу. Так, например, содержание углерода в нижней его части бывает почти в 2—2½ раза меньше, чем в верхней; содержание серы и фосфора и разного рода шлаковых включений в верхней части больше, чем в нижней; то же относится и к марганцу. Поэтому, а также вследствие различной структуры слитка, механические качества металла в разных частях слитка также неодинаковы. Опытным путем это было проверено следующим образом. Из слитка весом в 380 кг были взяты пробы: долевые № 4, 8 и 9 и поперечные № 7, 7с, 7к, 12, 12с и 12к (фиг. 16) и испытаны на разрыв. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытания образцов, взятых из различных частей слитка

Номера образцов	Временное сопротивление разрыву кг/мм ²	Удлинение	Поперечное сжатие
		%	
4	73,6	11,3	15,0
8	73,4	15,5	22,0
9	70,7	12,1	16,5
7	71	15,5	32,2
7с	69,1	10,2	—
7к	71,6	15,5	16,5
12	71	17,9	31,5
12с	72	17,3	32,7
12к	76	18,3	30,1

Из табл. 2 можно видеть, что образцы из середины слитка имеют более низкие показатели по сопротивлению разрыву, удлинению и поперечному сжатию.

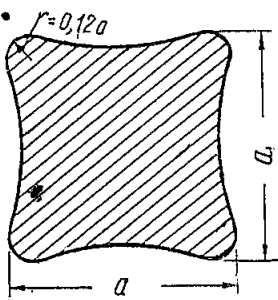
Испытывавшиеся образцы были предварительно отожжены. В более крупных слитках разница механических свойств металла в центре слитка и на периферии, вверху и внизу еще более значительна.

Катаная заготовка. Для кузнечных работ применяется катаная заготовка от блюминга (блюмсы) и заготовка, получаемая от прокатного стана непрерывной прокатки.

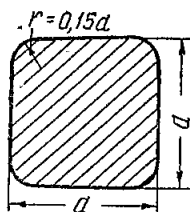
Для штамповки употребляется главным образом заготовка квадратного сечения размером стороны 50—150 мм от непрерывных прокатных станов. Поперечное сечение обкатой болванки по ОСТ НКТП 2437 представлено на фиг. 17. Размеры стороны: 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 225, 250, 275, 300, 350 мм.

Допуск для стороны $\pm 3\%$, допуск по длине $+100$ мм. Минимальная длина — 1 м.

На фиг. 18 представлена форма поперечного сечения катаной заготовки (ОСТ НКТП 2438).



Фиг. 17. Сечение обжатой болванки (ОСТ НКТП 2437)



Фиг. 18. Сечение катаной заготовки (ОСТ НКТП 2438)

Размер стороны установлен следующий: 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 140, 150 мм.

Допуски для стороны $\pm 3\%$.

Кроме того, часто в кузнечном деле применяется сортовой катаный материал круглого сечения диаметром 9,5—210 мм (ОСТ НКТП 2395), а также квадратного сечения размером стороны 10—100 мм с прямыми и с закругленными углами со стороной 50—150 мм (ОСТ НКТП 2396). Радиус закругления $0,15a$. Нормальная длина прутка 4—6 м. Допускаемые отклонения по стороне квадрата от $+0,5$ мм, при стороне в 25 мм до $+1,75—2,25$ мм при стороне свыше 120 мм, а для круглого сечения $\pm 0,5$ мм при диаметре до 25 мм и $+2—3$ мм при диаметре 150—210 мм.

ГЛАВА II

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Металл характеризуется своим химическим составом, а также механическими свойствами, определяемыми при испытании металла на разрыв, на удар и на твердость при обыкновенной температуре (около 15°).

При нагревании металла его механические свойства изменяются: временное сопротивление уменьшается, а удлинение увеличивается, вследствие чего металл при высоких температурах обладает меньшим сопротивлением формоизменению под влия-

нием давления или удара, т. е. обладает большей пластичностью, чем при обыкновенной температуре.

Сопротивление разрыву углеродистых сталей при различных температурах приведено в табл. 3.

В таблице указаны цвета нагрева, соответствующие определенным температурам.

Сопротивление разрыву, удлинение и поперечное сжатие при испытании на разрыв никелевой, хромованадиевой и хромоникелевой стали приведены в табл. 4.

Сопротивление стали деформации в нагретом состоянии зависит еще от скорости, с которой происходит формизменение. Из опытов установлено, что чем больше скорость деформации, тем большее сопротивление деформации оказывает металл. На основании произведенных опытов Гудремон и Каллен построили диаграмму (фиг. 19), из которой ясно, что при малой скорости деформации сопротивление было меньше, чем при большой: так, например, при 900° при малой скорости деформации сопротивление было около 16 кг/мм², а при большой— 19 кг/мм².

Таблица 3

Сопротивление углеродистых сталей разрыву при различных температурах, в кг/мм²

Материал	Цвета и температуры нагрева							
	в темноте наляется красным	темно- красный	темно- вишнево- красный	вишнево- красный	светло- вишнево- красный	оранжевый	светло- желтый	белый
	600°	700°	800°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°
Литое железо (сталь) с сопротивлением разрыву 40 кг/мм ²	12	7,2	6,25	5,0	3,1	2,5	2,0	1,8
Сталь с сопротивлением разрыву 60 кг/мм ²	25	16,2	11,2	7,6	5,5	3,75	2,5	2,0
Сталь с сопротивлением разрыву 80 кг/мм ²	37,5	24,5	17,5	11,0	7,0	4,9	3,15	2,5
Сталь с сопротивлением разрыву 100 кг/мм ²	52	32	21	13,5	8,5	6,25	3,8	2,6

Таблица 4

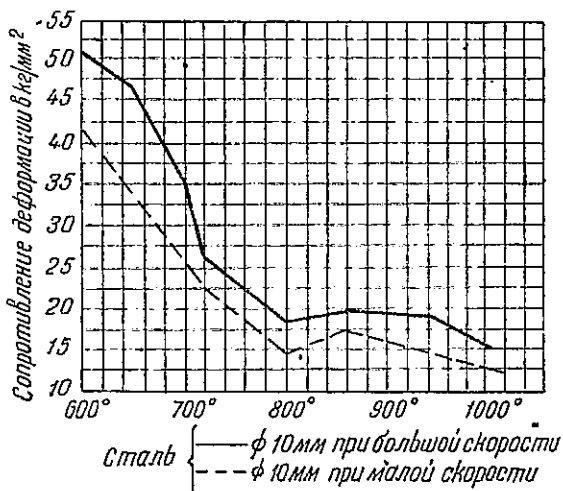
Сопротивление легированных сталей разрыву при повышенных температурах

Температура °С	Сталь с 30% Ni				Сталь с 1,14% Cr и 0,18% V				Сталь с 3,40% Ni и 0,89% Cr						
	кг/мм ²		0/0		кг/мм ²		0/0		кг/мм ²		0/0				
	предел упругости	предел текучести	временное сопротивление разрыву	удлинение	поперечное сжатие	предел упругости	предел текучести	временное сопротивление разрыву	удлинение	поперечное сжатие	предел упругости	предел текучести	временное сопротивление разрыву	удлинение	поперечное сжатие
15	45,4	49,9	78,6	38,0	61,0	83,0	86,1	94,5	26,6	60,3	72,1	75,6	89,6	22,6	63,6
100	43,4	53,3	75,2	34,5	60,0	83,6	89,1	97,0	23,2	54,7	53,6	73,6	87,4	23,2	67,7
200	40,0	52,7	75,0	27,0	58,0	76,6	82,4	92,4	22,4	46,8	50,6	70,6	85,0	20,0	64,6
300	39,1	52,1	74,0	23,2	55,8	67,4	72,2	86,2	18,7	35,5	57,4	75,2	85,6	20,0	50,2
400	35,2	51,6	72,8	37,6	68,5	56,0	41,8	87,3	28,0	50,6	47,1	72,7	85,9	17,6	44,0
500	—	34,7	45,1	38,0	73,0	24,0	—	50,5	30,4	65,8	34,1	60,4	69,6	21,6	66,5
600	—	18,2	29,0	48,0	86,0	—	—	38,5	51,0	80,0	—	—	36,6	32,0	88,0
700	—	—	17,8	56,0	93,0	—	—	18,0	48,8	86,0	—	—	18,1	42,4	90,0
800	—	—	10,1	65,0	96,0	—	—	10,4	60,7	96,0	—	—	8,7	74,3	92,0
900	—	—	6,2	75,0	98,0	—	—	7,3	68,0	97,0	—	—	7,1	52,0	84,6
1000	—	—	3,8	—	—	—	—	4,8	78,0	99,0	—	—	4,6	82,5	99,0

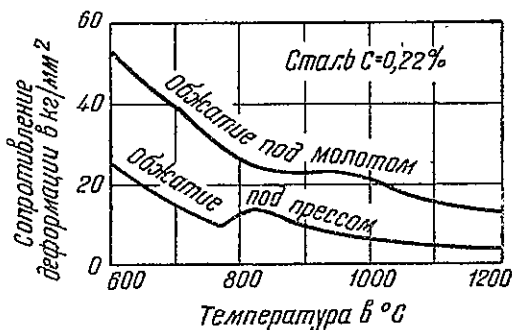
Известный исследователь Геннеке произвел целый ряд опытов для определения сопротивления при деформации под ковочным прессом и под молотом. Как известно, скорость бояка прессы значительно меньше, чем скорость падения бабы молота, а следовательно, и скорость деформации металла при ковке под молотом будет в 30 раз больше, чем при ковке под прессом, вследствие чего и сопротивление деформации при ковке под прессом будет меньше, чем при ковке под молотом, что можно видеть на диаграмме (фиг. 20), составленной Геннеке. Например, при 900° при ковке под прессом сопротивление составляло около 9 кг/мм², а при ковке под молотом — около 23 кг/мм², следовательно, почти в 2,5 раза больше.

Сталь обычно куется при температуре выше 800°. При нагревании стали в некоторых интервалах температур происходит повышение хрупкости и снижение пластичности. При интервале температур 250—400° отмечается первая зона хрупкости, или, как ее называют, зона синеломкости, при которой сталь обладает наименьшей вязкостью и повышенной (максимальной) прочностью. Из этого следует, что в этом интервале температур сталь не должна подвергаться ковке или деформации.

Зоны синеломкости у разных сортов стали различны. Из опытов Совера следует, что зона синеломкости у стали с 0,1% С



Фиг. 19. Изменение сопротивления деформации с увеличением скорости деформации (Гудремон и Каллен)



Фиг. 20. Сопротивление стали деформации при ковке под молотом и прессом (Геннеке)

(мягкая сталь) наблюдается при 300° , у стали с $0,2-0,5\%$ С — при 360° , с $0,75\%$ С — при 410° , а у электролитического железа — при 220° .

Отсюда можно заключить, что чем тверже сталь, чем больше она содержит углерода, тем температура, соответствующая зоне синеломкости, выше.

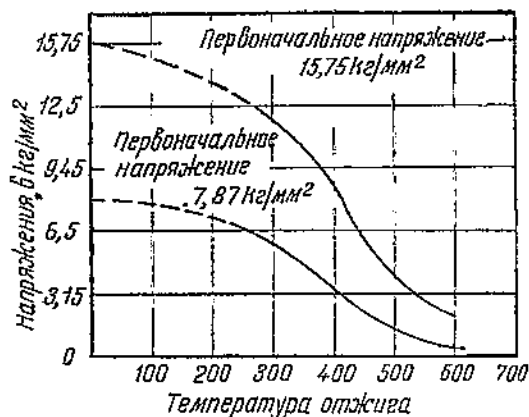
По данным Эйлендера и Кислера, легированные стали имеют зону синеломкости в пределах температур $500-700^{\circ}$.

Вторая зона хрупкости, но в менее значительной степени проявляется у сталей в пределах температур $680-760^{\circ}$, вследствие

чего сталь в этом температурном интервале обладает низкой пластичностью, и во избежание получения трещин вести ковку в этом интервале не следует.

Чем больше в обыкновенной углеродистой стали углерода, тем она менее пластична и труднее подвергается ковке. Высокотемпературные стали вследствие их большей прочности труднее подвергаются ковке, чем стали углеродистые.

Ковкость металла увеличивается, если доковки он подвергается термо-



Фиг. 21. Влияние температуры отжига на внутренние напряжения (Бенсон и Эллисон)

обработке в виде отжига. Значение отжига заключается в том, что в слитке происходит снятие внутренних напряжений, возникающих в нем при затвердевании и остывании, а также образование более равномерной структуры и уменьшение твердости наружного слоя. Как было уже сказано, продолжительный нагрев слитка не может в полной мере изменить его первоначальной структуры и сделать ее вполне однородной. Для облегченияковки легированные сорта стали предварительно подвергаются отжигу. Отжиг в значительной мере снижает внутренние напряжения в стали. Это было подтверждено исследованиями Бенсона и Эллисона. На составленной ими диаграмме (фиг. 21) можно видеть, что при нагреве стали до 600° внутренние напряжения с $15,75 \text{ кг/мм}^2$ снижаются до 2 кг/мм^2 и с $7,87 \text{ кг/мм}^2$ почти до нуля. Таким образом, если не для полного снятия внутренних напряжений, то для значительного их снижения необходим отжиг при температуре 600° .

Для различных легированных сталей установлены определенные температуры отжига, и заводы, изготавливающие легирован-

ные стали, для каждого сорта стали опытом устанавливают в лаборатории температуры отжига, закалки и отпуска и сообщают их потребителю.

Цветные металлы и сплавы в редких случаях подвергаются свободной ковке, а изготавливают из них изделия горячей и холодной штамповкой. Алюминий чаще всего подвергается холодной штамповке, но не исключена необходимость его горячей обработки. Временное сопротивление алюминия при высоких температурах показано в табл. 5.

Таблица 5

Временное сопротивление алюминия при высоких температурах

	Температура в градусах						
	15	100	200	300	400	500	600
Временное сопротивление разрыву, кг/см ²	1150	900	570	280	120	58	27
Удлинение, %	20	27	34	38	42	42	42

Медь в чистом виде очень редко подвергается ковке и штамповке.

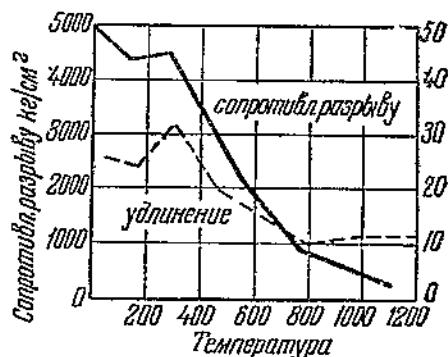
Механические свойства меди при высоких температурах были определены путем опыта Людвигом и представлены в виде диаграммы (фиг. 22). Испытание было произведено над образцами, отожженными при 600°.

Необходимо отметить, что в температурном интервале 250—450° медь отличается весьма малой вязкостью, при температуре выше 800° — повышенной хрупкостью, и потому ковку меди при температурах выше 800° производить нельзя.

По заключению Людвига, температурный интервалковки меди находится между 600 и 800°.

Из легких сплавов больше всего куется и штампуется дуралюминий нормального состава, содержащего 3—5% Си; 0,4—0,8% Mg; 0,4—0,8% Mn; не более 0,7% Si и не более 0,7% Fe (остальное алюминий).

Изменение механических свойств дуралюминия при нагреве представлено в табл. 6 (по Воронову).



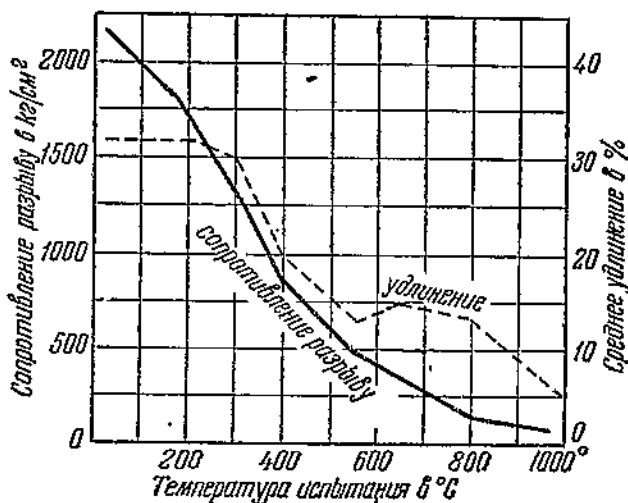
Фиг. 22. Механические свойства меди при высоких температурах (Людвик)

Таблица 6

Изменение механических свойств дуралюминия при нагреве

	Температура, °C						
	20	300	400	425	450	475	500
Временное сопротивление разрыву, кг/см ²	18	16	12	10,5	8,5	6,5	4
Удлинение, %	1,4	3	6	8	11,5	15	10

Температурный интервалковки большинства сортов дуралюминия находится в пределах 420—480°.



Фиг. 23. Механические свойства никеля при высоких температурах (Людвик)

Никель применяется преимущественно как присадка к стали и в чистом виде применяется редко. Никель обладает хорошими пластическими свойствами и хорошо куется и штампуется. При обыкновенной температуре его временное сопротивление разрыву 51 кг/мм², удлинение 26%.

Сопротивление разрыву и удлинение представлены диаграммой (фиг. 23), составленной на основании опытов Людвика.

Изделия из никеля, изготовленные холодной обработкой, ковкой и штамповкой, следует подвергать отжигу, так как никель под влиянием холодной деформации теряет в вязкости.

Большое применение имеет изобретенный в США монель-металл, в который входит 68—74% Ni, 25—30% Cu и 0,5—1,5% Fe.

Сортовой катаный монель-металл имеет сопротивление разрыву 60 кг/мм^2 при 30% удлинении.

Бронза — сплав меди и олова. В некоторых случаях из бронзы изготавливаются изделия штамповкой. По исследованиям Бауэра и Фоленбрука, бронза с содержанием 20% Sn хорошо куется и штампуется при 587° .

Латунь — сплав меди с цинком. Пропорция содержания этих металлов в сплаве бывает весьма различна, в зависимости от чего и механические свойства латуни могут быть весьма разнообразными. Почти все латуни обнаруживают большую или меньшую хрупкость в пределах $280\text{—}470^\circ$, а по другим источникам — между $330\text{—}470^\circ$; поэтомуковка и штамповка латуни в пределах указанных температур не должны производиться.

В ультралегких сплавах основным материалом является магний. Сплавы эти имеют большое применение в авиационной промышленности, так как обладают малым удельным весом и сравнительно высокой крепостью.

ГЛАВА III

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ

Хотя изготовление изделий из металла ковкой было известно еще задолго до нашей эры, но исследование процесса деформации и установление закономерностей этого процесса было произведено лишь в середине XIX в., когда в 1864—1868 гг. Треска, первый исследователь в области пластической деформации, проделал свои опыты и пришел к следующему основному выводу: «Когда тело деформируется под влиянием на него воздействий, то эта деформация может быть рассматриваема, как следствие истечения вещества, которое происходит в самой массе деформируемого тела, начиная с наиболее нажатых точек и в том направлении, в котором препятствие истечению является наименьшим».

Почти одновременно с Треска Обермайер производил в Вене исследование над истечением пластической глины через отверстия различной формы, которые были вырезаны в стенках и днище резервуара, наполненного пластической глиной, находившейся под определенным давлением. Подтвердив выводы, сделанные Треска, он, кроме того, заметил, что чем меньше глины остается в резервуаре, тем большее давление необходимо для ее истечения из отверстий. У нас в СССР вопросами истечения пластических тел занимались Н. С. Курнаков и С. Ф. Жемчужный.

Пластическое тело изменяет свою форму (деформируется) под влиянием внешнего воздействия и сохраняет новую форму и после прекращения этого воздействия.

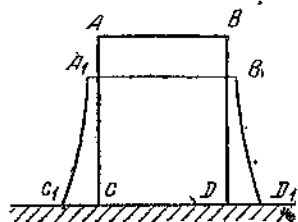
Упругое тело изменяет свою форму и некоторые размеры под влиянием внешних сил, а после прекращения их воздействия восстанавливает прежнюю форму и размеры лишь в том случае, когда вызываемые внешним воздействием внутренние напряжения не превышают предела упругости; если внутренние напряжения превышают предел упругости, тело разрушается.

Многочисленные опыты для исследования процесса пластической деформации были проделаны Киком. Заключались они в следующем.

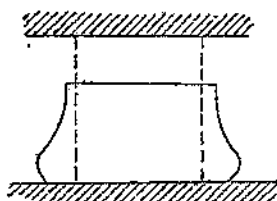
Цилиндр $ABDC$, изготовленный из пластической массы, например тестообразной глины (фиг. 24), под влиянием собственного веса примет форму $A_1B_1D_1C_1$.

Пластическая масса с меньшей степенью пластичности, имеющая форму цилиндра и подвергнутая давлению на торцевую поверхность, принимает форму, представленную на фиг. 25.

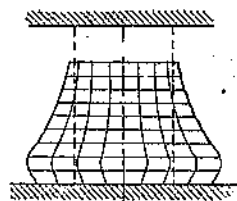
Если на боковой поверхности цилиндра из пластической массы нанести координатную сетку в виде параллельных окружностей и прямых, параллельных оси цилиндра, то после осадки цилиндра она примет форму, представленную на фиг. 26, при-



Фиг. 24. Опыты Кика



Фиг. 25. Опыты Кика



Фиг. 26. Опыты Кика

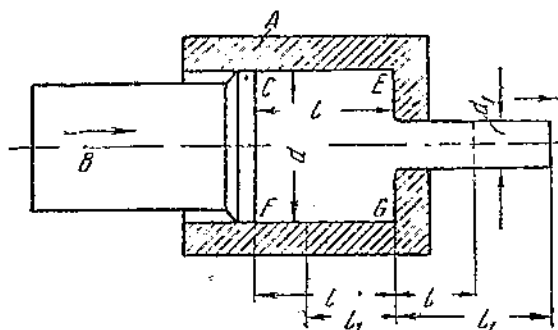
чем по изменению координатной сетки можно вывести заключение, что наибольшее течение вещества при деформации имело место в средней части цилиндра.

Пластическая масса, например свежая глина, помещенная в сосуд с отверстиями в днище или стенках и находящаяся под давлением, вытекает через отверстия в виде полос, поперечное сечение которых по своей форме соответствует форме отверстий.

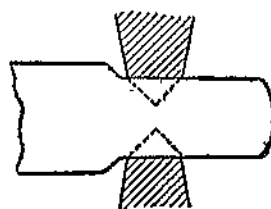
На фиг. 27 представлен прибор, который был применен Киком при своих опытах по прессованию пластической массы. Прессованию в холодном состоянии могут подвергаться и металлы, как, например, свинец и олово, а в нагретом виде — и

медь. Прессованием можно изготовлять свинцовые трубы, для чего отверстие для истечения металла должно иметь кольцеобразную форму.

Для деформации металлов в холодном состоянии требуется приложить значительное усилие, и, чтобы облегчить процесс формоизменения металла, его нагревают до такой температуры, при которой он обладает большей пластичностью, а следовательно, и требует меньшего внешнего воздействия (давления или удара). Если мягкую сталь дляковки нагревают до 1200° , то такие металлы, как цинк, обладают лучшей пластичностью в интервале температур $120-150^{\circ}$; мягкая бронза куется лучше в холодном состоянии, медь — в интервале $600-800^{\circ}$ и т. д.



Фиг. 27. Прибор для прессования пластической массы



Фиг. 28. Образование зон затрудненной деформации

Кик своими опытами стремился выявить закономерность течения металла при холодной и горячей деформациях.

Если нанести удар молотком с плоским бойком по нагретой стальной полосе, лежащей на наковальне, то можно заметить удлинение бруска. Если удар нанести молотком с клинообразным бойком при той же форме наковальни (фиг. 28), то полоса также удлинится. Возникает мысль, что в первом случае в металле, как под бойком, так и в части, прилегающей к наковальне, образуются как бы клинья, которые и заставляют металл течь при ударе в направлении длины бруска. Эти клинья — это зоны затрудненной деформации металла, на которых следует остановиться подробнее.

Кик, подвергая сжатию цилиндры, приготовленные из различных металлов и сплавов, заметил, что цилиндр при сжатии превращается не в цилиндр, а в тело бочкообразной формы. Анализируя это явление, Кик пришел к выводу, что наибольшая деформация в направлении от оси к периферии происходит посредине высоты сжатого образца и что наименьшее переме-

щение частиц металла в том же направлении происходит у торцевых поверхностей, примыкающих к наковальне и бойку. Последнее явление Кик объясняет возникновением трения в плоскостях примыкания торцевых поверхностей осаживаемого образца к наковальне и бойку. Вследствие возникающего трения перемещение частиц торцов затруднено, а так как к этому слою примыкает следующий, за ним лежащий, то перемещение частиц и этого слоя будет связано с перемещением наружного торцевого слоя. В результате окажется, что непосредственно в местах прилегания металла к наковальне и бойку будут находиться зоны затрудненной деформации, которые имеют для цилиндрического образца форму конусов, почему Киком они и названы конусами скольжения.

Швейсгут дает этому явлению — возникновению зон затрудненной деформации — следующее наглядное пояснение. Если предположить, что металл состоит из шарообразных частиц, расположенных в шахматном порядке, и что поверхности цилиндра, бойка и наковальни являются не идеально гладкими, а несколько шероховатыми, то при нажатии бойка перемещение частиц (молекул) от центра к периферии будет затруднено. Нижележащий слой будет иметь связанными молекулы на одну молекулу меньше, третий слой будет иметь связанными уже против первого слоя на две молекулы меньше и т. д. В результате молекулы с затрудненным перемещением образуют конусы, основанием которых будут верхняя и нижняя торцевые поверхности (фиг. 29).

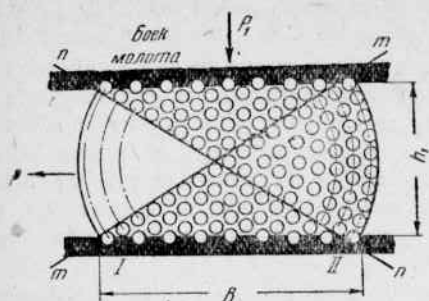
Подтверждением существования зон затрудненной деформации при сжатии могут служить следующие опыты, сделанные Киком и Мартенсом.

Медный цилиндр помещался между двумя свинцовыми пластинками, после чего все подвергалось сжатию.

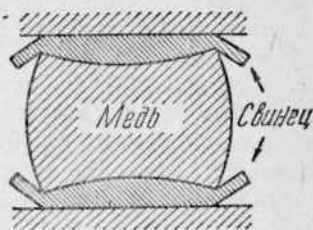
На фиг. 30 представлен разрез всей системы после сжатия. Как видно, свинцовые прокладки имели у периферийной зоны наибольшее течение металла, а зоны затрудненной деформации у свинцовых пластинок были такой плотности, что деформировали и заключенный между ними медный цилиндр.

Если произвести осадку свинцового цилиндра между двумя стальными плитами, из которых одна имеет отверстия (фиг. 31), то свинец при нажатии плотно войдет в отверстия, причем чем дальше от центра, тем меньше будет свинец вдавливаться в отверстия. Это указывает на различное давление, которое испытывают различные части сжимаемого куска свинца.

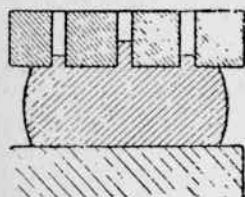
Мартенс произвел опыт, который подтвердил все выводы Кика. Он сжимал цилиндр, составленный из пяти слоев глины разного цвета. Разрез такого составного цилиндра после сжатия представлен на фиг. 32. Как видно на фигуре, наибольшая деформация произошла в плоскости, расположенной на уровне середины высоты сжатого цилиндра. Форма наружных слоев



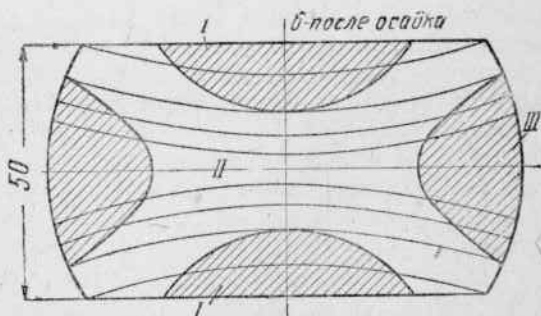
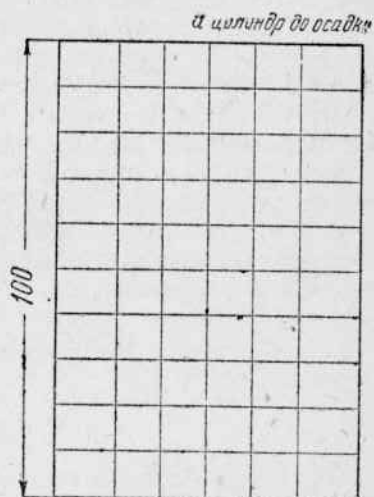
Фиг. 29. Схема перемещения металла после нажатия бойка



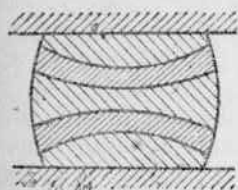
Фиг. 30. Разрез свинцовых пластинок и медного цилиндра после сжатия



Фиг. 31. Осадка свинцового цилиндра между стальными плитами



Фиг. 33. Разрез стального цилиндра до и после осадки



Фиг. 32. Разрез составного цилиндра из пяти слоев глины после сжатия

глины свидетельствует о наличии зон затрудненной деформации.

На фиг. 33 представлен стальной цилиндр до осадки и разрез его после осадки. Разрез отшлифован и протравлен, что дает возможность видеть течение металла при осадке. При ковке инструментальной стали при недостаточно высоком нагреве появляются трещины, которые (фиг. 34) указывают на поверхность скольжения, по которой верхняя часть стремится переместиться влево. На фиг. 35 ясно обнаруживаются зоны затрудненной деформации.

Если подвергаемый осадке брусок будет иметь форму призмы (фиг. 36), то при осадке в ней возникнут зоны затрудненной деформации в виде пирамид.

При сжатии шара между двумя плитами в местах соприкосновения их с шаром происходит сжатие металла и образование площади, которая и является основанием конуса скольжения. На фиг. 37а представлен разрез шара, сжатого между двумя плитами; конусы скольжения действуют, как клинья, и шар при определенной нагрузке раскалывается обычно на три части (фиг. 37б).

Закон постоянства объема. При деформации металла в холодном или нагретом состоянии принимают, что объем при этом не изменяется. Были попытки определить изменение объема металла послековки: оно оказалось ничтожным, не имеющим практического значения, и поэтому считают, что объем при пластическом изменении формы тела остается без изменения.

В результате можно сделать следующий вывод: при деформировании тела сумма деформации по трем осям координат равна нулю, т. е.

$$\lambda_x + \lambda_y + \lambda_z = 0,$$

где λ_x , λ_y и λ_z — деформации по трем осям координат. Сумма трех величин может быть равна нулю, когда одна из них имеет знак, обратный знаку двух других. Если λ_x и λ_y имеют положительный знак, то λ_z должен иметь отрицательный. Из этого следует, что если деформация по двум направлениям является положительной, то в третьем направлении она отрицательна, что имеет место при осадке, например, цилиндра; при растяжении одна деформация положительная (удлинение) и две другие отрицательные (поперечное сжатие). Закон постоянства объема является основным законом теории пластической деформации.

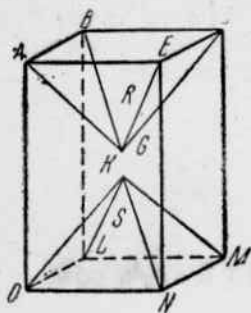
Закон подобия (закон пропорциональных сопротивлений). Из приведенных опытов деформации различных веществ Кик в 1885 г. опубликовал закон пропорциональных сопротивлений и указал его применение. Закон этот получил название закона подобия. Хотя на существование его указывали Ньютон и Треска,



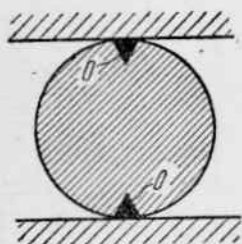
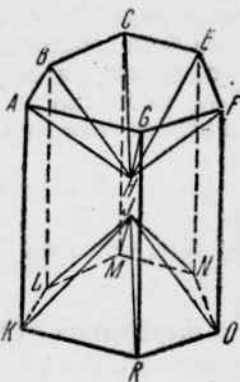
Фиг. 34. Трещины в инструментальной стали послековки



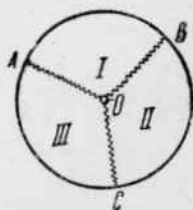
Фиг. 35. Зоны затруднений деформации



Фиг. 36. Пирамиды скольжения



Фиг. 37а. Образование конусов скольжения при сжатии шара



Фиг. 37б. Раскалывание шара

но только Кик экспериментально и аналитически установил этот закон.

Определяя расход работы, требующейся для деформации подобных тел из одного и того же материала, Кик вывел следующие законы.

Работа, затрачиваемая при деформации тела с сохранением подобия, относится к работе, затрачиваемой на такую же деформацию другого тела одинаковых физических свойств, как веса или объемы тех же тел.

Если G_1 и G_2 — веса и V_1 и V_2 — объемы деформируемых тел, а A_1 и A_2 — работа, затрачиваемая на их деформацию, то

$$A_1 : A_2 = G_1 : G_2 = V_1 : V_2. \quad (1)$$

Представим себе, что деформируемые тела будут иметь форму куба со сторонами a_1 и a_2 . На первый куб будет действовать сжимающее усилие P_1 , а на второй P_2 . Эти усилия вызовут у первого куба бесконечно малую осадку s_1 , а у второго s_2 . Тогда работа, затраченная на деформацию первого куба, будет $P_1 s_1$ и второго $P_2 s_2$. Согласно первому положению закона подобия, работы относятся, как объемы; следовательно,

$$\frac{P_1 s_1}{P_2 s_2} = \frac{V_1}{V_2}. \quad (2)$$

Так как тела остались подобными, то

$$s_1 : s_2 = a_1 : a_2.$$

Заменим в выражении (2) $s_1 s_2$ через $a_1 : a_2$ и объем V_1 через a_1^3 и V_2 через a_2^3 .

Тогда

$$\frac{P_1 a_1}{P_2 a_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

или, после сокращения,

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{a_1^2}{a_2^2}.$$

Обозначим площади поперечного сечения кубов a_1^2 и a_2^2 через F_1 и F_2 ; после подстановки получим:

$$P_1 : P_2 = F_1 : F_2. \quad (3)$$

Отношение

$$F_1 : F_2 = O_1 : O_2,$$

где O_1 и O_2 — поверхности одной стороны деформируемых кубов.

Из этого можно вывести следующие три положения:

1. Давления, необходимые для получения одинаковых деформаций геометрически подобных тел одинаковых физических свойств, относятся между собой, как соответствующие площади поперечных сечений подвергаемых сжатию тел или как их наружные поверхности,

Если принять, что $F_2 = 1$ (например, 1 см^2), то P_2 будет удельным давлением на единицу площади, которое обозначим через σ , и вышеприведенная формула (3) примет вид:

$$P_1 = F_1 \sigma.$$

Таким образом, если известно удельное давление σ , то, зная площадь F_1 , можно определить требующееся давление. Эта формула является основной, и все позднейшие формулы для определения давления при деформации путем осадки построены по этому методу.

2. Если допустить, что объем V_2 одного тела равен единице, то A_2 будет работа, затрачиваемая на единицу объема, или удельная работа, которую обозначим через τ . Тогда формула (1) примет вид:

$$A_1 = \tau V_1.$$

Зная удельную работу и объем, можно определить необходимую для деформации данного объема работу.

3. Приняв в формуле (1) $G_2 = 1$, получим

$$A_1 : A_2 = G_1 : 1$$

или

$$A_1 = A_2 G_1.$$

• Из этого вытекает такое следствие закона подобия: величина работы, требующейся для деформации какого-либо тела, равняется произведению из веса данного тела на величину работы, потребную для деформации тела, геометрически подобного первому и с такими же физическими свойствами, вес которого равен единице.

Для определения работы, необходимой для разрушения шара из определенного материала за один удар, Кик заставлял падать шары с различной высоты на плиту и замечал, при какой высоте происходит разрушение шара. Зная вес шара и высоту его падения, можно было определить энергию удара и количество работы, приходящейся на 1 кг веса шара. Кик определил путем такого опыта, что для разрушения шаров из серого чугуна требуется удельная работа в 200 кгм/кг, а для разрушения шара весом в 5 кг потребуются энергия удара в 1000 кгм и т. д. Если шар весом в 1 кг разрушается при падении с высоты H м, то энергия удара будет $1 \cdot H$ кгм, и, следовательно, H будет высотой разрушения, а высота ее в метрах будет соответствовать количеству килограммометров работы, потребной для разрушения.

Исследование Зоббе по деформации металла давлением прессы. После Кика довольно обширные опыты по деформации стали ковкой под ковочным прессом были проделаны Зоббе.

Когда боек прессы проникает в металл слитка, он встречает все возрастающее сопротивление металла деформации, и в тот момент, когда произведение из удельного сопротивления на площадь соприкосновения бойка с деформируемым металлом будет равно максимальному давлению, которое может развить пресс, произойдет остановка прессы.

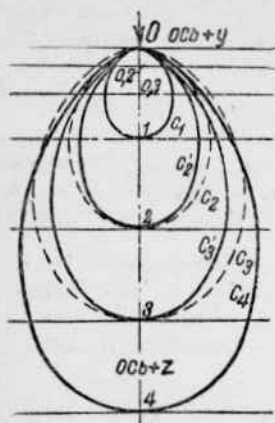
Чтобы продолжить деформацию, требуется увеличить давление прессы или же сменить боек прессы на боек меньшей ширины, в результате чего площадь соприкосновения бойка с проковываемым металлом уменьшится.

Одним из первых исследователей распределения давления при проникновении режущего лезвия в металл был Фойгт. Он предполагал, что вследствие нажатия лезвия давление передается по кривым равных давлений, как представлено на фиг. 38. Зоббе распространил эту теорию и на случай нажатия на металл бойками прессы, имеющими по сравнению с лезвием ножа значительную площадь. На фиг. 39 представлена схема распределения силовых линий при нажатии на проковываемый в нагретом состоянии металл.

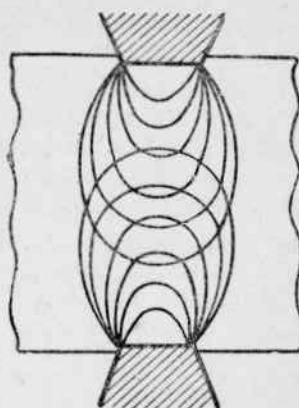
Опытом Зоббе установил соотношение температуры нагрева металла и давления прессы, требующегося для деформации этого металла. Чем ниже была температура проковываемого металла, тем требовалось большее давление прессы. По мнению Зоббе, при нормальном нагреве слитка или поковки, удельное давление при ковке под прессом должно быть 10 кг/мм^2 ; это заключение он основывает и на данных опытов, произведенных Даленом и Шюльсом. Однако оно верно не для всех случаевковки. Как известно, механические свойства стали зависят от температуры, при которой производится деформация. Опыты Зоббе заключались в определении давления при обжатии металла при различных температурах, причем дляковки брались слитки различного поперечного сечения.

При обжатии снимались диаграммы давления, которые были аналогичны представленной на фиг. 40. Как видно на диаграмме, давление на небольшом участке, начиная от F , оставалось постоянным, а деформация все же продолжалась, и лишь затем происходило непрерывное повышение давления. Период деформации при постоянном давлении Зоббе назвал периодом интенсивного течения металла.

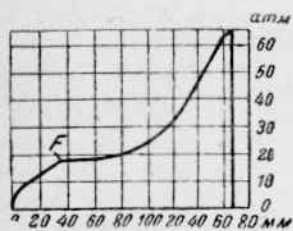
Зоббе проделал много опытов в целях изучения процесса сжатия под прессом нагретого до различных температур металла различного поперечного сечения — круглого, многоугольного — и пришел к следующим выводам.



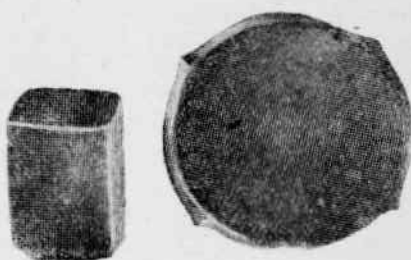
Фиг. 38. Опыт Фойгта (по Зоббе)



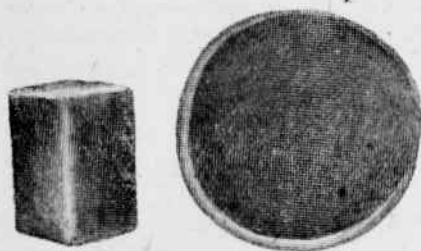
Фиг. 39. Линии проковки



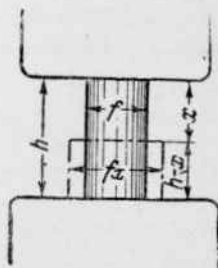
Фиг. 40. Диаграмма изменения давления при обжатии



Фиг. 41. Опыт Зоббе (углы призмы не закруглены)



Фиг. 42. Опыт Зоббе (углы призмы закруглены)



Фиг. 43. Схема опыта Риделя

1. При осадке металла (стали) в нагретом состоянии всегда имеет место период интенсивного течения металла.

2. При увеличении массы проковываемого металла требующаяся для деформации удельное давление уменьшается.

3. Первоначальная форма деформируемого металла (при одинаковом поперечном сечении) влияет на необходимое для деформации давление: при сечении слитка в виде многоугольника требуется меньшее давление, чем при круглой форме сечения. Удельное давление в первом случае меньше, чем во втором.

4. При сжатии металла, имеющего форму призмы, происходит выпучивание сторон призмы и поперечное сечение стремится принять форму круга (фиг. 41). Если первоначальное сечение имеет форму квадрата с закругленными углами, то при сжатии оно превращается в круг (фиг. 42).

Из этих данных Зоббе вывел следующий закон наибольшей площади при наименьшем периметре: частицы подвергнутого давлению металла, находящегося в пластическом состоянии, стремятся в тех местах, где они могут течь беспрепятственно, расположиться таким образом, чтобы в направлении течения занять наибольшую площадь при наименьшем периметре. Это положение справедливо не только для течения частиц металла от периферии к центру в плоскости, перпендикулярной к направлению давления, но и в плоскости, параллельной давлению.

Таким образом Зоббе установил некоторые закономерности дляковки металла в нагретом состоянии под прессом.

Исследования Риделя о процессе пластической деформации и его теория конусов скольжения. Работа Риделя заключается в исследовании процесса сжатия под прессом свинцовых и нагретых стальных цилиндров. Известно, что высота цилиндра при давлении на его торцевые поверхности уменьшается и цилиндр принимает бочкообразный вид. Зная осадку цилиндра, можно с некоторым приближением определить площадь его поперечного сечения.

При первоначальной высоте h , площади f и осадке x площадь f_x цилиндра после осадки будет, согласно фиг. 43:

$$f_x = \frac{V}{h-x},$$

где

$$V = fh.$$

Ридель измерял диаметры верхнего и нижнего оснований цилиндра после осадки и диаметр посередине, который вследствие бочкообразной формы осажженного образца был больше диаметров торцевых частей.

Если f_m — площадь среднего сечения; f_{mx} — площадь, полученная расчетом, и P — давление прессы, то удельное давление на площади f_m будет

$$\sigma_m = P : f_m,$$

а на площади f_{mx}

$$\sigma_{mx} = P : f_{mx}$$

Наглядным примером постепенного изменения размеров цилиндра, подвергнутого осадке, является сжатие свинцового цилиндра диаметром 19,4 мм и высотой 50,1 мм. Постепенная за семь стадий деформация такого цилиндра представлена на фиг. 44, а в табл. 6а помещены размеры высот и диаметры поперечных сечений для семи моментов процесса осадки цилиндра с высотой от 50,1 до 8,75 мм.

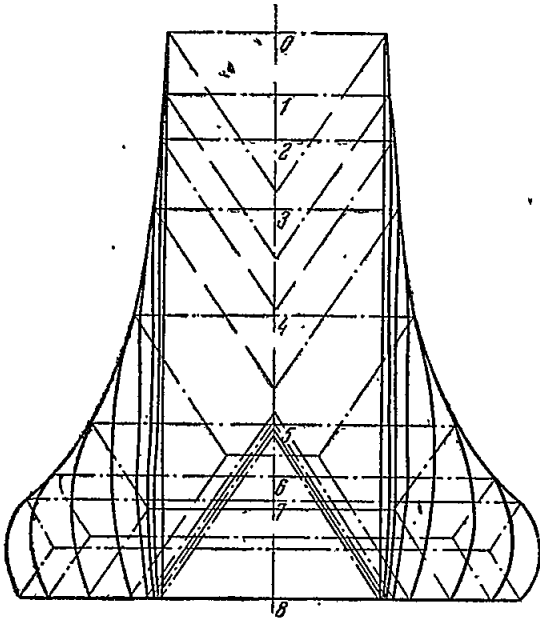
Из этих данных можно видеть, что вначале выпучины появляются в верхней и нижней частях, близких к торцевым поверхностям цилиндра (фиг. 44); при пятой ступени обжатия эти выпучины сливаются и тело принимает бочкообразную форму.

Следующий опыт Риделя заключался в непрерывном обжатии цилиндра, аналогичном вышеприведенному, и определении кривой давления и размеров цилиндра при различных моментах обжатия. Результаты этого опыта представлены на диаграмме фиг. 45.

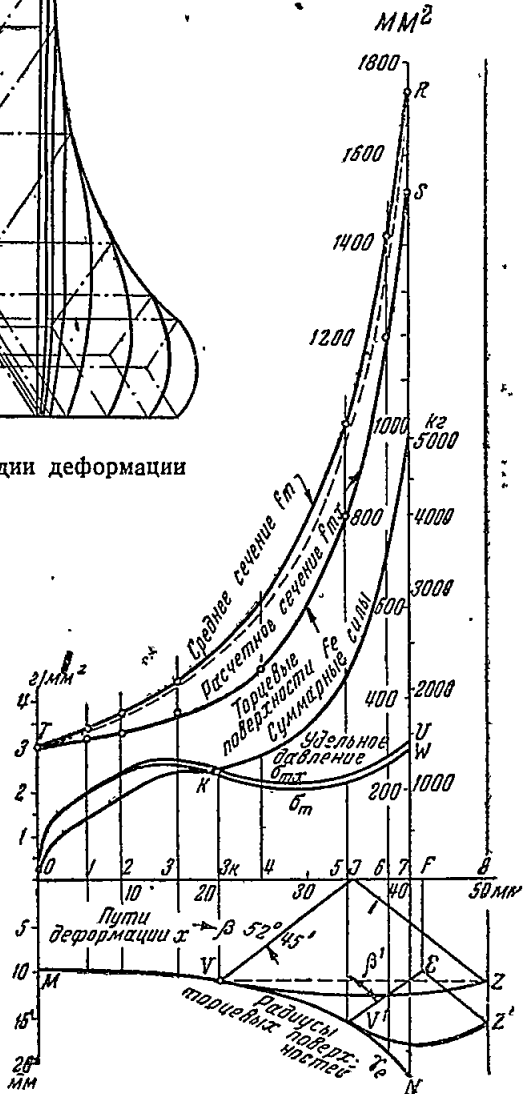
Таблица 6а

Высоты и диаметры цилиндра для семи стадий процесса осадки

Ступени постепенного сжатия	Высота мм	Диаметр, мм				Расстояние верхнего и нижнего выпучивания от торцевых поверхностей
		верхней торцевой поверхности	верхнего выпучивания	посредине	нижнего выпучивания	
0	50,1	19,4	—	19,4	—	—
1	44,6	19,9	20,7	20,6	20,7	19,4
2	40,6	20,35	21,8	21,7	21,8	19,85
3	34,5	21,7	23,9	23,6	23,8	20,5
4	25,0	24,4	28,2	28,2	28,2	21,7
5	15,5	31,9	—	35,8	—	24,53
6	11,0	39,0	—	42,5	—	31,85
7	8,75	43,9	—	47,1	—	34,1



Фиг. 44. Последовательные стадии деформации цилиндра



Фиг. 45. Непрерывное сжатие цилиндра

Кривая давления имеет участок, который указывает, что некоторый короткий промежуток времени деформация происходила без повышения давления, т. е. имело место отмеченное Зоббе явление интенсивного течения. Начиная с точки *K*, кривая давления так же, как и на полученных Зоббе диаграммах, сильно поднималась вверх, что свидетельствует о быстром повышении давления. На диаграмме приведены кривые изменения среднего сечения f_m , расчетного сечения f_{mx} и торцевых поверхностей f_e ; а также и удельные давления σ_m и σ_{mx} .

В нижней части диаграммы нанесена кривая *MN*, показывающая изменение в процессе обжатия радиуса торцевых поверхностей. Если спроектировать точку *K* кривой давления на кривую *MN* в точку *V*, то можно определить радиус торцевой поверхности *VZk* и высоту цилиндра *Zk8*, при которых давление начинает сильно увеличиваться. Проведя через точку *V* линию *VZ*, параллельную оси абсцисс, и построив у точек *V* и *Z* углы $\beta = 52^\circ 45'$, соответствующие углам наклона у конусов скольжения, получим, что конусы скольжения в этот момент встретятся своими вершинами в точке *I*. С этого момента при осадке цилиндра происходит, кроме деформации вне пределов зон затрудненной деформации, еще и деформация конусов скольжения, что и вызывает повышение давления. Когда под влиянием пресса высота цилиндра уменьшится до 5—8, то радиусы торцевых поверхностей будут *5V'* и *8Z'*, а конусы зоны затрудненной деформации будут иметь форму усеченных конусов скольжения с общим радиусом малого основания *EF*, т. е. произошел образование так называемых обращенных двойных конусов. Таким образом в этот момент часть конусов скольжения уже деформирована и для их деформации потребовалось значительное увеличение давления. Чтобы подтвердить эти заключения, Ридель подверг сжатию образец из того же металла формы, представленной на фиг. 46 и имеющей вид обращенных двойных конусов. Этот образец был сжат до высоты 5,1 мм, как показано на фиг. 47.

Первоначальный угол наклона конусов в $51^\circ 35'$ после обжатия образца уменьшился до $48^\circ 45'$. Кривая давления, которое развивал пресс при сжатии образца, представлена на фиг. 48; там же приведена и кривая удельного давления σ_{gx} . Ридель произвел осадку конусов, у которых угол у основания был различный, как это указано в табл. 7.

Таблица 7

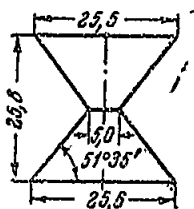
Изменение углов у основания конусов скольжения при осадке цилиндров

Исходный угол	Окончательный угол	Изменение угла
51°35'	48°30'	3°5'
45°30'	44°48'	0°42'
45°45'	44°45'	1°0'

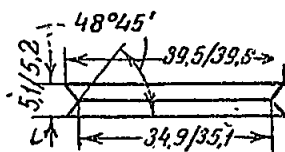
Из этих данных можно вывести заключение, что основной угол в $45^\circ 30'$ является более

устойчивым и что он остается почти без изменения во все время деформации.

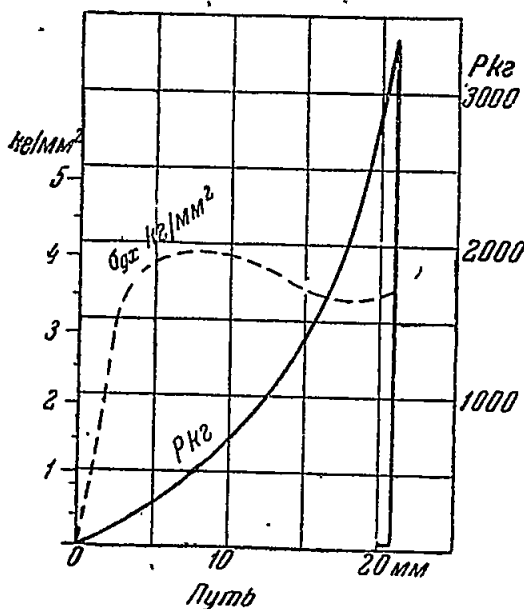
В дальнейших своих опытах Ридель стремился исследовать процесс деформации остальных частей цилиндра при его сжатии.



Фиг. 46. Сжатие образца металла формы двойных конусов (начало опыта)



Фиг. 47. То же (фиг. 46) — конец опыта

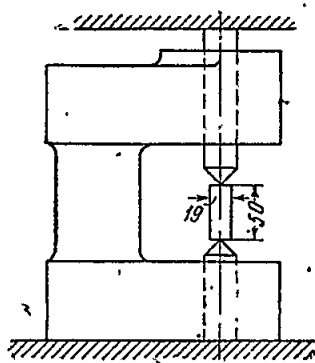


Фиг. 48. Давление прессы и удельное давление при сжатии

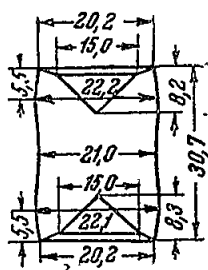
Влияние конусов скольжения на деформацию остальной части цилиндра он проверял путем сжатия цилиндра с заранее образованными с торцевой стороны коническими углублениями между двумя стальными конусами (фиг. 49). При сжатии образывы-

вались характерные утолщения (фиг. 50) такого же вида, как и в случае осадки цилиндра между двумя плоскими плитами.

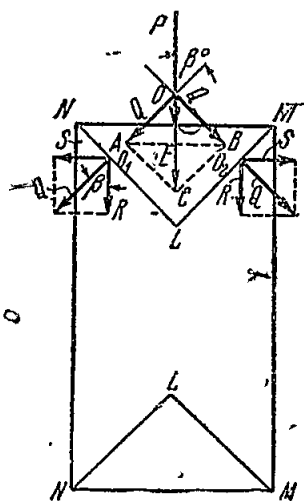
На фиг. 51 представлена схема действия сил в сжимаемом давлением P цилиндре. Разложив давление P на две силы Q и



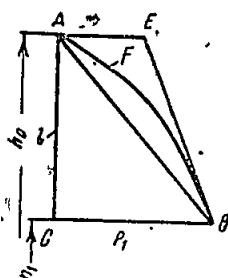
Фиг. 49. Сжатие цилиндра между двумя стальными конусами



Фиг. 50. Характерные утолщения после сжатия



Фиг. 51. Схема действия сил при сжатии цилиндра



Фиг. 52. Диаграмма работы по Фишеру

Q , перпендикулярные к образующей конуса, а затем каждую из сил Q и Q на одну горизонтальную и одну вертикальную силы, получим, что силы S и S стремятся переместить частицы металла от центра к периферии. В начале процесса обжатия они и явля-

ются причинами появления выпучин у верхнего и нижнего концов цилиндра. Из фиг. 51 следует, что

$$Q = \frac{P}{2 \cos \beta}$$

$$\parallel$$

$$R = Q \cos \beta = \frac{P}{2 \cos \beta} \cos \beta = \frac{P}{2},$$

а горизонтальная сила

$$S = Q \sin \beta = \frac{P}{2} \operatorname{tg} \beta.$$

Согласно схеме Риделя, цилиндр можно разбить на следующие зоны: два конуса скольжения, два охватывающих их кольца и среднюю часть. При сжатии цилиндра кольцевые зоны под давлением конусов скольжения подвергаются растяжению.

Ридель установил, что с увеличением скорости деформации период интенсивной текучести значительно сокращается и даже совсем исчезает, а удельное сопротивление деформации с увеличением скорости значительно возрастает.

Исследования Гюберса. Еще Кик высказал предположение, что причиной превращения цилиндра при сжатии в тело бочкообразной формы является трение, возникающее между поверхностью бойка и торцом цилиндра. Это положение вызывало немало возражений, и для выяснения вопроса Гюберс проделал следующие опыты. Были изготовлены цилиндры из мягкой стали, причем у одних цилиндров торцевые поверхности были тщательно отполированы, у других эти поверхности оставались шероховатыми. Первые цилиндры подвергались сжатию между бойками, у которых рабочие поверхности были также хорошо отполированы и смазаны графитом; вторые цилиндры подвергались осадке между бойками обычной формы с шероховатыми рабочими поверхностями. После осадки цилиндров оказалось, что цилиндры с полированными торцевыми поверхностями имели весьма слабую увеличенную выпуклость боковой поверхности, между тем как вторые приняли бочкообразную форму. Эти опыты подтвердили правильность изложенного выше заключения Кика.

Формула Зибеля для определения давления при осадке и вытяжке. Давление при осадке может быть определено по следующей формуле Зибеля:

$$P = F \sigma_{BI} \left(1 + \frac{\mu D}{3H} \right),$$

где F — площадь осаженого цилиндра после осадки;

σ_{BI} — временное сопротивление разрыву при температурековки;

μ — коэффициент трения, равный 0,25—0,3;

D — конечный диаметр и

H — высота цилиндра после осадки.

Если осадке подлежит тело призматической формы, то D заменяется поперечным размером призмы.

При вытяжке давление определяется по формуле:

$$P = \sigma_{Вг} b l_a \left(1 + \mu \frac{l_a}{2H} \right),$$

где b — ширина проковываемого бруска;

l_a — ширина бойка;

$\sigma_{Вг}$ — временное сопротивление разрыву при температурековки;

H — толщина бруска после нажима бойка;

μ — коэффициент трения (см. выше).

Определение давления при деформации работы по Фишеру. Для определения давления, требующегося для осадки металла, нагретого до температуры, при которой его временное сопротивление будет $\sigma_{Вг}$, Фишер предлагает пользоваться такой формулой:

$$P = \alpha F \sigma_{Вг},$$

где F — конечная площадь соприкосновения поковки с бойком;

α — коэффициент, зависящий от рода машины, на которой происходит ковка или штамповка металла, имеющих следующие значения:

- 1,4 — 1,7 . . . дляковки под ковочным прессом
- 2 штамповки на ковочной машине
- 5 фрикционного пресса
- 6 — 7 ковки на падающих молотах
- 8 — 10 паровых молотах

Затрата работы при величине осадки l определяется по формуле $A = Pl : 2$, из которой видно, что Фишер для определения работы принимает среднее давление равным $P/2$.

Осадку l при штамповке можно определять по формуле Куландина:

$$l = 0,05173 \sqrt[3]{F},$$

где F — площадь после осадки в мм².

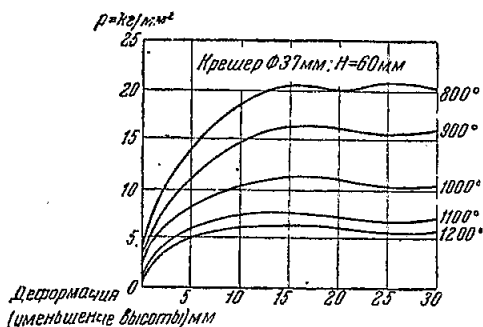
Осадка за один удар молота или нажим пресса может быть различной: она зависит от качества металла, поперечного размера поковки и от температуры ее нагрева. Чем меньше углерода в стали, чем пластичнее металл и выше температура его нагрева, тем величина осадки может быть больше. Во избежание трещин осадка металла, при началековки обычно не превышает 10% от размера поперечного сечения, а в конце она равна приблизительно 3—5%.

Подставляя в выражение $A = P l : 2$ значения P и l , можно написать, что при штамповке

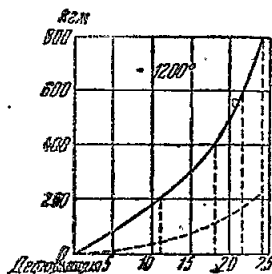
$$A = \frac{\alpha F \sigma_{Вт} \cdot 0,05173 \sqrt[3]{F}}{2}$$

По Фишеру, работа определяется площадью прямоугольного треугольника, один из катетов которого равен l , а второй P_1 (фиг. 52). По этой схеме начальное давление равно нулю, а конечное — P_1 .

Опыты Бекмана. Бекман произвел большую работу по изучению деформации под прессом и молотом для выяснения увеличения удельного сопротивления деформации с понижением



Фиг. 53. Зависимость удельного сопротивления при осадке от температуры



Фиг. 54. Опыт Бекмана

температуры нагрева и расхода работы при деформации под прессом и под молотом. Увеличение удельного сопротивления с понижением температуры нагрева можно видеть на диаграмме фиг. 53. Образец для испытания диаметром 37 мм и высотой 60 мм осаживался на 5, 10, 15, 20, 25 и 30 мм при различных температурах нагрева, причем удельное сопротивление деформации, как видно на диаграмме, было 5,1 кг/мм² при 1200° и осадке на 20 мм, а при 800° — 20,3 кг/мм², т. е. почти в четыре раза больше. При сравнении затрат работы для одной и той же деформации под молотом надо затратить в среднем в 2,8 раза больше работы, чем при той же деформации под прессом. Таким образом деформация от динамического воздействия требует большей затраты энергии, чем при воздействии статическом.

На фиг. 54 представлена диаграмма затрат работы при осадке образца, нагретого до 1200° под прессом (пунктирная кривая) и под молотом.

Определение работы, идущей только на деформацию, производится по формуле Финка:

$$A = \sigma_{\text{вн}} V \ln \frac{h_0}{h_1},$$

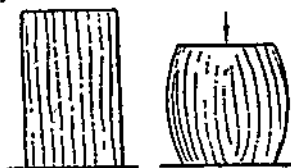
где V — объем металла;
 h_0 и h_1 — толщина до и после обжатия.

Выражение $V \ln \frac{h_0}{h_1}$ носит название смещенного объема.

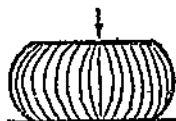
Из исследований Кадрона (Франция) и инж. Сонгина (Ленинград) выяснилось, что ковка под молотом возможна, когда энергия удара молота на 1 см² металла, заключенного между бойками, равна 0,4 кгм. Для успешнойковки этот показатель должен быть несколько больше: 0,6—0,8 и 1 кгм/см².

Течение металла при деформации. Под влиянием внешнего давления, приложенного к телу, обладающему пластическими свойствами, оно деформируется в результате перемещения его частиц (течение металла при деформации).

Если подвергать сжатию нагретый стальной цилиндр, у которого волокна расположены вдоль его оси, то после обжатия его до определенной высоты волокна изогнутся, как это можно видеть на фиг. 55а; при большем сжатии волокна будут изогнуты в еще большей степени (фиг. 55б).



Фиг. 55а. Сжатие стального цилиндра

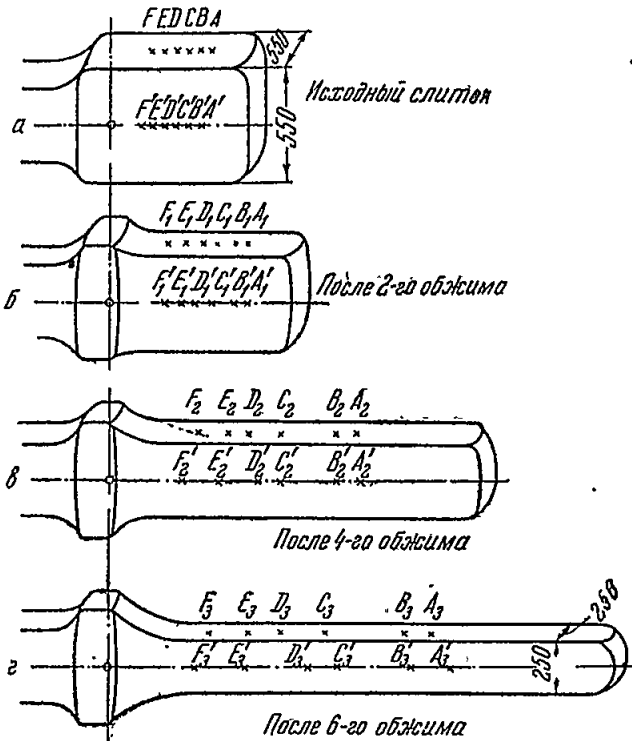


Фиг. 55б. Сжатие стального цилиндра

Ковка, при которой поперечное сечение всего проковываемого бруска уменьшается, а длина увеличивается, носит название вытяжки или протяжки, а отношение первоначальной площади сечения к конечной — коэффициентом вытяжки и уковки. Для выявления закономерности течения металла при вытяжке известный французский исследователь Шарпи произвел следующие опыты.

На боковых гранях квадратной заготовки 550 × 550 мм были нанесены на равных расстояниях деления A, B, C, D, E и F и A', B', C', D', E' и F' , показано на фиг. 56. Нагретая заготовка была прокована под прессом за два перехода, причем была произведена вытяжка с уковкой 1,5. После этого были измерены расстояния между делениями, нанесенными на боковых гранях. Если уковка была 1,5, то при равномерном течении металла каж-

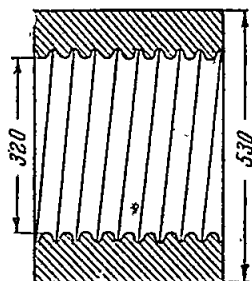
дое деление должно было бы увеличиться в 1,5 раза. В действительности же они увеличились весьма неравномерно — от 1,3 до 2,15 раза; например, деление AB увеличилось в 1,38, BC — в 1,78, CD — в 2,15 раза. Отсюда следует, что течение металла по длине было неодинаковое. Затем та же поковка после нового нагрева была подвергнута вытяжке путемковки под прессом,



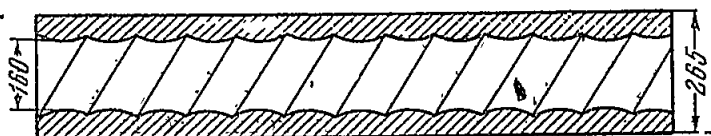
Фиг. 56. Проковка квадратной заготовки

причем общая уковка (по сравнению с первичной заготовкой) была равна трем.

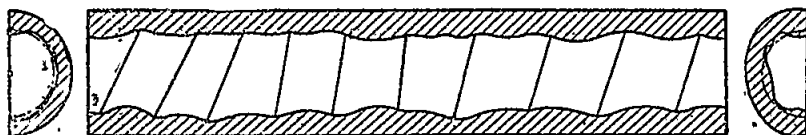
После измерения расстояний между делениями оказалось, что длина делений была различной и по сравнению с первоначальной была в 1,4—3,3 раза больше; между тем в случае равномерного течения металла по длине это отношение должно было быть равно трем. В дальнейшем поковка после подогрева была еще раз подвергнута ковке с вытяжкой до сечения 250×250 мм, что соответствует общей уковке в 4,84. Измерение расстояний между делениями показало, что течение металла было весьма неодинаково в различных местах бруска. Так, первоначальное



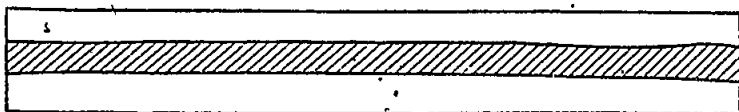
Фиг. 57. Стальной цилиндр до проковки



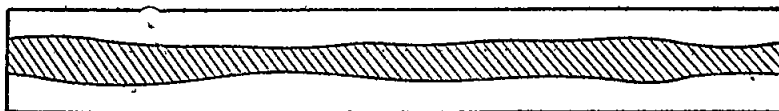
Фиг. 58. Шаг винтовой нарезки после проковки (теоретически)



Фиг. 59. Шаг винтовой нарезки после проковки (фактически)



Фиг. 60. Разрез прокатанного составного цилиндра



Фиг. 61. Разрез прокованного составного цилиндра

деление АВ увеличилось в 2,78, а ВС—в 7,3 раза; $A'_3B'_3 = 4,38 A'B'$; $B'_3C'_3 = 7,3 B'C'$. Следовательно, и в этом случае наблюдалось весьма неодинаковое течение металла при ковке.

Второй опыт Шарпи по выяснению внутренних перемещений металла при ковке заключается в том, что полый стальной цилиндр (фиг. 57) с наружным диаметром 530 мм и внутренним 320 мм имел на внутренней стороне винтовую нарезку. Другой стальной цилиндр с такой же винтовой нарезкой на внешней поверхности был ввинчен в первый, после чего они были нагреты до температурыковки, и цилиндр был прокован с вытяжкой до диаметра 265, т. е. с уковкой около 4.

Если бы течение металла было равномерным, то шаг винтовой нарезки должен был бы послековки увеличиться в четыре раза и разрез поковки должен был бы иметь вид, представленный на фиг. 58. В действительности же разрез имел вид, изображенный на фиг. 59; отсюда следует, что течение металла внутри поковки было совершенно неравномерным как в продольном, так и в поперечном сечениях.

Чтобы выяснить влияние деформации путем прокатки на внутреннее течение металла, был проделан следующий опыт. Были взяты два куска стали одинакового состава и в них просверлены отверстия, в которые были вставлены стальные цилиндры из стали с несколько большим содержанием марганца. Один из таких составных цилиндров после нагрева был прокатан, а другой прокован до того же диаметра. Разрезы прокатанного и прокованного составных цилиндров представлены на фиг. 60 и 61, на которых видно, что в то время как при процессе прокатки течение материала равномерное (внутренний цилиндр после прокатки, уменьшившись в диаметре, сохранил форму), при ковке течение металла совершенно неравномерное, и форма внутреннего цилиндра изменилась до неузнаваемости.

Из вышеизложенного следует, что при ковке течение металла в поковке неравномерно, не подчинено определенным законам и только при осадке цилиндра с волокнистой структурой можно отметить некоторую закономерность (см. фиг. 55 а и б).

ГЛАВА IV

НАГРЕВ МЕТАЛЛА

После холодной обработки металла давлением для снятия образовавшихся напряжений наклепа требуется термическая обработка изделия. При горячей обработке металла давлением не должно быть даже следов наклепа. Для этого требуется, чтобы окончание деформации в горячем состоянии—ковки, штамповки—происходило при определенной температуре, которая в

общем определяется линией Ag_2 на диаграмме состояния железо — углерод. Ниже будет более точно указана температура окончанияковки и штамповки для различных родов стали.

Необходимо нагревать металлы дляковки потому, что в нагретом состоянии он представляет значительно меньшее сопротивление деформации. При горячей обработке давлением получается правильная структура поковки, так как зерна металла ориентируются в определенном направлении, а более крупные кристаллы раздробляются.

Катаная кованая сталь имеет ясно выраженную волокнистую структуру.

Химический состав сталей весьма разнообразен; каждая сталь требует определенной температуры начала и окончанияковки. Поэтому для каждого рода стали должен быть создан термический режим ковочного процесса. Необходимо установить для каждого рода стали: 1) температуру нагрева металла дляковки, 2) скорость нагрева металла до требуемой температуры (градусов в минуту или в час), или же продолжительность нагрева в печи, 3) продолжительность выдержки металла в печи по достижении им температуры началаковки, 4) температуру концаковки, 5) скорость охлаждения металла в процессековки (градусов в минуту), 6) режим охлаждения металла.

Если заканчиватьковку при температуре более низкой, чем требуется, то получается вторичная полосчатая или строчечная структура в направлении течения металла.

Температурный интервалковки. Как уже указано выше, приковки и прокатке происходит дробление зерна, но в те промежутки, когда поковка не находится под действием удара молота или давления пресса, происходит рост зерна, т. е. объединение средних зерен вследствие рекристаллизации за счет внутреннего тепла деформируемого тела. Из этого следует, что чем ниже температура концаковки, тем меньший рост зерна можно наблюдать послековки, и чем чаще происходят удары молота, тем больше преобладает процесс раздробления зерна над процессом роста, вследствие чего поковка получается мелкозернистой.

Если процессковки заканчивается при высокой температуре, то происходит рост зерна, и поковка будет иметь крупнозернистое строение.

Каждая сталь может быть нагрета без ущерба для ее качества только до определенной температуры, выше которой происходит сначала перегрев стали (очень крупное зерно), а затем пережог. В результате наблюдается меньшая прочность и появление трещин, так как при пережоге кислород по границам зерен проникает в металл и образует в этих местах пленки окислов, и связь между зернами уменьшается. Под ударом молота пережженный металл рассыпается или дает трещины, приводящие его в негодность. Пережженный металл исправить нельзя;

что касается металла перепретого, то для уничтожения крупнокристаллического строения его подвергают термической обработке.

Относительно высшей температуры нагрева различных сортов стали существуют различные мнения. Так, например, в табл. 8, составленной Гадфильдом, указаны высшие допустимые темпе-

Таблица 8

Пределы нагрева и температуры пережога различных сталей (Гадфильд)

Сталь	Высшая температура нагрева °C	Температура пережога °C
1,5% С	1050	1140
1,1% С	1080	1180
0,9% С	1120	1220
0,7% С	1180	1280
0,5% С	1250	1350
0,2% С	1320	1470
0,1% С	1450	1490
Кремнемарганцевая, пружинная	1250	1350
3% Ni	1250	1370
3% Cr + Ni	1250	1370
5% Ni для цементации	1270	1450
Хромованадиевая	1250	1350
Быстрорежущая	1300	1380
Нержавеющая	1280	1380
Аустенитовая хромоникелевая	1300	1420

Таблица 9

Приблизительные критические точки и температурыковки, отжига, нормализации и закалки углеродистой стали (Минкевич)

Содержание углерода, %	Температура критических точек, °C		Пределы нагрева, °C			
	A _{c1}	A _{c3}	ковка	отжиг	нормализация	закалка
0,1	725	875	1200	900—910	920—950	—
0,2	725	835	1150	850—860	870—885	850—860
0,4	725	780	1150	800—820	830—855	800—820
0,6	725	750	1100	770—790	800—820	770—790
0,8	725	735	1000	750—770	780—800	750—770
0,9	725	725	1000	740—760	770—785	740—760
1,0	725	800	950	740—760	830—855	740—760
1,2	725	895	950	740—760	900—930	740—760
1,3	725	935	950	740—760	920—950	740—760
1,5	725	995	950	740—760	950—1000	740—760

ратуры нагрева, но на практике обычно нагрев производится до более низких температур. В этой же таблице указаны температуры пережога, до которых нагревать соответствующую сталь не следует, так как металл начинает тогда приобретать крупнокристаллическое строение, и качество его снижается.

Проф. Н. А. Минкевич рекомендует приблизительные критические точки и температурыковки, отжига, нормализации и закалки (табл. 9).

На заводе «Красное Сормово» приняты температуры нагрева поковки и низшая температура концаковки, приведенные в табл. 10.

Таблица 10

Тепловой режимковки стали
(завод «Красное Сормово»)

Температураковки °С		Содержание углерода %	Температураковки °С		Содержание углерода %
начало	конец		начало	конец	
1200	850	0,08—0,12	1150	820	0,14—0,26
1200	850	0,1—0,14	1150	800	0,35—0,43
1180	840	0,15—0,18	1100	820	0,4—0,45

Шульц и Пюнгель (см. «Справочник черных металлов» изд. НКТП) рекомендуют следующие температурные интервалыковки:

Количество углерода в стали %	°С
0,1	1200—900
0,1—0,3	1200—900
0,3—0,35	1150—900
Около 0,35	1150—850
0,45—0,6	1100—850

В общем для сталей марок 0, 1, 2, 3 можно рекомендовать температуру окончанияковки не выше 850°, а для сталей марок Ст.-4, Ст.-5 повыш.—около 820°.

Максимально допустимая температура нагрева может определяться по следующей формуле:

$$T_k = T_c - (150 \div 200),$$

где T_c — температура, соответствующая линии солидуса, характеризующей температуры затвердевания данной стали.

Рейто предлагает производить нагрев до температуры на 100° ниже температуры линии солидуса.

Выбор температуры конца ковки. Установить правильную температуру конца ковки — дело далеко не легкое, так как от температуры конца ковки зависят: 1) появление наклепа и трещин, 2) величина зерна поковки, 3) появление внутренних напряжений, 4) состояние структурных составляющих стали (будут ли раздроблены карбиды и цементитная сетка при ковке или нет), 5) наличие или отсутствие вторичной полосчатой структуры, 6) механические свойства металла в поковке.

Процесс ковки стали осложняется изменением температуры, связанным с известными превращениями, происходящими в стали, в свою очередь в значительной мере осложняющими весь процесс.

При установлении температуры конца ковки необходимо учитывать, относится ли данная сталь к доэвтектоидным, эвтектоидным или заэвтектоидным. Если сталь содержит до 0,9% C, то можно кончать ковку в области твердого раствора, т. е. на $25\text{—}50^\circ$ выше точки A_{r3} или

$$T_k = A_{r3} + (25 \div 50).$$

Эту формулу рекомендует проф. Губкин. Она пригодна для малых и средних поковок. Для изделий, которые будут штамповаться, и для изделий сложной формы температура конца ковки:

$$T_k = A_{r3} + (50 \div 100).$$

В этом случае A_{r3} соответствует линии GOS на диаграмме состояния железо — углерод (фиг. 62).

Температура конца ковки эвтектоидных сталей (0,9% C) может определяться по формуле:

$$T_k = A_{r_{1,3}} + (25 \div 50).$$

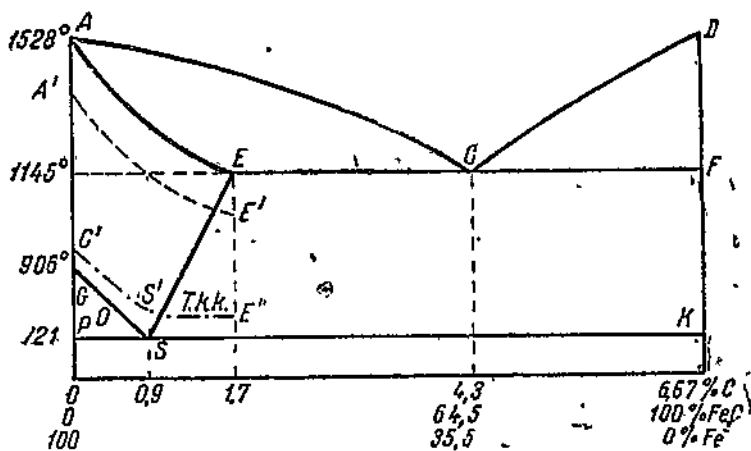
Температура конца ковки для заэвтектоидных сталей может быть определена по формуле:

$$T_k = A_{r_1} + (50 \div 75).$$

Если заканчивать ковку при вышеуказанных температурах, то можно получить поковку с мелким зерном без наклепа, трещин и без вторичной полосчатой структуры.

Относительно нагрева металла для ковки и штамповки необходимо отметить, что нагревать нужно не до максимально возможных температур, которые показаны в таблице Гадфильда, а до необходимых. Если например, деформация незначительная, то и нагревать сталь нужно только до такой температуры, при которой она обладает достаточной пластичностью для требуемой деформации.

На фиг. 62 представлена диаграмма состояния железо — углерод, на которой нанесены пунктирными линиями температуры начала и концаковки (Т.к.к.) различных углеродистых сталей. Эта диаграмма составлена Геренсом-Розебумом. Зная содержание углерода в стали, можно по этой диаграмме легко определить температуры начала и концаковки.



Фиг. 62. Диаграмма состояния железо — углерод с линиями температур начала и концаковки

Процесс нагрева. Процесс нагрева металла заключается в том, что металл помещается в среде, температура которой значительно выше температуры металла. Происходит переход тепла из окружающей среды в металл, вследствие чего температура его повышается. Чем больше разность температур окружающей среды и металла, тем с большей скоростью будет происходить нагрев этого металла. Нельзя нагревать металл с какой угодно скоростью, так как от слишком большой разницы температур окружающей среды и поверхности металла происходит неравномерный нагрев, и температура поверхности и середины металла будет сильно различаться. Если рассмотреть слои металла, от поверхности к середине, то можно отметить, что каждый слой будет иметь температуру, отличающуюся от температур рядом лежащих слоев. Так как изменение геометрических размеров металла зависит от температуры, то каждый слой, стремясь занять определенное геометрическое положение, будет испытывать препятствия со стороны рядом лежащих слоев, отчего между ними возникают напряжения. Эти напряжения носят название тепловых, в отличие от тех напряжений, которые получаются, когда в металле при переходе через критические точки происходит пре-

вращение α -железа в γ -железо. Пластические свойства у всех сталей значительно понижаются в интервале температур 200—400°, в так называемой зоне синеломкости, что необходимо учитывать при выборе скорости нагрева. Кроме того, в интервале температур 500—850°, т. е. в интервале критического превращения, возникают максимальные внутренние напряжения. В результате указанных выше напряжений могут получаться трещины внутри слитка.

Скорость нагрева куска металла зависит прежде всего от его геометрических размеров, главным образом от диаметра сечения, а также и от сложности конфигурации изделия и от физических свойств—теплопроводности λ , теплоемкости C и температуропроводности a .

Теплопроводность стали и скорость нагрева. Теплопроводностью стали называют способность стали передавать тепло от одного слоя другому. Чем быстрее передается это тепло, тем с большей скоростью может быть нагрет данный слиток или заготовка. Теплопроводность характеризуется коэффициентом теплопроводности, который указывает, какое количество калорий проходит в один час через 1 м² сечения при разнице температур в 1° на расстоянии в 1 м. Таким образом, коэффициент теплопроводности выражается в кал/м·час·°С.

Теплопроводность стали в значительной мере зависит от содержания в ней углерода и различных легирующих примесей, как никель, хром, вольфрам и т. п. Например, никель до содержания 35—40% резко понижает теплопроводность стали, доводя ее до 10 кал/м·час·°С.

Таблица 11

Влияние состава стали на теплопроводность

Род стали		Коэффициент теплопроводности, λ кал/м·час·°С
Железо		46—50
Углеродистая	0,30% C	36—40
"	1,00% C	37,8
"	1,50% C	32,4
Хромистая	1,00% Cr	34,6
"	2,00% Cr	34,2
"	5,00% Cr	26,3
"	10,00% Cr	18,7
"	20,00% Cr	15,5
Никелевая	0,50% Ni	25,2
"	20,00% Ni	14,4
Кремнистая	0,50% Si	39,6
"	1,50% Si	27,7
Марганцовая	10,00% Mn	10,8
Вольфрамовая	2,00% W	28,8

В табл. 11 приведены данные, на основании которых можно судить о влиянии примесей на изменение коэффициента теплопроводности стали при температуре 20—40°.

В табл. 12 приведены коэффициенты теплопроводности для различных цветных металлов и сплавов.

Таблица 12

Коэффициенты теплопроводности цветных металлов и сплавов

Наименование металла	Коэффициент теплопроводности кал/м·час °С
Медь литая и катаная	260—340
Никель литой и катаный	50,0
Алюминий литой и катаный	175,0
Латунь (90/10)	88,0
(60/40)	91,0
Олово литое и катаное	54,0
Цинк литой и катаный	95,0

Необходимо отметить, что с изменением температуры меняется также и коэффициент теплопроводности для одной и той же стали.

Для определения теплопроводности углеродистых и слаболегированных сталей можно пользоваться следующей формулой, предложенной инж. Черной:

$$\lambda_1 = \lambda_0 (1 - 0,0004 t),$$

где t — температура нагрева;

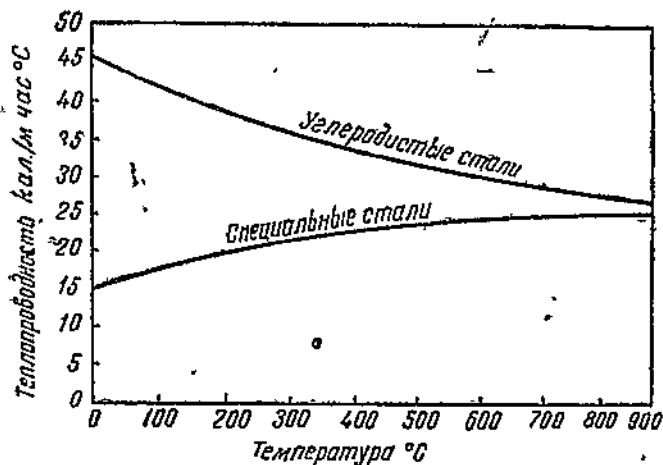
λ_0 — теплопроводность при 0°;

λ_1 — теплопроводность при температуре нагрева.

На фиг. 63 приведена диаграмма изменения теплопроводности стали в зависимости от температуры. На этой диаграмме можно усмотреть, что теплопроводность углеродистых сталей понижается с увеличением температуры, а для специальных легированных сталей она повышается, но вблизи интервала температур, при которых происходитковка, разница между теплопроводностью углеродистых и специальных сталей очень невелика; в общем теплопроводность определяется примерно в 23—25 кал/м·час·°С (Доброхотов).

Таким образом теплопроводность сталей, как углеродистых, так и легированных, в интервале температурковки — от 800 до 1200° — почти одинакова и, следовательно, не зависит от химического состава стали.

Теплоемкость. Теплоемкостью называется количество тепла, необходимого для нагрева 1 кг металла на 1°. Следовательно, если слиток весом G кг будет иметь температуру T° и его надо нагревать до температуры T_1 , то, обозначив теплоемкость через



Фиг. 63. Диаграмма изменения теплопроводности стали в зависимости от температур

$С$, количество тепла, которое необходимо сообщить слитку для нагрева его до температуры T_1 , будет

$$Q_{ка} = GC (T_1 - T^{\circ}).$$

Если требуется нагреть слиток с начальной температурой в 0° , то количество тепла, которое необходимо ему сообщить, равняется

$$Q_{ка} = GCT_1.$$

Величина CT_1 называется теплосодержанием.

Для удобства вычислений во многих таблицах рядом с теплоемкостью приводится и значение теплосодержания. Так как теплоемкость меняется с изменением температуры, то при расчетах принимают среднюю теплоемкость для данной температуры. Теплосодержание и теплоемкость (средняя) чистого железа (C . Умно) приведены в табл. 12а.

Температуропроводность. Температуропроводность характеризует распространение температуры внутри металла при нагреве или охлаждении. Температуропроводность а есть отноше-

Таблица 12а

Теплосодержание и теплоемкость (средняя) чистого железа
(С. У м и н о)

Температура °С	Теплосодержание кал	Теплоемкость кал/кг·°С
680	96,76	0,1423
700	100,07	0,1430
750	109,63	0,1454
780	115,68	0,1483
800	120,62	0,1508
850	130,09	0,1531
900	139,50	0,1550
950	153,31	0,1613
1000	161,27	0,1613
1100	177,75	0,1616
1200	194,77	0,1623
1300	212,13	0,1632
1360	223,02	0,1640
1400	231,29	0,1652

вне коэффициента теплопроводности λ в кал/м · час · °С к произведению теплоемкости C в кал/кг · °С на удельный вес γ

$$a = \frac{\lambda}{C \cdot \gamma} \text{ м}^2/\text{час.}$$

При нагревании металла температура распространяется по сечению металла тем скорее, чем металл больше температуропроводен, причем необходимо отметить, что изменение теплоемкости происходит не в одинаковой степени с изменением теплопроводности. Так, например, для литого железа при температуре 0° $\lambda=48$; $C=111$; $\gamma=7,85$ и $a=0,055$. При 900° $\lambda=28,8$; $C=0,187$ и $a=0,02$. Из этого ясно, что теплопроводность при 900° почти вдвое меньше, чем при 0°, а температуропроводность почти в три раза меньше.

Конвекция и лучеиспускание. Дляковки и штамповки металл нагревается в нагревательных печах и в кузнечных горнах. Нагрев происходит путем конвекции и путем лучеиспускания. Передача посредством конвекции заключается в том, что горячие газы печи соприкасаются непосредственно с нагреваемым на поду печи металлом. Отсюда ясно, что чем больше скорость газов, тем большее их количество будет иметь соприкосновение с поверхностью металла и тем большее количество тепла будет передано этими газами металлу.

Во всякой нагревательной печи свод и стенки раскаляются под влиянием тепла газов и испускают тепловые лучи, которые воспринимаются поверхностью слитка или заготовки, расположенного на поду. В этом случае тепло передается посредством

лучеиспускания. Чем выше температура печи, тем большее значение имеет теплопередача посредством лучеиспускания.

Количество тепла, которое может быть передано путем конвекции для определения температур T_1 и T_2 , приблизительно определяется следующей формулой:

$$Q_{\text{кал}} = F (K_1 - \gamma K_2 v) (T_1 - T_2),$$

где K_1 — коэффициент для температуры 32° равный 1,3, а для температуры 1400° —12,2;

K_2 — коэффициент для температуры 32° равный 2,25, а для 1400° —4,25;

γ — вес 1 м³ газа;

F — поверхность металла в м², воспринимающая тепло;

v — скорость газа в м/сек;

T_1 — температура газа;

T_2 — температура поковки.

Количество тепла, которое передается лучеиспусканием, определяется по формуле Стефана-Больцмана:

$$Q_{\text{кал}} = Z \cdot f \cdot C \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right],$$

где Z — время, в час.;

f — поверхность, в м²;

T_1 и T_2 — абсолютные температуры печи и металла;

C — коэффициент лучеиспускания, который при расчетах принимают в среднем равным 5.

Количество тепла, которое воспринимает 1 м² поверхности нагреваемого куска металла за час, может быть определено по следующей формуле:

$$q = C \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right].$$

Ниже приведены формулы, по которым определяется продолжительность нагрева металла дляковки и штамповки.

Продолжительность нагрева металла. Нагреваемый металл — это обычно слиток или катаная заготовка, причем последняя чаще всего имеет квадратное сечение с закругленными углами. Как уже было упомянуто, нагрев должен производиться таким образом, чтобы не было резкой разницы между температурой поверхности и середины нагреваемого металла, так как в противном случае в металле возникают чрезмерно высокие напряжения, ведущие к появлению трещин. Поэтому скорость нагрева должна быть такой, чтобы избежать чрезмерной разницы температур поверхности и середины.

Для определения продолжительности нагрева различные исследователи предлагают различные формулы, из которых мы приведем две: формулы Тринкса и проф. Доброхотова.

Тринкс предлагает определять продолжительность нагрева по следующей формуле:

$$Z_{\text{час}} = \frac{G_n}{k(T_{\text{пч}} - T_{\text{ср}})F},$$

где k — коэффициент, значение которого, в кал/м·час·°С, можно найти в нижепомещаемой таблице;

G — вес поковки, кг;

n — теплосодержание для температуры нагрева стали;

F — поверхность нагреваемой поковки, м²;

$T_{\text{ср}}$ — средняя температура;

$T_{\text{пч}}$ — температура печи;

$T_{\text{пок}}$ — температура поковки (конечная);

$T_{\text{нач}}$ — начальная температура поковки.

$$T_{\text{ср}} = T_{\text{пок}} - \frac{1}{3}(T_{\text{пок}} - T_{\text{нач}})$$

Таблица 13

Таблица значений коэффициента k при
 $T_{\text{пч}} > T_{\text{пок}}$ на 150 и 50°

Конечная температура поковки в градусах	Светящаяся пламя		Слабо светящаяся		Коптящее пламя
	150°	50°	150°	50°	
600	56	40	40	32	25
700	65	52	46	37	27
800	82	68	54	40	28
900	105	80	67	50	30
1000	127	98	80	60	33
1100	150	115	92	72	38
1200	172	135	108	84	42

Проф. Доброхотов на основании опытов инж. Прядилова и Борисова в НАТИ и зарубежных исследователей, а также на основе своих собственных наблюдений дает следующую эмпирическую формулу для определения продолжительности нагрева изделий из мягкого железа от 0 до 1200° при нагреве со всех сторон. Время Z в часах определяется в зависимости от толщины изделия D в метрах:

$$Z_{\text{час}} = 10 D^{1.5} = 10 D \sqrt{D}.$$

При нагреве высоколегированных сталей от 0 до 1200° время нагрева увеличивается вдвое, и, следовательно, формула примет следующий вид:

$$Z_{\text{час}} = 20 D \sqrt{D}.$$

При этом необходимо нагревать высоколегированные стали от 0 до 850° значительно медленнее (в два раза), чем от 850 до 1200°. Таким образом для определения продолжительности нагрева от 0 до 850° следует пользоваться формулой:

$$Z_1 = 13,3 D \sqrt{D} \text{ час.},$$

а для нагрева от 850 до 1200°:

$$Z_2 = 6,7 D \sqrt{D} \text{ час.}$$

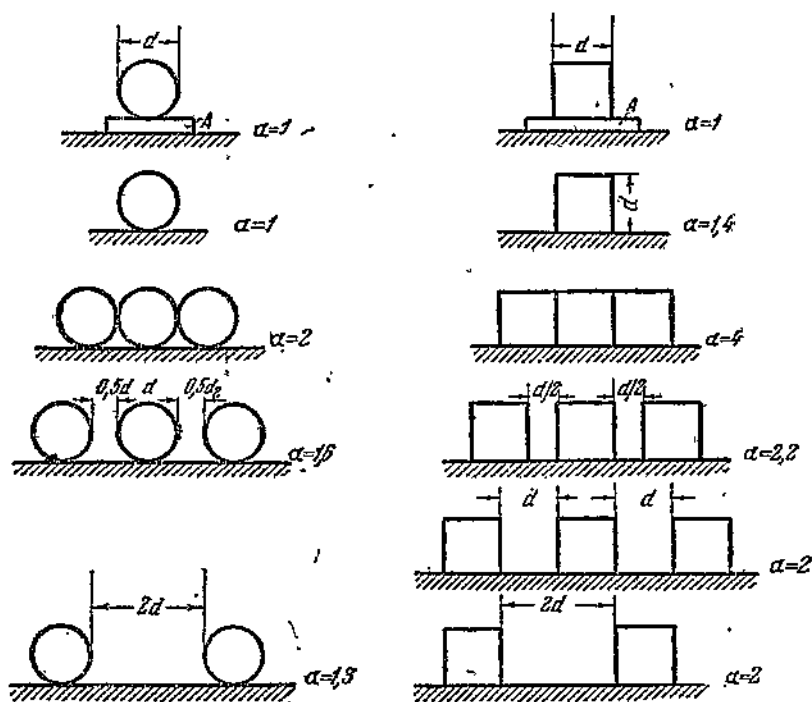
В ЦНИИМАШ инж. Копытов и Сорокин произвели ряд опытов, чтобы выяснить влияние расположения заготовок в печи на продолжительность нагрева. Для этого поковки помещались в печь, как представлено на фиг. 64, и нагревались при одних и тех же условиях нагрева, т. е. температурах печи, до определенной температуры. При этом выяснилось, что в тех случаях, когда квадратная заготовка помещалась на подкладке, время нагрева было наименьшее, и оно было принято за единицу. Когда квадратная заготовка была положена на под печи, продолжительность ее нагрева увеличилась в 1,4 раза. При заготовке круглой формы расположение ее на подкладке или непосредственно на поду печи не изменяло времени нагрева. Когда квадратные заготовки были уложены на под печи так, что одна непосредственно примыкала к другой, время нагрева увеличилось в 4 раза, а для круглой заготовки при таком же расположении — в 2 раза. Когда заготовка была уложена с промежутками, равными половине толщины заготовки, то для квадратной заготовки время нагрева увеличилось всего в 2,2, а для круглой — в 1,6 раза.

Таким образом, принимая во внимание, что формула Доброхотова выведена для случая обогривания куска металла со всех сторон, необходимо в зависимости от того, как уложена заготовка на под печи, вводить корректив в виде коэффициента, указанного на фиг. 64.

Еще до войны на многих заводах были многочисленные попытки увеличить скорость нагрева. Среди прочих и на автозаводе им. Сталина были проведены исследования, давшие весьма положительный результат, так как оказалось возможным производить нагрев повок с значительно большей скоростью. Заготовки нагревались в кузнечных печах системы Роквелла при температурах печи в 1300 и 1400°. В зависимости от диаметра

заготовки определялось и минимальное время нагрева в минутах. Результаты этих исследований представлены на диаграмме фиг. 65. На автозаводе им. Сталина выяснилась возможность нагрева под ковку металла со скоростью 1,5—1,8 мин. на каждый сантиметр толщины изделия для деталей толщиной до 50—60 мм.

По сообщению инж. Грошева, опыты, произведенные стахановской бригадой на заводе «Электросталь», показали, что воз-

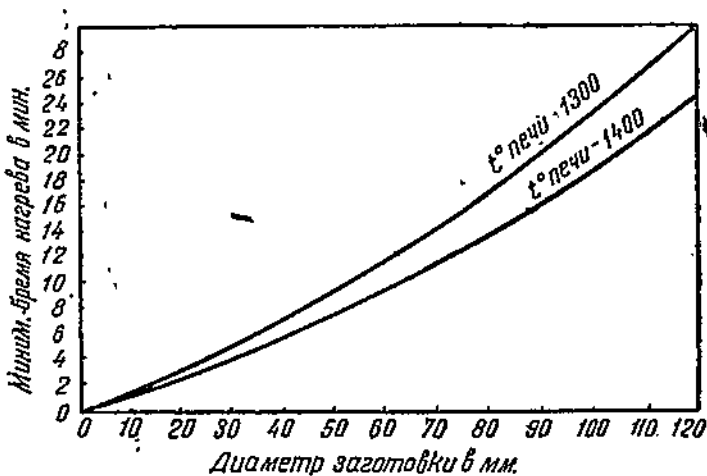


Фиг. 64. Продолжительность нагрева при разном расположении заготовок в печи (Копытов и Сорокин)

можно в значительной мере увеличить скорость нагрева стали. Для сталей высокоуглеродистых — инструментальных скорость нагрева была установлена в 0,34 часа на 1 дюйм (25 мм) толщины, для конструкционных, хромистых — 0,37, а для быстрорежущих — 1,13 часа на 1 дюйм толщины.

Как уже было отмечено, тепло распространяется в нагреваемом куске металла с некоторой скоростью, и когда температура поверхности металла достигла уже требуемой величины, центральная часть слитка или заготовки имеет более низкую температуру. Для выравнивания температуры нагреваемый металл

подвергают выдержке в печи, чтобы через некоторое время температура всего слитка или заготовки была одинаковой или чтобы разность температуры поверхности и центра была наименьшей. Обычно принимают время выдержки равным от одной четверти до одной пятой времени нагрева для углеродистых и большинства специальных сталей.



Фиг. 65. Диаграмма продолжительности нагрева заготовок в кузнечной печи Роквелла



Фиг. 66. Температурная кривая, характеризующая термические условияковки

По некоторым заграничным данным, время выдержки для углеродистых сталей принято значительно меньшим — от одной восьмой до одной десятой времени нагрева, для высоколегированных и инструментальных сталей — 1,6–1,5 времени нагрева, а для быстрорежущих, нержавеющей и силхромовых — от трети до четверти.

На фиг. 66 представлена схема, на которой нанесены: кривая нагрева, прямая, соответствующая выдержке, а также линии падения температуры при ковке и остывании поковки.

При нагревании необходимо обращать внимание, чтобы в атмосфере печи не было избытка кислорода, так как при этом происходит чрезмерное окисление металла с поверхности. Обычно принимают, что при однократном нагреве окисляется 2% нагреваемого металла по весу, или, как говорят, нагрев происходит с 2% угара. При двукратном нагреве угар принимается в размере 3,5%, а при многократном — до 7% и более. Процент угара в значительной мере зависит от режима печи: чем меньше в печи свободного кислорода, тем меньше угар. Для предотвращения угара в некоторых случаях применяют так называемую нейтральную атмосферу.

При нагревании стали в нагревательных печах происходит не только образование окалины, но также в той или иной степени обезуглероживание поверхности металла водородом, углекислым газом CO_2 , водяным паром H_2O и свободным кислородом O_2 . Наименьшей обезуглероживающей способностью обладают водород и кислород, а наибольшей — водяные пары, углекислота. Обезуглероживание поверхности металла является вредным, так как ухудшает его механические свойства. При нагреве высокоуглеродистых сталей, у которых обезуглероживание наблюдается в более сильной степени, необходимо это учитывать.

Топливо для горнов и печей. Для отопления печей и горнов применяются различные роды топлива, которое можно разделить на три группы: 1) твердое — дрова, каменный уголь, кокс, древесный уголь, 2) жидкое — нефть, мазут, керосин, масла и 3) газообразное.

Наибольшее применение из твердых топлив имеет каменный уголь и в значительно меньшей степени — кокс и древесный уголь. Что касается дров, то в большинстве случаев они применяются только для растопки. Теплотворная способность каменного угля в среднем составляет около 7000 Кал/кг. Теплотворная способность натуральной нефти — 10 800 Кал/кг; после отгонки керосина и бензина, теплотворная способность падает до 10 600 и 990 Кал/кг.

Газообразное топливо отличается значительным разнообразием. Оно получает все более широкое применение в кузнечно-штамповочном производстве. Газы могут быть естественные и искусственные. Естественный газ выделяется в районах нефтяных промыслов. Искусственный газ получается из генераторов, устройство которых бывает весьма различное.

Если придерживаться классификации Тринклера, то искусственные промышленные газы можно разделить на пять классов.

1. Богатый газ, получаемый при сухой перегонке твердого топлива; содержит большое количество углеводородов и водорода

да; теплотворная способность 3000—8000 Кал/м³. Сюда относятся газы коксовый и светильный,

2. Бедный газ, получаемый при газификации твердого топлива и содержащий азот и небольшое количество углеводородов. Теплотворная способность 700—1800 Кал/м³. Доменный и генераторный газ.

3. Безбалластный газ, получаемый путем газификации твердого топлива с вдуванием пара. Теплотворная способность 2400—2600 Кал/м³. Сюда относятся водяной и двойной газы.

4. Нефтяной газ, который получается путем испарения или разложения жидкого топлива с большим содержанием углеводорода. Теплотворная способность 4000—17 000 Кал/м³.

5. Чистый (облагороженный) газ. Ацетилен с теплотворной способностью 13 000 Кал/м³ и водород—2560 Кал/м³ (при 0° и 760 мм рт. ст.).

Теплотворная способность различных наиболее часто применяемых в промышленности газов для нагревания металла приведена в табл. 14.

Таблица 14

Теплотворная способность газообразного топлива	
Наименование газа	Теплотворная способность, Кал/м ³
Доменный газ из коксовых доменных печей	850
То же, из древесноугольных доменных печей	1050
Генераторный из дров	1380
» » торфа	1500
» » каменного угля	1350
» » бурого угля	1400
» » антрацита	1150
Водяной	2500
Двойной водяной	3800
Коксовый	4500
Смешанный (70% доменного, 30% коксового)	2000

Наиболее употребительными газами для нагревательных печей являются коксовый, доменный и генераторный. Коксовый газ — это побочный продукт при коксовании угля. В зависимости от химического состава угля он содержит больше или меньше серы; после очистки содержание серы снижается до

6—9 г/м³, и он становится вполне пригодным для сжигания в нагревательных печах без особого вреда для нагреваемого металла.

Теоретическая температура горения коксового газа равна 2000—2100°, действительная же температура горения меньше и составляет 0,65—0,85 от теоретической. Это отношение действительной температуры горения к теоретической носит название пирометрического к. п. д. Теоретическая температура получается при мгновенном горении топлива с теоретическим количеством воздуха без потерь и получения тепла извне.

Для сжигания 1 м³ коксового газа требуется 4—5 м³ воздуха.

Доменный газ—побочный продукт доменных печей. Для сжигания 1 м³ доменного газа требуется теоретически 0,8—0,9 м³ воздуха. Теоретическая температура горения доменного газа из коксовых доменных печей 1500°, а из древесноугольных 1600°.

Генераторный газ получается из генераторов при газификации углей, дров или торфа. Для сжигания генераторных газов требуется 1,3—1,4 м³ воздуха на 1 м³ газа.

Горелки. Твердое топливо сжигается на колосниковых решетках, причем такие сорта угля, как антрацит, сжигаются с подводкой под колосники воздуха от вентилятора. Жидкое топливо сжигается при помощи форсунок, газообразное— посредством горелок, которых имеется три типа:

1. Горелки беспламенного горения, работающие смесью газа с воздухом, причем это смешение происходит в специальных устройствах (смесителях) до входа смеси в горелку. Таким образом в горелку поступает уже однородная смесь. Эти горелки требуют давления газа от 500 мм до 2,5 м вод. ст.

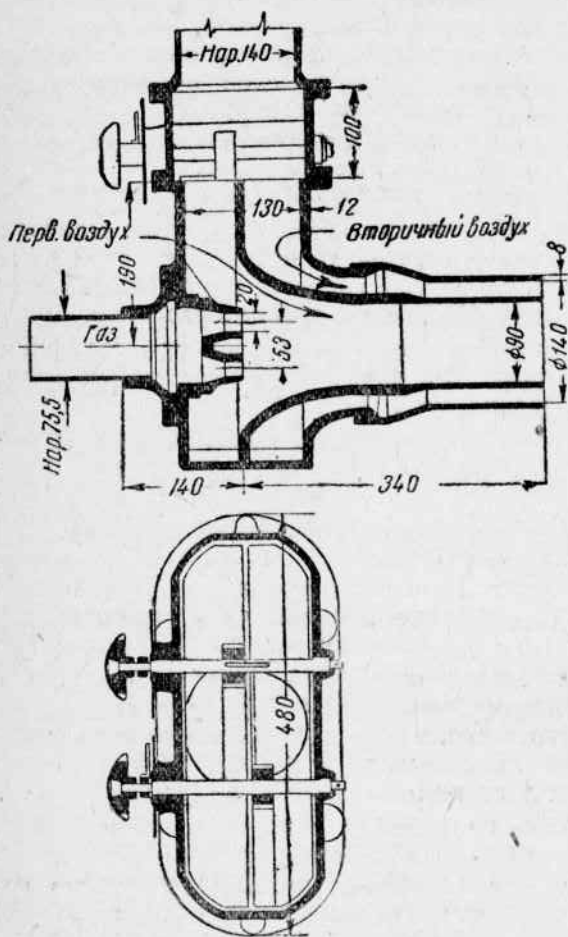
2. Горелки пламенного горения—в них смешение газа с воздухом происходит частично в горелке и частью по выходе из нее. Горелки работают с давлением газа от 30 до 300 мм вод. ст.

3. Горелки диффузионного горения, в которых газ и воздух смешиваются после их выхода из горелки, причем это смешение происходит только за счет диффузии. Диффузионные горелки дают очень длинный факел с равномерной температурой по длине факела.

Горелки второго типа, в которых производится частичное смешение газа и воздуха, применяются для всякого рода нагревательных кузнечных печей, если газ имеет теплотворную способность не ниже 1400 Кал/м³. При пользовании этими горелками практикуется подогрев воздуха до 400—500°.

На фиг. 67 приведен разрез пламенной горелки системы Мосгипромега. В эту горелку газ поступает под низким давлением (40—160 мм вод. ст.), поток воздуха под давлением 20—70 мм вод. ст. поступает по трубопроводам от вентилятора. Газ поступает по горизонтальной трубе, а воздух— по вертикальной, причем поток воздуха делится на две части: первый поток при-

ходит в соприкосновение с газовыми соплами (первичный воздух), а вторичный воздух соприкасается с газом, когда смесь газа с первичным воздухом выходит из горелки в печь.



Фиг. 67. Пламенная горелка Моснипрометза

происходит постепенно и заканчивается у выхода в дымовой канал. В нижнюю часть горелки в некоторых случаях подается защитный газ. Защитный газ течет отдельным слоем, имеет непосредственное соприкосновение с поковкой и защищает металл от окисления.

Выше было уже сказано о применении различного рода горелок для сжигания газа. Обычно предварительно происходит надлежащее смешение газа и воздуха: одна часть светильного газа с пятью частями воздуха, одна часть водяного газа с

Длина пламени этой горелки 0,5—1,5 м. Регулируется пламя изменением количества вторичного и первичного воздуха. Горелка может сжигать 50—250 м³/час.

Диффузионная горелка показана на фиг. 68. В эту горелку газ поступает через трубки большим количеством параллельных струй. Сверху подается воздух, который проходит между трубами, и, приняв направление, параллельное течению газа, входит в общую камеру. В дальнейшем смешение воздуха с газом уже происходит за счет диффузии, а так как скорость газа и воздуха одинакова, то смешение происходит медленно и на всем протяжении печи, вследствие чего горение смеси

тремя частями воздуха, одна часть генераторного газа с одной частью воздуха. Смесь поступает в камеру, где должно происходить сгорание.

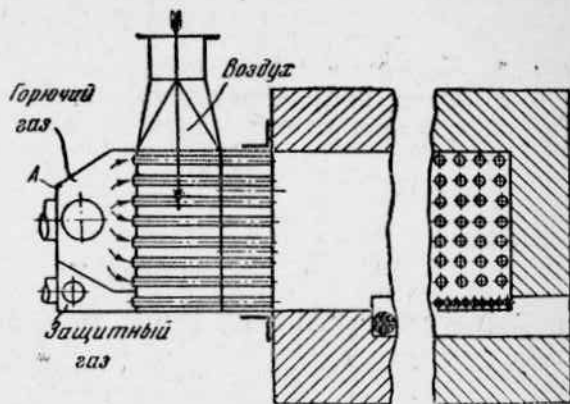
Подогрев газа и воздуха.

Чтобы уменьшить расход горючего, подогревают газ, поступающий в горелки, и воздух. Подогрев воздуха практикуется и при отоплении печей твердым или жидким топливом. Подогрев воздуха производится рекуператорами и регенераторами. Рекуператорная система подогрева воздуха заключается в том,

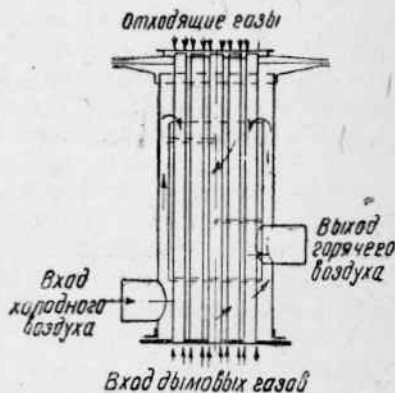
что воздух изолирован от потока отходящих горячих газов и находится в специальных каналах или трубах, которые омываются газом.

Рекуператоры бывают трубчатые или пластинчатые. На фиг. 69 представлен трубчатый рекуператор, у которого газы проходят по трубам, а воздух омывает их, и, поступая снизу холодным с одной стороны, выходит уже нагретым с другой стороны. Трубчатые рекуператоры делаются из чугуновых стальных труб и из жароупорных сталей, круглого или овального сечения, причем воздух идет по трубам, которые располагаются в особой камере по выходе газов из печи. Газы, омывая поверхность труб, нагревают их, тепло передается проходящему через трубы воздуху, затем поступающему в горелки.

Имеются еще пластинчатые рекуператоры системы Лемлеха для подогрева воздуха, поступающего к форсункам низкого давления для нагревательных печей. Недостатком этого рекуператора является большое его сопротивление вследствие того, что воздух должен часто менять свое направление между пластинами, и поэтому требуется повышать давление воздуха. Если надо



Фиг. 68. Диффузионная горелка



Фиг. 69. Трубчатый рекуператор

нагреть воздух до 600° , то применяют только пластинчатые рекуператоры, а при нагреве до 800 и 1000° — трубчатые, ввиду того, что при высоких температурах стенки пластинчатых рекуператоров коробятся и рекуператор выходит из строя.

Регенератор представляет собой камеру, заполненную кирпичом, сложенным в клетку, нагрев которой производится отходящими газами, после чего переключается на другую камеру, а через первую пропускают воздух для его подогрева.

ГЛАВА V.

НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПЕЧИ И КУЗНЕЧНЫЕ ГОРНЫ

Нагревательные печи можно подразделить по следующим признакам:

1. Печи, характеризующиеся распределением температур внутри нагревательного пространства: методические и камерные.

2. Печи, использующие тепло отходящих газов, регенеративные, рекуператорные и без подогрева воздуха.

3. Печи, отличающиеся питанием печи воздухом и системой отвода дыма: с естественной тягой, создаваемой дымовой трубой, и со свободным засосом воздуха, с принудительным дутьем от вентилятора и с принудительным отсосом воздуха эксгаустером.

4. Печи, характеризующиеся способом загрузки: с периодической загрузкой (камерные печи) и с непрерывной загрузкой.

В ковочном и штамповочном производстве применяются следующие типы печей: 1) методические, 2) многокамерные, 3) камерные, 4) механизированные и 5) горны.

Методические печи применяются в крупносерийном производстве для нагрева заготовок сечением до 350×350 мм и слитков весом 2—3 т. Печи ставят у молотов от 2 т и выше, и у ковочных прессов с давлением до 1500 т.

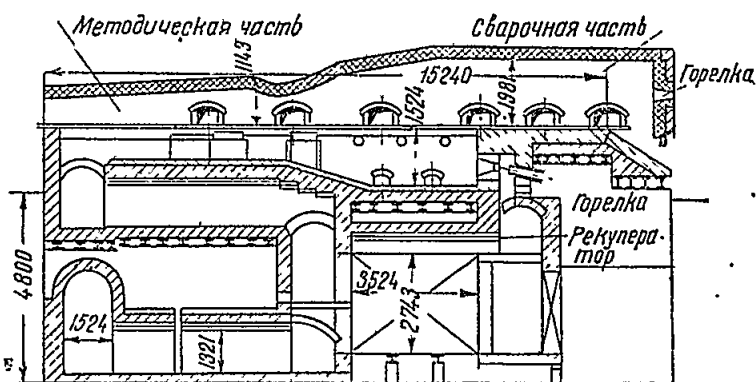
Камерные печи могут быть весьма разнообразного размера, от самых маленьких до больших, служащих для нагрева самых больших слитков — до 250 т и выше. В зависимости от размера изделия камерные печи применяют для нагрева заготовки для молотов от самых мелких и до 5 т и более, а также для самых больших ковочных прессов.

Электропечи применяются для нагрева главным образом сплавов из цветных металлов.

Горны применяются для работ по ручной ковке и ковке на небольших механических молотах.

Методические печи. Для постепенного нагрева металла (болванок или заготовок) применяются методические печи (фиг. 70). Печи имеют удлиненную форму; рабочее пространство

печи состоит из методической и сварочной частей. Металл в форме слитков или заготовки поступает с торцевой стороны печи в методическую часть рабочего пространства, в котором температура в части, примыкающей к посадочному окну, самая низкая ($300\text{--}700^\circ$), причем для малоуглеродистых сталей, содержащих менее $0,4\%$ С, температура газового потока у посадочного окна должна быть $600\text{--}700^\circ$ и в некоторых случаях для увеличения скорости нагрева ее повышают до 900° . Для высокоуглеродистых и малодегированных сталей температура газового потока должна быть не больше 500° , а для среднедегированных $300\text{--}400^\circ$.



Фиг. 70. Методическая печь

Поступивший в печь материал (слева) при помощи толкателя перемещается по направлению к той части рабочего пространства, которая имеет наивысшую температуру; таким образом слитки или заготовки по мере передвижения встречают все повышающуюся температуру рабочего пространства печи. Благодаря такому методу нагрев совершается медленно, чем устраняются чрезмерная разность температур поверхности и середины слитка или заготовки и появление трещин от тепловых напряжений.

Металл передвигается по глассажным шинам (полосам из жароупорной стали или трубам, внутри которых циркулирует вода) слева направо, а поток горячих газов движется справа налево.

Горелки расположены внизу торцевой выходной части печи, вследствие чего газы, двигаясь навстречу движению нагреваемого металла, охватывают металл со всех сторон, что сокращает продолжительность нагрева. Температура в сварочной части методической печи должна быть на $50\text{--}100^\circ$ выше требуемой температуры нагрева стали. При нагреве мягких сталей для ускорения нагрева иногда разность температур сварочной части печи и конечной температуры нагрева слитка или заготовки доводят до $150\text{--}200^\circ$.

Глиссажные шины в методических печах обычно доходят только до сварочной части печи и в редких случаях доходят до конца печи.

Глиссажные шины при нормальной работе могут пропустить до их износа до 150 000 нагретых слитков; срок службы глиссажных шин зависит от условий работы.

Боковые стены методической печи имеют окна, через которые можно при помощи ломиков переворачивать находящиеся в печи слитки и заготовки.

Удаляются нагретые слитки или заготовки с тыловой части печи или в боковое окно, причем поперечное движение слитка в направлении выходного окна печи производится при помощи гидравлического или электрического толкателя.

В некоторых случаях методические печи, кроме сварочной части, имеют еще камеру для выдержки нагретого слитка или заготовки, которая располагается за сварочной частью. Температура в камере выдержки устанавливается приблизительно на 50° выше температуры нагрева металла дляковки.

Необходимо так регулировать горение, чтобы в печи была так называемая «восстановительная» атмосфера (неполное сгорание). В камере для выдержки должна быть восстановительная или нейтральная атмосфера. Температура в печи регулируется по длине путем отвода отходящих газов и установкой добавочных форсунок при нефтяном отоплении и горелок при газовом.

Изображенная на фиг. 70 печь запроектирована для работы на смешанном газе — доменном с коксовым и с подогревом. Методические печи устраиваются с регенераторами или рекуператорами для подогрева газа и воздуха или только одного воздуха. Как было указано выше, нагрев газа и воздуха производится за счет тепла отходящих газов, температура которых в методических печах в среднем $800\text{—}850^\circ$.

Многие методические печи имеют шины, заложенные на половину своей высоты в под печи или уложенные на поду печи; в этом случае нагрев требует более продолжительного периода времени, так как передача тепла лучеиспусканием и путем конвекции происходит только с одной стороны. При нагреве в таких печах производят более частую кантовку (поворачивание слитков или заготовки ломиками через боковые окна).

В заключение необходимо отметить, что при нагреве высоколегированных сталей, например быстрорежущей, хромоникелевой, с большим содержанием хрома ($>1\%$) и никеля ($>3\%$), опорные шины не делаются в виде труб с водяным охлаждением, так как при этом они оставляют на нагреваемом металле след в виде полоски непрогретого металла.

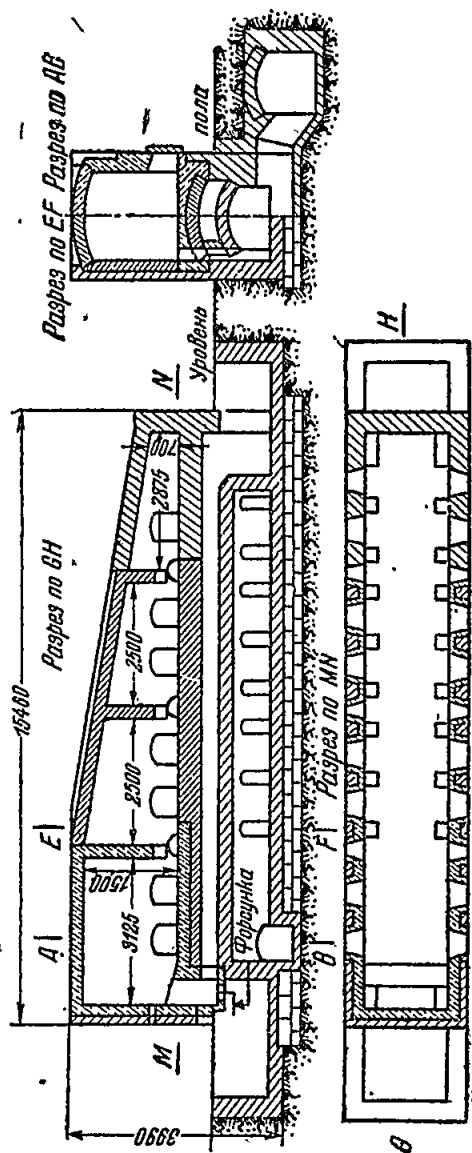
Многокамерные методические печи применяются для нагрева высоколегированных сортов стали: они имеют четыре камеры (фиг. 71), каждая из которых имеет свою определенную температуру, причем камера, примыкавшая к садочному окну,

имеет самую низкую температуру, следующая — более высокую и самая крайняя, с окном для выдачи нагретого слитка или заготовки, имеет температуру самую высокую и в ней производится уже нагрев до ковочной температуры 1050—1250°.

Холодный слиток или заготовка поступает в первую камеру с наиболее низкой температурой (около 300°). После нагрева до этой температуры слиток или заготовка перекачивается во вторую камеру с более высокой температурой и нагревается в ней приблизительно до 600°, после чего он поступает в третью камеру, в которой нагревается до температуры около 800°, при которой уже превращение в стали закончено.

После этого слиток поступает в последнюю камеру и нагревается быстрее до температурыковки.

Опыт по нагреву высоколегированных сталей показал, что можно ограничиться двумя камерами, причем в первой производится нагрев до температуры, при которой превращения уже завершены, после чего слиток или заготовка поступает во вторую камеру для окончательного нагрева.

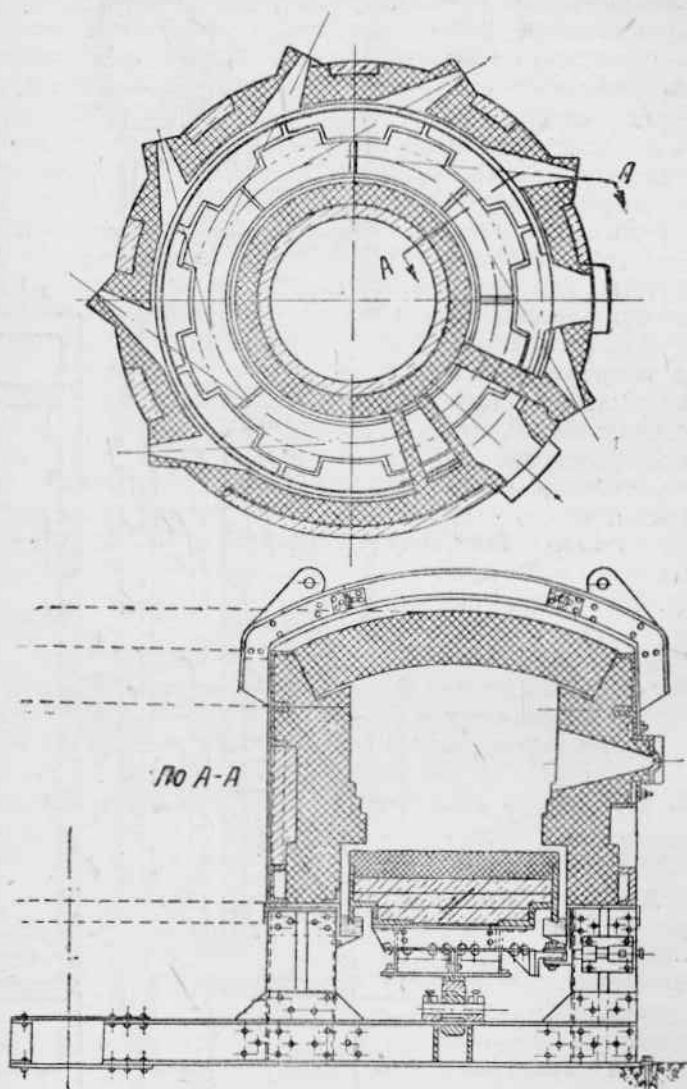


Фиг. 71. Четырехкамерная методическая печь

Изображенная на фиг. 71 печь, работающая на нефти, имеет вертикально поставленные форсунки и подогрев воздуха.

Карусельные печи кольцевого типа. Подобная печь показана на фиг. 72. Стенки печи имеют кольцеобразную форму и пе-

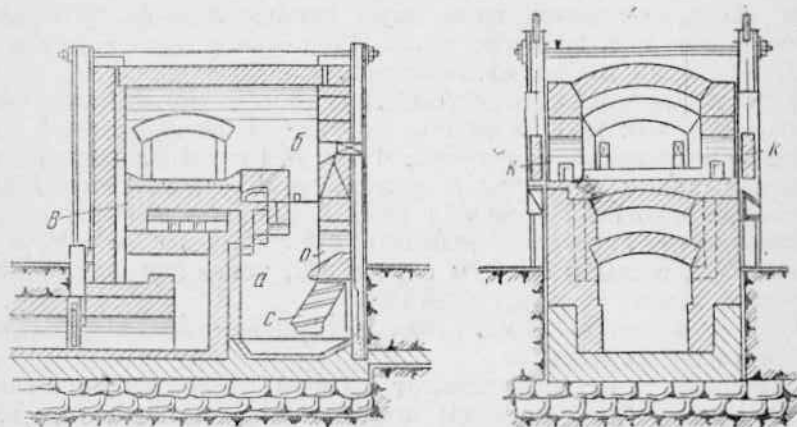
рекрыты сводом, в пространстве между стенами находится подвижной под печи на роликах, расположенных ниже и закрепленных на фундаменте. Под смонтирован на плитах; высту-



Фиг. 72. Карусельная печь кольцевого типа
(разрез по АА дан в увеличенном масштабе)

пающие вниз боковые стенки металлической части пода опущены в кольцевые каналы, наполненные водой и образующие таким образом водяной затвор, который предотвращает засасы-

вание воздуха в печь и выбивание пламени из печи. Кроме того, вода охлаждает металлические части пода. Форсунки или газовые горелки расположены тангенциально; направление их обратно направлению вращения пода. Передвижение пода происходит от электромотора через редуктор и закрепленную на поде зубчатую рейку, имеющую сцепление с шестеренкой, получающей движение от редуктора.



Фиг. 73. Небольшая камерная печь, работающая на каменном угле

Форсунки и горелки расположены так, что температура печи у садочного окна наименьшая, а у окна для выдачи — наибольшая. В некоторых случаях печи кольцевого типа дают возможность лучшего использования места в мастерской. Этот тип печей применяется при крупносерийном и массовом производстве.

Камерные печи. Камерные печи имеют самые разнообразные размеры в зависимости от величины нагреваемой заготовки. Камерные печи малого размера ставятся как у небольших механических молотов для изделий самого малого размера и веса, так и для обслуживания самых крупных агрегатов, как, например, ковочные прессы с давлением до 15 000 т и выше, причем вес нагреваемого слитка достигает 250 т.

Камерные печи строятся для всех видов топлива: твердого, жидкого и газообразного.

На фиг. 73 представлена небольшая камерная печь, работающая на каменном угле. Подобные печи имеют широкое распространение в районах, где основным топливом является каменный уголь. Топка *a* имеет наклонную ступенчатую колосниковую решетку *c*. Топливо загружается через окно *o*, закрываемое дверкой. Воздух проходит через колосники *c*. При горении угля в камере *a* не всегда заканчивается процесс горения, газы под-

нимаются вверх и при прохождении через выходное отверстие в рабочем пространстве печи встречают струю дополнительного воздуха, который подводится через канал б, вследствие чего происходит сгорание несгоревших в топке а газов. Горячие газы поступают в камеру печи, обогревают стенки, свод и под печи и загруженный в печь материал. Когда свод и стенки печи раскалятся, то нагрев металла будет осуществляться и путем поглощения им лучистой теплоты, излучаемой сводом, и стенками печи. Из печи горячие газы через каналы К и В проходят в боров, а оттуда в дымовую трубу. Печь имеет одно или два окна для посадки и выдачи заготовок.

При жидком топливе устройство печи в значительной мере упрощается, как можно видеть на фиг. 74. Печь не имеет громоздкой колосниковой решетки. Форсунка устанавливается ниже пода с выходом в камеру сгорания; сверху подводится дополнительный воздух. Подобного рода небольшие печи во многих случаях могут с успехом заменять кузнечные горны с к. п. д., равным 3%, в самом лучшем случае 5%; тогда как вышеописанные печи имеют к. п. д. 10—15%.

Расход нефти в таких печах составляет 25—30% от веса нагреваемого металла.

Камерные печи представляют собой очень несовершенный прибор для нагрева металла; причины такого низкого к. п. д. заключаются в следующем:

1) неполнота сгорания, так как часть топлива сгорает не в углекислоту CO_2 , а в окись углерода CO ;

2) слишком высокая температура отходящих из печи продуктов горения (1150—1200°) при температуре печи около 1250—1300°;

3) потеря тепла через окно печи и особенно во время загрузки и выгрузки заготовки;

4) потери тепла кладкой печи от соприкосновения с окружающим более холодным воздухом и через лучеиспускание.

Использование тепла, развиваемого сгоранием топлива, а также введенного в топку вместе с топливом и воздухом (физическое тепло), можно приблизительно представить в следующем виде (фиг. 75):

а) использованное на нагрев металла тепло q_1 составляет 10—15% от общего количества тепла;

б) потери тепла q_2 через щели и окна в зависимости от конструкции печи и размеров и числа окон могут колебаться от 10 до 15%;

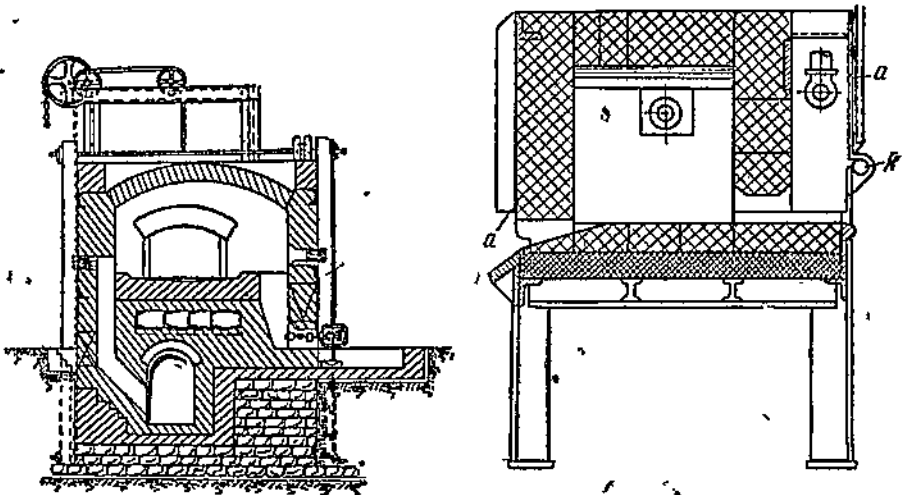
в) потери от неполноты сгорания q_3 — 0,5—1%;

г) потери через кладку печи q_4 — до 25%;

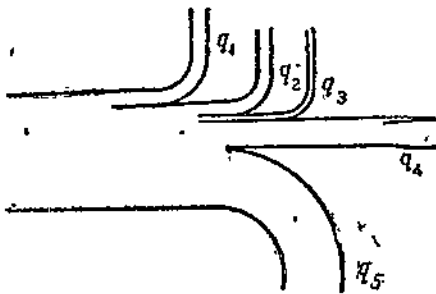
д) потери тепла с уходящими из печи горячими газами q_5 выражаются обобщенной цифрой 45—50%;

Последние потери тепла носят еще название потерь в дым, и так как они очень велики, то их стремятся использовать.

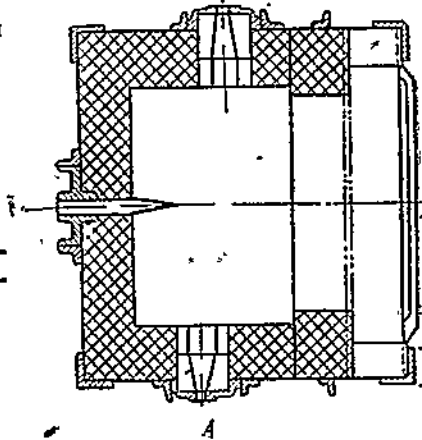
С этой целью ими обогревают котлы и используют для подогрева поступающего в топку воздуха и газа.



Фиг. 74. Камерная печь, работающая на нефти



Фиг. 75. Схема использования тепла в печи



Фиг. 76. Небольшая печь типа Роквелла

Топка дает в печь $Q_{\text{кал}}$ тепла; приняв приведенные выше обозначения, можно написать, что

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5.$$

Печи Роквелла. Большим распространением в автотракторной промышленности пользуются нефтяные печи Роквелла для нагрева заготовок под штамповку. Особенность их заключается в

том, что в них воздух подогревается в примитивных рекуператорах в виде одной или нескольких труб, помещенных в канале для выхода отходящих газов.

Печи Роквелла имеют железный каркас, облицованный железными листами (4—6 мм) и выложенный изнутри огнеупорным кирпичом. Печь стоит на колонках на полу мастерской и ее можно переносить; при ремонте печь уносят в мастерскую и на свободное время ставят другую такую же печь.

На фиг. 76 представлена небольшая печь Роквелла. Под печи имеет прямоугольную форму и с одной стороны желобок для отвода шлака. Две форсунки *A* поставлены в боковых противоположных стенках; они смещены друг относительно друга, так что происходит завихрение пламени и, как следствие, увеличение теплопередачи и ускорение нагрева.

Эта печь работает без дымовой трубы. Газы выходят через садовое окно и под действием воздушного заслона *K* поднимаются вверх по каналу между стенкой печи и охлаждаемым с внешней стороны водой козырьком *d*. В этом канале расположена труба рекуператора, подводящая к форсункам воздух, который при этом нагревается до 100° и более. В зависимости от размеров печи рекуператор может состоять из нескольких труб.

К недостаткам печи Роквелла следует отнести отсутствие камеры сгорания. Ее функции выполняет само рабочее пространство печи, и нагрев металла происходит в атмосфере, содержащей несгоревшие газы и свободный воздух, что нежелательно и увеличивает образование окалины.

Производительность этих печей колеблется от 200 до 400 кг нагретой стали с 1 м² пода в час.

Камерные печи имеют небольшую разность температур у порога печи и у выходного отверстия, через которое газы уходят в дымоход или в атмосферу цеха. Так, например, для печи согласно фиг. 74 при температуре у порога в 1250—1300° температура уходящих газов у отводного отверстия будет 1150—1200°. В печах типа Роквелла эта разница будет еще меньше и рабочее пространство печи имеет почти одинаковую температуру. Заготовки сажают в печь с высокой температурой, что допустимо для заготовок малого размера из мягкой стали.

Как известно, при таких условиях нагрева поверхность заготовки быстро нагревается, температура середины будет отставать, и заготовка будет иметь различную температуру по поперечному сечению, в результате чего возникают напряжения в металле, которые увеличиваются в связи с изменением объема при превращении, что может повести к образованию трещин.

Ввиду этого печи системы Роквелла применяются только для нагрева заготовок небольшого размера и притом для тех сортов стали, которые не требуют постепенного медленного нагрева.

ва, как, например, легированные, обладающие меньшей теплопроводностью, чем стали углеродистые. В случае необходимости нагрева более крупных болванок (до 1 т) последние загружаются холодными в печь с низкой температурой (например 300°) и затем нагреваются медленно при постепенном подъеме температуры вместе с печью. Для таких случаев это положение является общим правилом для всех камерных печей, независимо от их величины.

На фиг. 77 представлен разрез американской печи типа Роквелла с отводом газов вниз.

Камерные печи для нагрева поковок бывают различных размеров и имеют одно или несколько садочных окон.

На фиг. 78 изображена работающая на газовом отоплении камерная печь с диффузионной горелкой и пластинчатым рекуператором. Железный каркас печи установлен на четырех подставках из углового железа. Кладка пода, стен и свода сделана из огнеупорного кирпича. Газовая горелка расположена в торцевой части печи. Газ подводится по трубе, а по другой трубке подводится газ для образования в печи газового нейтрального покрова, чтобы предотвратить окисление поковки.

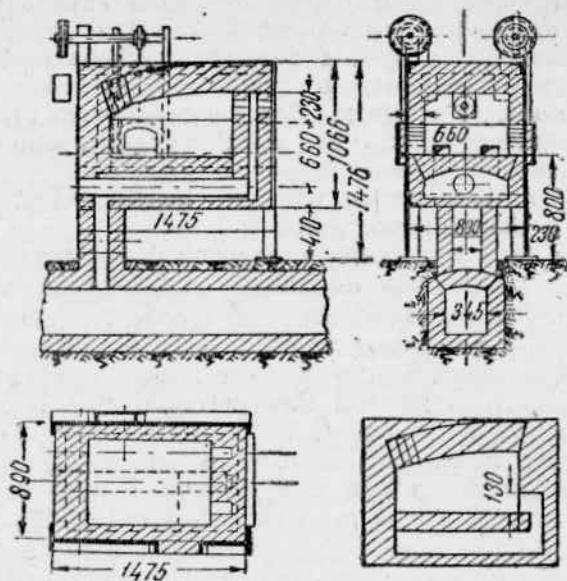
Из рабочего пространства печи газы выходят через канал *K* вверх и поступают в пластинчатый рекуператор, расположенный сверху печи, и затем в атмосферу. Воздух от вентилятора через воздухопровод поступает в пластинчатый рекуператор и далее по трубе в горелку.

Эта печь имеет тот же недостаток, что и описанные выше камерные печи: отсутствует камера сгорания, вследствие чего в рабочем пространстве имеется свободный кислород; поэтому применяют впуск защитного нейтрального газа в нижнюю часть печи.

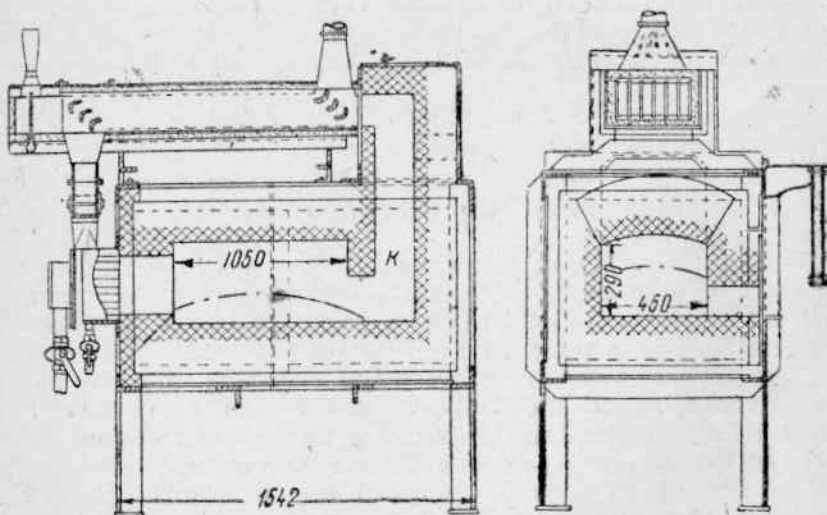
Производительность подобного рода печей — около 400 кг нагретого металла на 1 м² пода в час.

Камерные печи большого размера строятся с рекуператорами или регенераторами, что несколько снижает расход горючего.

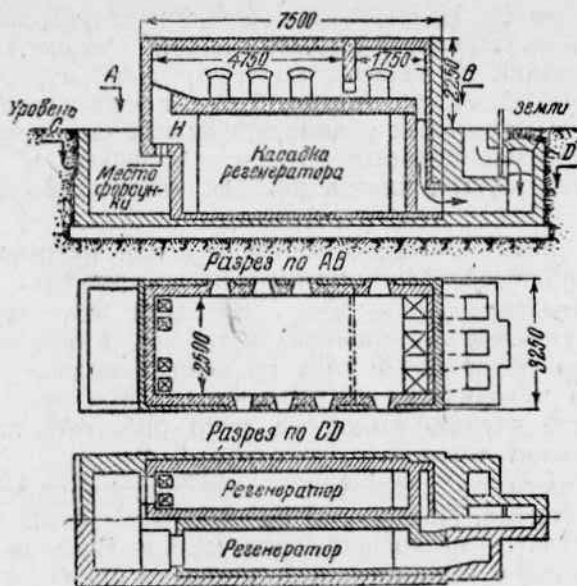
В печи (фиг. 79) с двумя камерами в одной происходит подогрев, а в другой — окончательный нагрев слитков или заготовок. При повторном нагреве в процессековки поковка сажается в камеру с высокой температурой. Форсунки расположены вертикально и выходят в камеру сгорания. Первая камера низкой температуры имеет три садочных окна и площадь пода около 10 м², вторая камера отделена от первой стенкой, не достигающей до пода. Отходящие газы проходят через клапан, в зависимости от положения которого они направляются в один или другой регенератор. Два регенератора расположены под печью. Когда через один из них проходят горячие газы, через другой пропускается воздух. Если печь работает без подогрева воздуха в регенераторах, дымоотводящий канал путем откры-



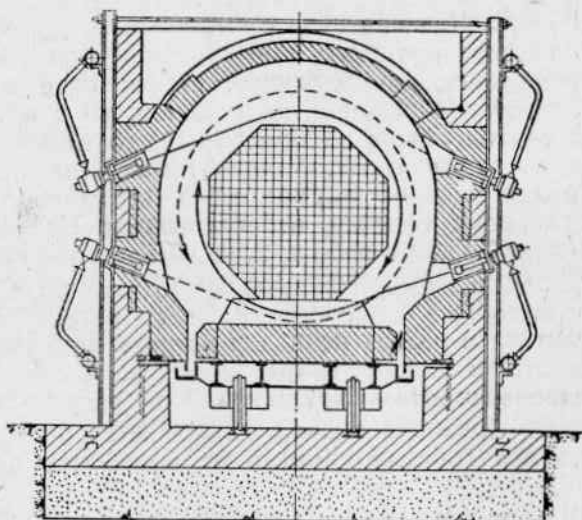
Фиг. 77. Разрез американской печи типа Роквелла



Фиг. 78. Камерная печь с диффузионной горелкой и пластинчатым рекуператором



Фиг. 79. Печь с подогревательной камерой



Фиг. 80. Печь с выдвигаемым подом для нагрева крупных слитков

тия специальной задвижки соединяется непосредственно с дымовой трубой.

Камерные печи с подогревом воздуха в рекуператоре имеют конструкцию, аналогичную вышеописанной. Рекуператор расположен под печью; он состоит из труб жароупорного чугуна круглого или овального сечения. Печи с рекуператором следует ставить в молотовых кузницах, так как они лучше выдерживают сотрясения, которые бывают при работе молотов, чем печи с регенераторами, кладка насадок которых быстро разрушается.

Камерные печи применяются также для нагрева крупных слитков при тяжелой ковке под ковочными прессами.

Печи имеют выдвижной под. Клепаная железная тележка выложена шамотной футеровкой, которая и является подом печи. Выкатка подвижного пода из печи и подача его в печь производятся механически посредством цепей и электролебедки. В большинстве случаев подобные печи работают на жидком или газообразном топливе.

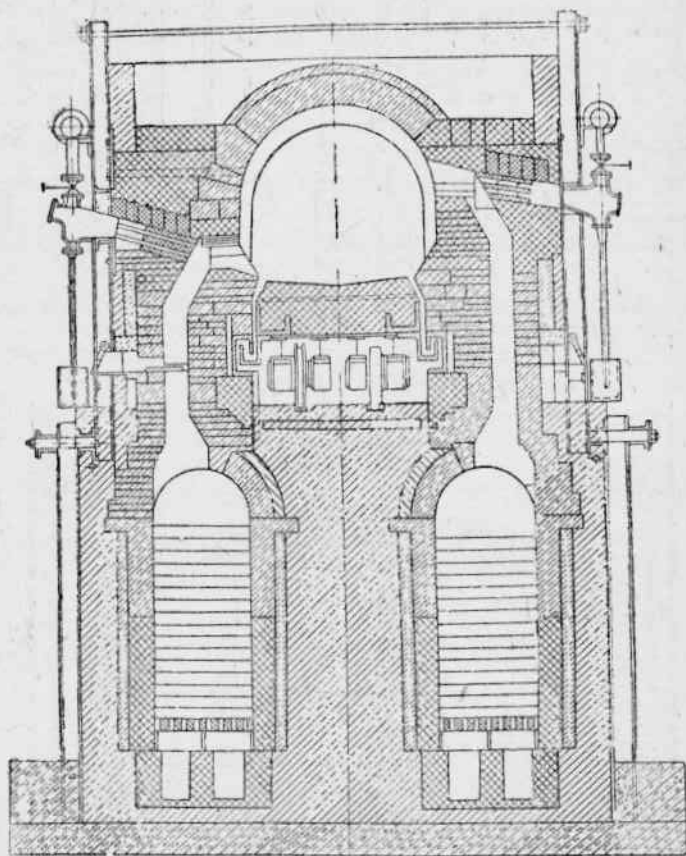
В зависимости от характера производства размеры печей бывают различными. При работе на небольших слитках на поде печи располагается несколько слитков; при тяжелой ковке из крупных слитков в печь загружается только один слиток и температура в печи поднимается постепенно, чтобы обеспечить медленный, постепенный нагрев выше температуры превращения, после чего нагрев производится с приблизительно удвоенной скоростью.

На фиг. 80 представлена печь с выдвижным подом для индивидуального нагрева крупного слитка. Форсунки или газовые горелки расположены в продольных стенах печи в два ряда. Горелки работают попеременно, то с одной, то с другой стороны. Так как слиток лежит на подставках, то пламя охватывает его как сверху, так и снизу. Можно пускать верхние горелки одной стороны и нижние другой; через некоторый, небольшой промежуток времени горелки переключаются. Конечно, не исключена и одновременная работа всех четырех горелок.

Изображенная на фиг. 80 печь работает без подогрева воздуха, но подобные печи строят и с регенераторами. На фиг. 81 представлен разрез печи для нагрева крупных слитков. Подобные печи, на газообразном топливе, были построены на нашем заводе-гиганте — Уралмаше. При нагреве в камерных печах большого размера металл покрывается большим слоем окалины, так как горение происходит в рабочем пространстве печи.

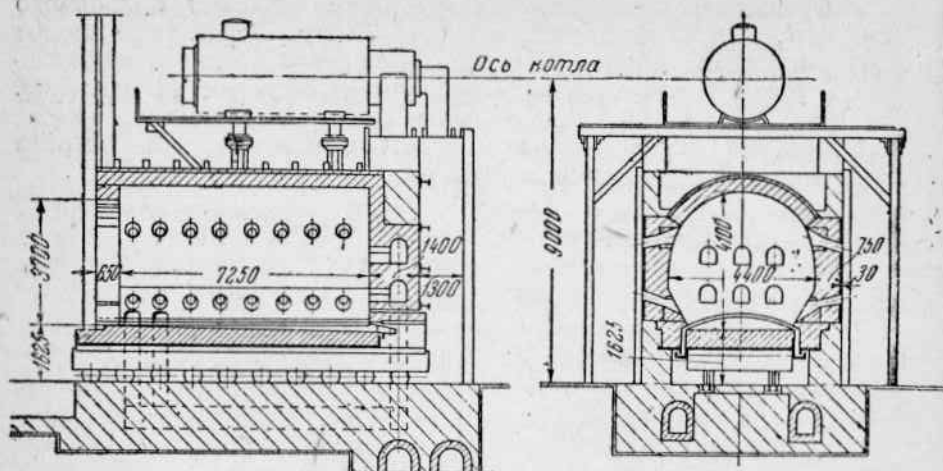
Камерные печи для нагрева крупных слитков иногда устраивают с утилизацией тепла отходящих газов, для чего поверх печи или рядом ставится паровой котел, как это показано на фиг. 82, под который и поступают газы по выходе из печи.

Карусельные печи. Карусельные печи бывают кольцевого (см. фиг. 72) и тарельчатого типа. Карусельные печи имеют круглую форму, причем под печи вращается в одном направлении, а поток горячих газов в печи имеет обратное направление. На фиг. 83 показана карусельная печь тарельчатого типа, поставленная на Челябинском тракторном заводе для нагрева заготовки для штамповки шестерни.

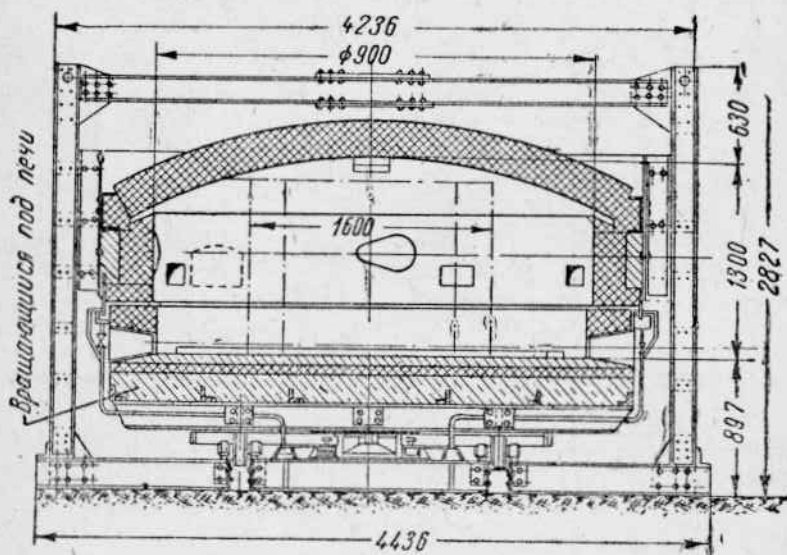


Фиг. 81. Печь с регенераторами для нагрева крупных слитков

Стены печи подвешены к железным стойкам. Куполообразный свод перекрывает печь, опираясь на стены. Нижняя часть печи состоит из круглого пода и выложенных на нем небольших стенок, в которых имеются окна. Под печи выложен из огнеупорного кирпича на клепаном железном поддоне, к нижней части которого прикреплены круглая зубчатая рейка и обод из фасонного железа, опирающийся на закрепленные на нижней балке шесть роликов.



Фиг. 82. Газовая печь для нагрева больших слитков с котлом (над печью), утилизирующим тепло отходящих газов



Фиг. 83. Карусельная печь тарелочного типа

Устойчивость вращения достигается устройством цилиндрической цапфы в центре поддона, вращающейся в неподвижном подпятнике, прикрепленном к нижней балке. Зубчатая рейка получает движение через шестеренку редуктора, связанного с электромотором.

Отопление карусельных печей может быть нефтяное или газовое. Форсунки или горелки расположены в стене в тангенциальном направлении.

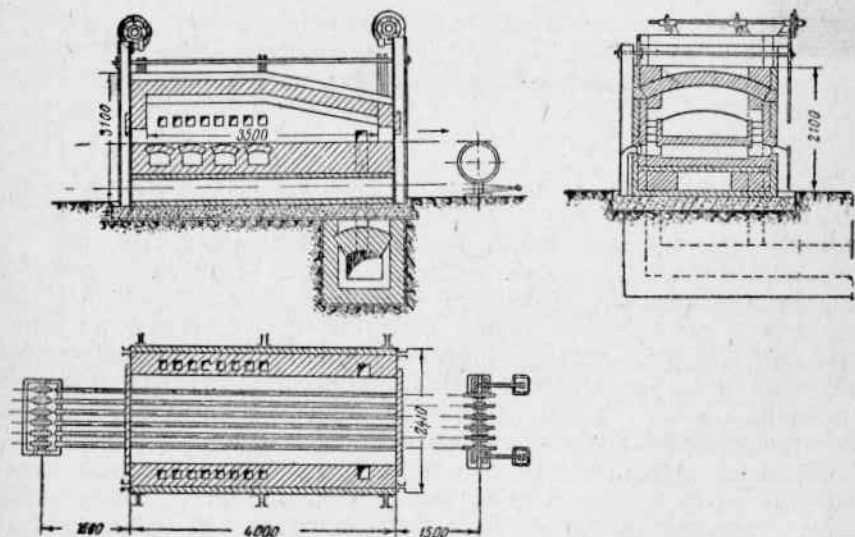
Для предотвращения засасывания воздуха в печь или для предупреждения выброски пламени из печи через щель между неподвижной и подвижной частями печи устроен водяной затвор у наружной стороны печи.

Приводный механизм помещен на полу рядом с печью. Число оборотов может регулироваться.

Описанная печь рассчитана на производительность 1010 кг/час при напряжении пода 220 кг/м² час.

Другим типом механизированных печей являются печи конвейерные и с шагающим механизмом для перемещения заготовки в печи. Эти печи применяются для нагрева заготовки небольшого размера (50—80 мм) и листов.

Конвейер представляет собой несколько идущих параллельно цепей Галля из жароупорной стали. Печь имеет удлиненную форму. Цепи конвейера выходят из торцевых сторон печи и, обогнув барабан, проходят по тоннелю под сводом, поддерживаемым под печи. Барабаны вращаются через редуктор от электромотора. Эти печи применяются чаще для нагрева под термообработку до невысоких температур (фиг. 84).

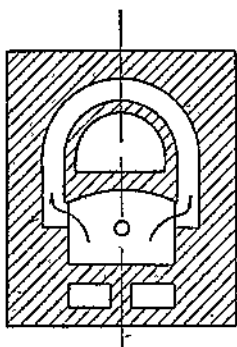


Фиг. 84. Конвейерная печь

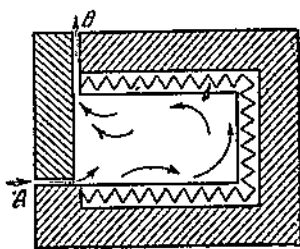
Конвейерные печи также применяются для нагрева концов прутков для штамповки путем высадки на горизонтально-ковочной машине. Так как конвейер находится вне печи, то температура печи может быть произвольно высокой, как у обычной

камерной печи. Печь имеет по длинному фасаду щель, через которую проходят прутки, уложенные на конвейер. Скорость конвейера отрегулирована так, чтобы за время перемещения прутка от одного конца печи к другому конец прутка нагрелся до требуемой температуры.

Форсунки или горелки расположены в нижней части печи; отходящие газы выходят из рабочей камеры печи через отверстия в своде в атмосферу мастерской. Электромотор с редуктором помещаются под конвейером. Скорость цепи конвейера может быть регулируема.



Фиг. 85. Схематический разрез муфельной печи



Фиг. 86. Схематический разрез нагревательной электропечи

Муфельные печи. Печи не непосредственного нагрева, в которых горячие газы печи не соприкасаются с нагреваемой заготовкой или поковкой, носят название муфельных. На фиг. 85 представлен схематический разрез подобной печи. Заготовка, подлежащая нагреву, помещена в муфеле, представляющем собой короб, открытый с одной стороны, прилегающей к садочному окну. Муфель изготовляется из шамота, чугуна, жароупорной стали и из карборунда (карбид кремния). Муфель помещен в печи и со всех сторон омывается горячими газами. Раскаленные стенки муфеля излучают тепло в рабочее пространство печи и нагревают расположенную в нем заготовку. По такой передаче тепла уже можно судить, что к. п. д. муфельной печи очень низок и зависит от вещества, из которого сделан муфель. Если муфель сделан из шамота, то теплопроводность шамота при высоких температурах в среднем может быть принята в $1,2 \text{ Кал/м} \cdot \text{час} \cdot ^\circ\text{C}$.

Температура в муфеле будет ниже температуры омывающих его газов.

При карборундовом муфеле теплопроводность будет около $8,5 \text{ Кал/м} \cdot \text{час} \cdot ^\circ\text{C}$; а для чугунных муфелей — $39 \text{ Кал/м} \cdot \text{час} \cdot ^\circ\text{C}$.

Карборундовые муфели применяются при нагреве выше 760° . Производительность печи с шамотным муфелем по сравнению с печью с непосредственной передачей тепла очень низкая; при карборундовом муфеле она составляет 80—85%, а при чугунном почти 100% от производительности печи с непосредственной теплопередачей.

Электropечи. Электropечи применяются главным образом для нагрева под ковку заготовок из сплавов цветных металлов.

Печь представляет собой коробку (фиг. 86) из огнеупорного кирпича, у стен и у свода которой расположены элементы сопротивления, нагреваемые проходящим через них током. Передача тепла нагреваемому металлу происходит через лучеиспускание раскаляемых током элементов сопротивления, изготовляемых обычно из хромоникелевых сплавов.

При таких элементах сопротивления для температуры печи в 650° каждый квадратный сантиметр поверхности ленты сопротивления может быть нагружен до 2,5 вт, а для температуры в 1000° только в 1,1 вт, причем эти нагрузки являются предельными.

Производительность печи можно определить, исходя из сьема в 280 кг/м^2 в час.

Условия работы нагревательных печей и их производительность. Нагрев металла в печи возможен только в том случае, когда температура среды, окружающей металл, будет выше температуры нагреваемого металла или, другими словами, когда омывающие металл газы и свод печи будут иметь более высокую температуру, чем металл, лежащий на полу печи. Максимальная температура, по исследованиям Шаака, устанавливается на середине высоты печи, причем эта температура выше температуры свода приблизительно на 70° вследствие потери сводом тепла путем конвекции и лучеиспускания. На основании своих опытов Шаак установил, что разность между максимальной температурой печи и нагреваемого металла может быть до 250° . Нагрев металла в печи производится тем быстрее, чем разность температуры печи и нагреваемого металла будет больше.

Коэффициент теплопередачи, по заключению Шаака, в зависимости от температуры печи может колебаться в пределах от $70 \text{ Кал/м}^2 \cdot \text{час}$ у садного окна до $300 \text{ Кал/м}^2 \cdot \text{час}$ у выходного окна печи.

Передача тепла нагреваемому металлу в печи происходит путем лучеиспускания и конвекции, причем в различных местах печи значение того или другого вида теплопередачи бывает различным.

В 1931 г. Шааком были проделаны опыты для решения этого вопроса, результаты представлены в табл. 15.

Таблица 15

I Передача тепла нагреваемому металлу

Вид теплопередачи	Передача тепла металлу от разных видов теплопередачи, Кал/м ² час		
	в начале методической камеры	в сварочной части печи	в середине печи
Лучеиспускание газов и пламени . . .	48	54	54
» свода и стен	23	34	34
Конвекция	29	7	12

По данным других исследователей, передача тепла лучеиспусканием доходит до 90—97%.

В методической печи в части ее, прилегающей к садочному окну, преобладает передача тепла конвекцией, поэтому свод печи делается ниже, чтобы прижать проходящие газы, к нагреваемому металлу, а в сварочной части печи, где преобладает передача лучеиспусканием, поверхность рабочего пространства делается больше путем увеличения ее высоты. Вследствие такой конструкции печи скорость газа в сварочной части печи принимают равной 1—1,5 м/сек, а в методической 2—3 м/сек.

Производительность печи можно определить, когда известно, сколько можно нагреть металла на квадратном метре пода печи за один час, т. е. когда известна напряженность пода печи. В некоторых случаях при стахановских методах работы напряженность пода достигала 800—1000 кг/м²·час вместо обычных 200—300 кг/м²·час.

Расход топлива. Расход топлива на нагрев металла в печах может быть весьма различен и зависит от следующих факторов.

1. Неполнота процесса горения вследствие недостаточной подачи воздуха, плохого смешения воздуха и газа, условий сжигания топлива. При неполноте процесса горения уходящие газы содержат значительное количество окиси углерода CO, а по исследованию Шаака 1% CO в отходящих газах вызывает уже потерю 3—4% тепла и понижает температуру печи на 90°. Объясняется это тем, что углерод, сгорая в углекислоту, развивает около 8000 Кал, а сгорая в окись углерода—всего 2500 Кал.

2. Потери от охлаждения подовых труб водой, дверок у окон печей, перекидных клапанов, Блау-Нокс, водяных завес и пр. Потери этого рода достигают иногда 8—15%.

3. Потери тепла со шлаком доходят до 1,0—1,5% от теплотворной способности топлива.

4. Потери при работе на твердом топливе вследствие падения через колосники мелких кусков угля, а также уноса частиц угля потоком воздуха и газов в дымоход. Общие потери

тепла со шлаком, уносом и в золе могут доходить до 6—9% от теплотворной способности угля.

Печи, работающие на нефти, потерь этого рода не имеют.

5. Потери тепла через дверцы, стены, свод и под печи довольно значительны.

6. Потери тепла с уходящими из печи газами весьма велики (около 50% и больше) и для их уменьшения следует утилизировать это тепло путем нагрева ими подаваемого в топку или горелкам и форсункам воздуха, или путем направления их в топку парового котла для получения пара.

7. Сравнительно незначительная часть тепла идет на нагрев металла. Это количество тепла может быть определено по формуле:

$$Q_{\text{кпл}} = G(C_0^{t_2} t_2 - C_0^{t_1} t_1),$$

где Q — количество тепла в калориях;
 G — вес нагреваемого металла;
 $C_0^{t_2}$ и $C_0^{t_1}$ — средние теплоемкости при t_2 — температуре нагрева и t_1 — начальной температуре металла.

Для каждой печи и заготовки данного размера может быть установлен такой режим нагрева, при котором расход топлива будет наименьшим. При чрезмерной форсировке печи и повышении напряженности пода производительность повышается, но зато чрезмерно возрастает и расход топлива.

Средние расходы топлива для разного рода печей, согласно данным Триинкса, приведены в табл. 16.

По исследованиям Моугиннея, расход тепла в кузнечной печи с температурой 1200° составляет 1000 Кал/кг нагреваемого металла, что соответствует к. п. д. печи в 18,7%, у прокатных методических печей 500 Кал/кг металла, а к. п. д. — около 40%; у прокатных камерных печей с температурой 1300° расход тепла 1170 Кал/кг и к. п. д. печи при этом составляет всего 17,7%.

Более высокий к. п. д. (52—54%) может быть достигнут в больших методических печах при расходе топлива в 350—450 Кал/кг.

Для определения к. п. д. печи необходимо произвести наблюдения над работой печи за определенный промежуток времени, причем нужно определить количество нагретого за этот период металла и его среднюю температуру и количество сожженного за этот период времени топлива.

Если вес нагретого металла G , конечная температура t_2 и начальная t_1 , средняя теплоемкость (при температуре t_1 и t_2) $C_0^{t_2}$ и $C_0^{t_1}$, то количество тепла для нагрева металла:

$$Q_M = G(C_0^{t_2} t_2 - C_0^{t_1} t_1)$$

Таблица 16

Средний расход топлива

Процесс	Материал	Тип печи	Расход топлива, Ккал/м ²		Средний термический к.п.д., %
			средний	наименьший	
Свободная ковка	Сталь	Садочная	1235	—	8,0
			2470	—	15,7
		Вращающаяся . .	840	—	23,0
		Методическая . .	765	—	25,0
»	»	Садочная без регенератора . .	1350	—	8,0
			2470	—	15,7
Штамповка	»	Садочная с рекуператором . . .	1160	—	16,7
Прокатка	»	Методическая без регенератора . .	593	—	32,6
		Методическая с рекуператором . .	494	394	39,0
		Методическая с рекуператором . .	494	395	39,0
		Садочная без регенератора . .	1235	617	15,7
		Садочная с рекуператором . .	1040	470	18,7
		Методическая с толкателем . .	247	185	36,0
		Лагунь			

Обозначив количество топлива, сожженного за этот период времени, через G_1 , а его теплотворную способность через H , количество тепла, полученного в результате горения этого количества топлива, равно $Q_m = G_1 H$.

Коэффициент полезного действия определится как отношение:

$$Q_M : Q_m,$$

или

$$\eta = \frac{Q_M}{Q_m} = \frac{G(C_0^t t_2 - C_0^t t_1)}{G_1 H}$$

или

$$\frac{Q_M \cdot 100}{Q_m} \%.$$

Как уже было указано, все тепло, полученное в результате горения топлива в печи, только в своей небольшой части идет на нагрев металла, а значительно большая часть уносится отходящими газами и составляет потери и т. д. Инженер Карабин определил различные потери тепла и на основе этих дан-

ных составил таблицу, в которой указан довольно низкий к. п. д. для различных печей (табл. 17).

Таблица 17

Распределение тепла в печи на нагрев металла и потери

Составляющая баланса	Д л я п е ч е й		
	камерных	трехкамерных	больших камерных
Тепло, использованное для нагрева металла, %	7,5	8,5	14,8
Тепло, уносимое отходящими газами, %	55,5	50	35,6
Химическая неполнота горения, %	4,5	11,5	4,0
Прочие потери (теплоизлучение), %	32,5	30,0	45,6
Итого	100	100	100

Изложенный выше материал дает возможность определить продолжительность нагрева металла и площадь пода нагревательной печи, которая должна обеспечить определенную производительность; приведенные данные позволяют также определить расход топлива.

Кузнечные горны на твердом топливе. Самым простым прибором для нагрева поковок является кузнечный горн, который известен был задолго до нашей эры. Ими пользовались еще греки и римляне.

Для отопления горнов применяется твердое топливо в виде спекающегося угля, кокса и древесного угля. В новейших горнах начали применять жидкое (нефть) и газообразное топливо.

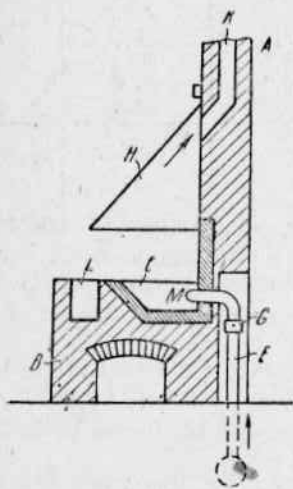
Горн простого устройства представлен на фиг. 87. К стене *A* примыкает возвышение *B* в форме стола, которое имеет углубление *C*, служащее очагом. Здесь располагается горючее — каменный уголь, кокс. Сюда же введено сопло *M*, от воздухопроводной трубы *E*, которая подводит в очаг воздух, подаваемый вентилятором. Количество подаваемого воздуха регулируется заслонкой *G*. В горне помещен чугунный ящик *L*, который наполняется водой и служит для охлаждения кузнечного инструмента.

Горн делается не сплошным, а имеет внутри арку, которая является помещением для хранения разного рода инструмента. Очаг *C* выложен огнеупорным кирпичом, точно так же, как и вертикальная стена горна *A*, к которой прикреплен зонт *H* для улавливания поднимающихся из очага горячих газов и дыма. Верхняя часть зонта примыкает к дымоходу *K*.

Описанный горн является самым простым по своему устройству. В последнее время вместо кирпичных горнов начали применять комбинированные горны, сделанные частью из метал-

ла, частью из кирпича. Последний является только футеровкой снегового места горна.

Подобный горн представляет собой чугунный или железный сварной короб на подставках (фиг. 88). Этот короб имеет углубление для очага, выложенное огнеупорным кирпичом. Рядом расположен чугунный ящик, наполненный водой для охлаждения инструмента. Воздух подводится обычно снизу, а отходящие газы улавливаются зонтом, который часто делается передвижным, что позволяет давать ему больший или меньший наклон.



Фиг. 87. Простейший одноогневой горн



Фиг. 88. Клепанный горн с откидным зонтом

В современных горновых установках газы, попадающие под зонт, отсасываются эксгаустером.

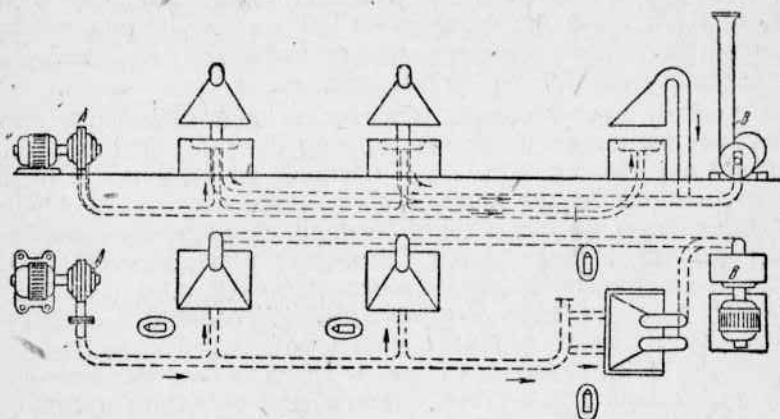
На фиг. 89. представлена такая установка, состоящая из трех горнов. Газы поднимаются вверх, попадают под зонт, откуда отсасываются эксгаустером через каналы под полом цеха в дымовую трубу В.

В подобных горнах для подвода воздуха делаются фурмы, представленные на фиг. 90 и 91. Фурма на фиг. 90 имеет тонкие прорезы для прохода воздуха струями в огневое пространство.

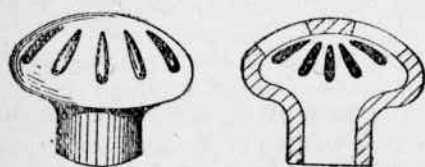
Малый размер щели необходим для того, чтобы в случае попадания на фурму горячий шлак не смог пройти через щель и засорить фурму, с которой он может быть легко счищен.

На фиг. 91 представлена фурма с регулировкой подачи воздуха. Воздух подается в камеру S и далее поступает в горн

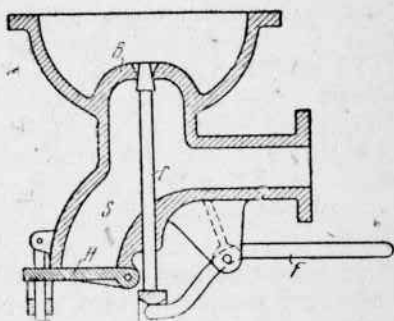
через кольцевую щель, образуемую в стенках камеры *B* коническим наконечником стержня *C*, который рычагом *F* может перемещаться вертикально для изменения количества подаваемого в горн воздуха. Камера *S* имеет еще боковое, закрываемое крышкой *H*, отверстие, через которое удаляются мелкие угольки, зола и пепел, которые могут упасть из горна.



Фиг. 89. Установка на три горна с отсосом газов эксгаустером



Фиг. 90. Чугунная грибообразная фурма



Фиг. 91. Фурма с регулировкой подачи воздуха

К. п. д. кузнечных горнов чрезвычайно низок. Так, например, большой кузнечный горн за восьмичасовую смену при интенсивной работе потребляет до 60 кг каменного угля и производит нагрев 170 кг железа до 1100° . Таким образом на нагрев 1 кг железа расходуется 0,35 кг угля. При сварочных работах расход угля еще больше.

Примем теплотворную способность угля в 7000 Кал и теплоемкость железа 0,11. Тогда на 1 кг железа при нагреве его

до 1100° потребуется израсходовать $1 \cdot 0,11 \cdot 1100 = 121$ Кал. Так как 60 кг угля при сжигании дают 420 000 Кал, а нагрев 170 кг стали требует 20 570 Кал, то, разделив последнее число на первое, получим к. п. д., равный 0,05, или 5%. В действительности же к. п. д. кузнечных горнов бывает еще ниже — в среднем около 3%.

Кузнечные горны, которые работают на каменном угле и коксе, требуют давления воздуха от 100 до 200 мм вод. ст., хотя старые установки во многих случаях работают при более низком давлении — от 50 до 80 мм вод. ст.

По данным одной фирмы, изготовляющей кузнечные горны, при фурме диаметром в 30 мм горн требует $1,3 \text{ м}^3/\text{мин}$ воздуха при давлении 125 мм вод. ст. и расходе энергии 0,2 л. с. При трех фурмах по 30 мм каждая расход воздуха будет $4 \text{ м}^3/\text{мин}$ и расход работы 0,35 л. с. При 30 фурмах диаметром по 30 мм каждая расход воздуха будет $38 \text{ м}^3/\text{мин}$ при давлении 200 мм вод. ст. и расходе энергии на вентилятор 3,2 л. с. Тем же количеством воздуха можно обслужить 17 горнов с диаметром фурм в 40 мм или 11 горнов с диаметром фурм 50 мм.

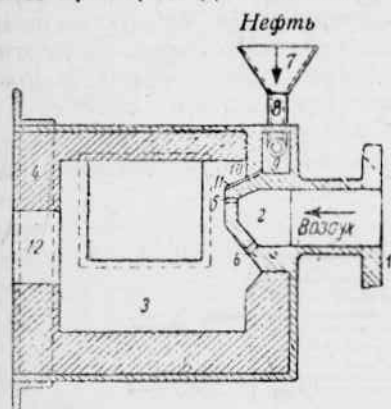
В общем расход воздуха на 1 кг угля выражается $10,5 \rightarrow 17 \text{ м}^3$, а для кокса $12 \rightarrow 15 \text{ м}^3$, причем для сгорания в закрытом пространстве требуется воздуха на 10—20% больше.

Нефтяные горны. Для отопления нефтяных горнов применяются чистая нефть, мазут, а также каменноугольная смола. Теплопроизводительность различных сортов жидкого топлива бывает различная — в среднем 9 500—10 000 кал. Для сжигания 1 кг нефти требуется $15 \rightarrow 20 \text{ м}^3$ воздуха при температуре 15° . Кроме того, для распыливания требуется воздух более высокого давления. Чаще всего применяют воздух с давлением 400—600 мм вод. ст., но в некоторых случаях это давление повышают до 1,5 и 2 м вод. ст.

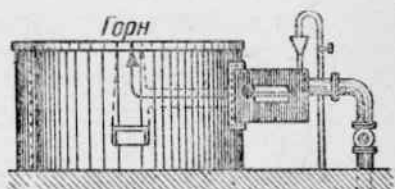
Существенной частью нефтяного горна является камера сгорания. На фиг. 92 представлена камера сгорания. Нефть поступает через воронку 7 и трубку 8 в камеру 9, а воздух — через камеру 2 и отверстия 5 и 6. Нефть из камеры 9 тонкими струйками стекает по наклонной плоскости 11 и подхватывается струями воздуха, выходящими из отверстия 5. Происходит распыливание нефти и сгорание. Часть нефти, которая не успеет распылиться, падает вниз, подхватывается струями воздуха, выходящими из отверстия 6, тоже распыливается и сгорает. Таким образом в камере сгорания 3 с огнеупорными стенками 4 происходит смешение нефти с воздухом и полное сгорание. Температура получается очень высокая, до белокалийного жара. Газы выходят через отверстие 12 в горн, который представлен на фиг. 93. Как видно на фигуре, камера сгорания расположена справа от круглого горна. Газы выходят из камеры сгорания по горизонтальному каналу, поднимаются вверх и попадают в горн, где и нагревают поковку.

Газовые горны применяются сравнительно редко.

В последнее время во многих случаях заменяют горны мелкими печами, но эта замена целесообразна только при крупносерийном производстве мелких поковок. Для ремонтных же работ горн до сих пор незаменим, так как является универсальным прибором для местного нагрева поковок.



Фиг. 92. Камера сгорания нефтяного горна



Фиг. 93. Нефтяной горн

Приборы для измерения температуры нагрева металла. Еще не так давно температуру нагрева металла определяли на-глаз, по цвету нагретого металла. Примерное соответствие цветов каления определенным температурам представлено в табл. 18.

Таблица 18

Соответствие цветов каления определенным температурам

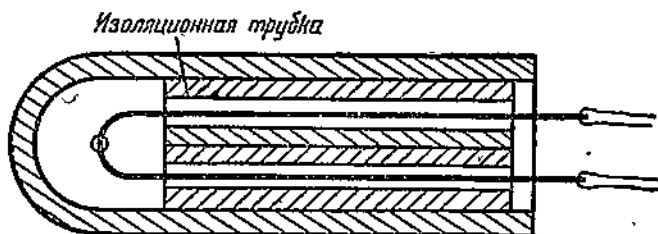
Цвета каления	Кажущийся в темноте красным	Темнокрасный	Темновинно-красный	Вышево-красный	Светловинно-красный	Оранжевый	Светложелтый	Белый
Температура, °С	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300

Определение температуры на-глаз ненадежно, очень субъективно и, следовательно, о точности определения не может быть и речи. К этому следует еще прибавить, что цвета каления зависят от погоды, освещения, опытности и зрения мастера.

Ввиду этого явилась необходимость в таких приборах, при помощи которых можно было бы быстро и точно определять

температуры печей и нагреваемого металла. Эти приборы, предназначенные для измерения высоких температур, носят название *пирометров* (от греческого «пиро»—огонь).

Приборы для измерения высоких температур подразделяются на следующие семь категорий в зависимости от метода, применяемого при измерении: 1) калориметрические, 2) электрические пирометры сопротивления, 3) термоэлектрические, 4) оптические, основанные на утилизации световых и тепловых лучей, 5) dilatометрические, основанные на расширении, 6) приборы, основанные на усадке (сжатии) некоторых веществ, и 7) приборы, основанные на плавлении некоторых веществ. (Эта классификация заимствована из «Металлографии» проф. А. Л. Бабошина.)



Фиг. 94. Схема термопары

В кузнечно-штамповочном производстве применяются главным образом пирометры термоэлектрические и оптические.

Термоэлектрический пирометр изобретен Ле-Шателье в 80-х годах прошлого столетия.

Пирометр состоит из термопары и гальванометра.

Термопара состоит из двух проводок различного состава толщиной 0,6—0,7 мм, спаянных концами. Проволоки должны быть из неокисляемых и тугоплавких металлов. Обычно одна проволока берется платиновая, другая платинородиевая (сплав платины с 10% родия).

Если неспаянные концы проволок соединить проводами с гальванометром, а место спайки концов проволок нагревать, то возбуждается электродвижущая сила, величина которой будет тем больше, чем выше температура нагрева. Ток проходит через гальванометр и отклоняет его стрелку, которая на градуированной шкале и указывает температуру нагрева.

Проволоки термопары заключают в изолирующие трубки, как показано на фиг. 94, а вся термопара помещается в защитную трубку, сделанную из кварцевого стекла или марквартовой массы. Если измеряемая температура не выше 900°, то защитная трубка может быть изготовлена из стали, но при этом необходимо, чтобы проволоки не соприкасались со стенками защитной трубки.

Место соединения концов термопары с проводами (холодный спай), идущими к гальванометру, должно оставаться холодным, и потому в этих местах часто устраивают холодильник, через который протекает холодная вода. Пирометр градуируется обычно при температуре холодного спая, равной 0° . Если она выше нуля, то в показания гальванометра вводят поправку, согласно данным Фогеля, представленным в табл. 19, причем соответствующее показание гальванометра умножают на коэффициент K .

Таблица 19

Поправки к показанию гальванометра по Фогелю

Показания гальванометра, $^{\circ}\text{C}$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Коэффициент K	1	0,89	0,76	0,65	0,59	0,56	0,54	0,52	0,51	0,50	0,49

Внешний вид термопары с гальванометром представлен на фиг. 95.

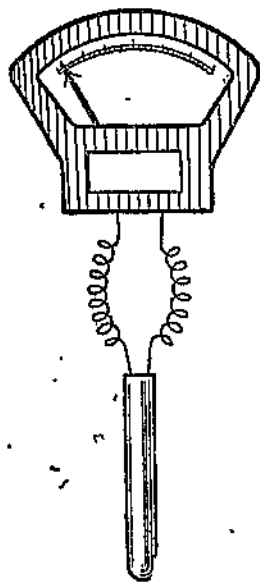
Оптические пирометры очень удобны для измерения температур металла как находящегося в печах во время его нагрева, так и в процессековки, когда требуется прекратить деформацию при определенной температуре поковки.

Устройство этих пирометров основано на том явлении, что сила света, излучаемая нагретым телом, растет с температурой. Если опытным путем найти связь между излучаемой энергией и температурой, то о последней можно судить, определив первую.

С повышением температуры сила света возрастает необычайно быстро. Так, например, если силу света для красного цвета, имеющего длину волны 0,656 м, при 1000° принять за единицу, то при 1500° сила света будет в 130, а при 2000° в 2100 раз больше.

Сила света зависит не только от температуры нагретого вещества, но также и от его природы и поверхности, поэтому различные вещества могут иметь разную силу света при одинаковой температуре нагрева.

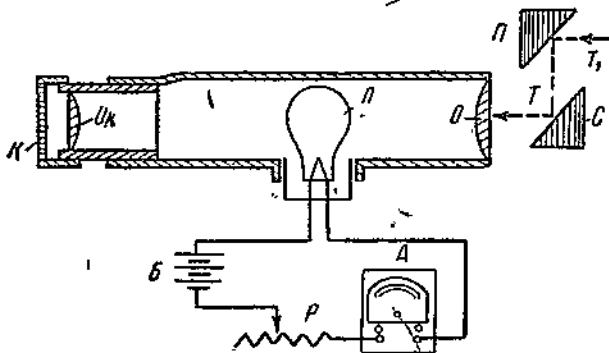
Градуировка оптических пирометров производится по показаниям хорошо выверенных термоэлектрических пирометров.



Фиг. 95. Внешний вид термопары с проводами и гальванометром

На практике самое большое распространение имеют оптические пирометры с исчезающей нитью, к которым относятся пирометры Гольборна и Курльбаума, Арбатского, «Пиропто» и некоторые другие. В этих пирометрах суждение о температуре основано на сравнении яркости раскаленного тела, температура которого подлежит определению, с яркостью нити лампочки накаливания, помещенной в оптическом пирометре.

При этом нить лампочки будет казаться светлой, если яркость ее больше яркости поверхности тела, и темной (черной),



Фиг. 96. Схема оптического пирометра Гольборна и Курльбаума

если яркость лампочки меньше яркости поверхности нагретого тела. Нить лампочки перестает быть видимой («исчезает»), когда яркость нити и поверхности тела будут одинаковы. В этом случае температура нити лампочки будет равна температуре нагреваемого тела, которую необходимо определить.

При определении температуры оптическим пирометром его устанавливают так, чтобы лучи от нагреваемого тела попадали в объектив. Затем пропускают ток от батареи через лампочку и так регулируют его реостатом, чтобы накал нити лампочки был одинаков с яркостью поверхности нагретого тела, температуру нагрева которого определяют, т. е. чтобы нить лампы перестала быть видимой. Показание пирометра в этот момент и укажет температуру нагрева тела.

На фиг. 96 представлена схема оптического пирометра Гольборна и Курльбаума.

Лучи T от нагретого тела, температуру которого надо определить, поступают в объектив O . Приблизительно по середине длины трубы пирометра помещена четырехвольтовая лампа накаливания L , через которую может быть пропущен ток из батареи B ; ток проходит через амперметр A и реостат P . Накал лампы рассматривается через окуляр $Oк$. Когда нить лампы L сделается невидимой, замечают показание амперметра и по таблицам находят соответствующую температуру. Если температура

нагреваемого тела выше 800° , то перед окуляром ставят красное стекло К. Прибор может определять температуру нагрева от 600° и выше.

Когда температура нагретого тела выше температуры нити лампы (около 1500°), то излучение уменьшают посредством двойного отражения от призм II и С, поставленных впереди объектива.

Лампы, применяемые для этого пирометра, проверяются с помощью термозлемента. Так как лампа горит только во время измерения, то она сохраняется долгое время без изменения. Обычно к каждому пирометру прилагаются три лампы с надлежащим удостоверением об их проверке.

Оптический пирометр «Пиропто», построенный по принципу пирометров с исчезающей нитью, отличается своей портативностью, так как в нем зрительная труба, лампа, реостат, батарейка из двух аккумуляторов и измерительный прибор соединены в одно целое и смонтированы на рукоятке.

В этом пирометре измерительный прибор является не амперметром, как в вышеописанном пирометре, а указывает напряжение у зажимов лампы.

Так как напряжение тока изменяется значительно везче, чем сила тока, то этот пирометр дает более точные показания и ввиду чрезвычайной компактности является удобным для определения температур как нагрева слитков и заготовки в печи перед началомковки, так и во время процессаковки.

Первым пирометром, основанным на плавлении, был пирометр Зегера, представлявший собой небольшой конус, изготовленный из смеси кварца, каолина, полевого шпата и белого мрамора.

Изменяя весовое соотношение входящих в конус составных частей, можно получать так называемые конусы Зегера, плавящиеся при определенной температуре. Набором конусов Зегера можно измерять температуру от 600 до 1850° . Если требуется, чтобы температура печи не превышала определенной то в печь ставят конус Зегера соответствующей температуры плавления. Когда конус начнет плавиться, необходимо принять меры к снижению температуры печи.

Позднее Брирли предложил подобные же измерители температур в виде цилиндриков, которые носят название «сентилена». Цилиндрик ставится на фарфоровую тарелочку и помещается в печь; начало оплавления сентилена показывает, что в печи температура достигла той, которая соответствует температуре плавления данного сентилена.

Конусы Зегера и сентилены можно применять для контроля работы печи, температура которой не должна превышать определенной наивысшей в тех случаях, когда печь не оборудована постоянными регистрирующими пирометрами.

РАЗДЕЛ II

СВОБОДНАЯ КОВКА

ГЛАВА VI

МАШИНЫ-ОРУДИЯ ДЛЯ СВОБОДНОЙ КОВКИ

Машины-орудия дляковки и горячей штамповки имеют весьма разнообразное устройство. В машинах-орудиях энергия мотора, пара и сжатого воздуха передается исполнительным органам — бойку и штампу — для воздействия на проковываемый или штампуемый металл ударом или давлением.

Классификация машин-орудий дляковки и штамповки дана на фиг. 97.

Основными машинами являются молоты и прессы. Молоты разделяются на паровоздушные и приводные. К паровоздушным молотам относятся молоты простого и двойного действия, к приводным молотам — молоты рычажные, пружинные, фрикционные и пневматические. В дальнейшем подразделении молоты характеризуются некоторыми деталями, формой станин и системой кинематических передач.

Прессы подразделяются на гидравлические и приводные. Гидравлические и парогидравлические прессы применяются главным образом дляковки и в редких случаях для штамповки. Приводные же прессы применяются главным образом для штамповки.

Все эти машины предназначаются для деформации металла путем свободнойковки или штамповки.

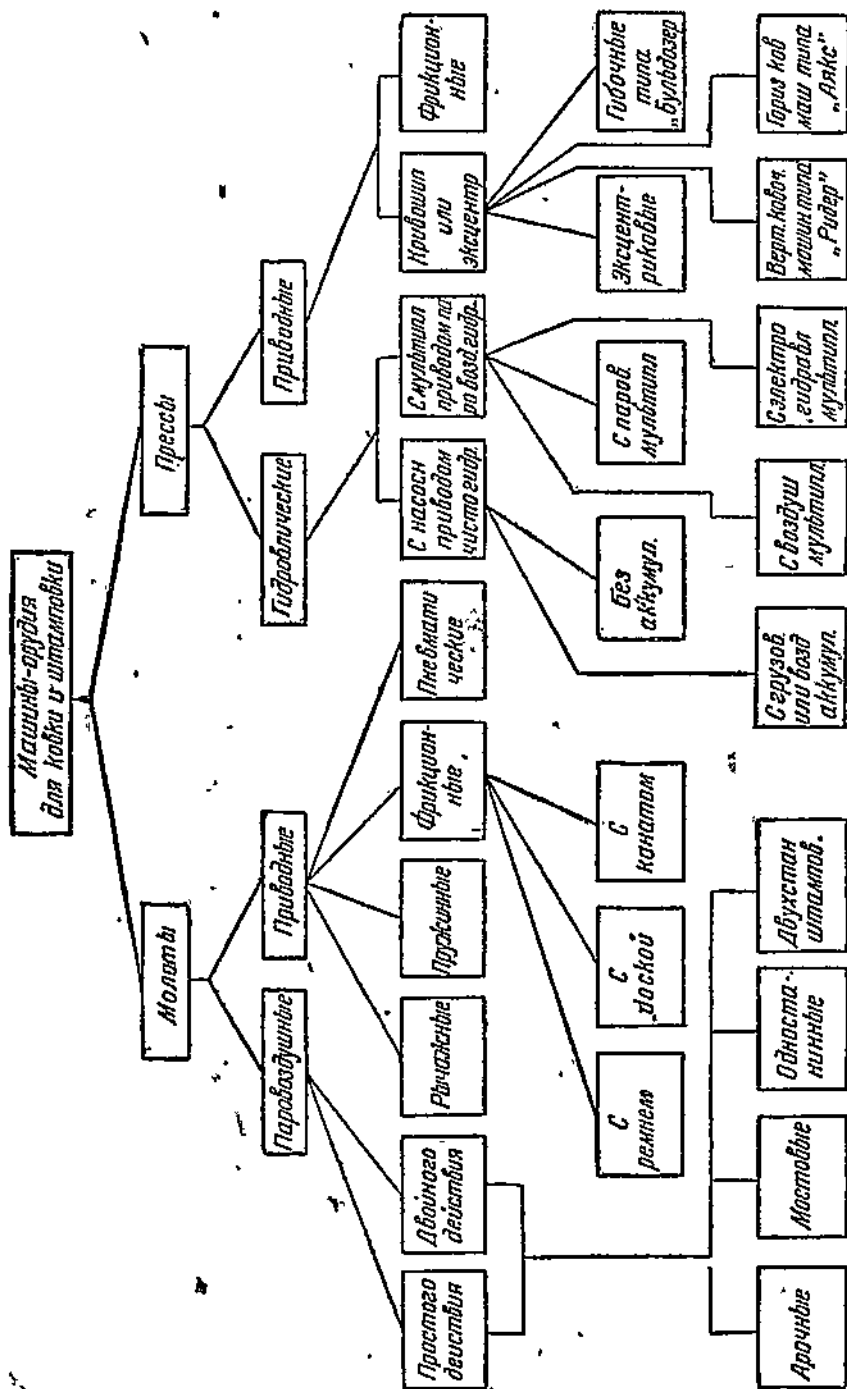
Из вспомогательных машин важнейшими являются ножницы, на которых режут прутковый материал и заготовки дляковки или штамповки.

В настоящее время ножницы строятся для резки заготовки размером до 200×200 мм. вследствие чего применявшаяся прежде рубка подобной заготовки в горячем состоянии под молотом отпадает.

Для производства мелких изделий, а особенно на заводах сельскохозяйственных машин, широко применяются приводные и рессорные молоты.

На фиг. 98 представлен рессорный молот «Аякс». Устройство его чрезвычайно просто.

Коленчатый вал приводит в движение шатун *F*, шарнирно связанный с балансиром *H*, собранным из рессорных листов и

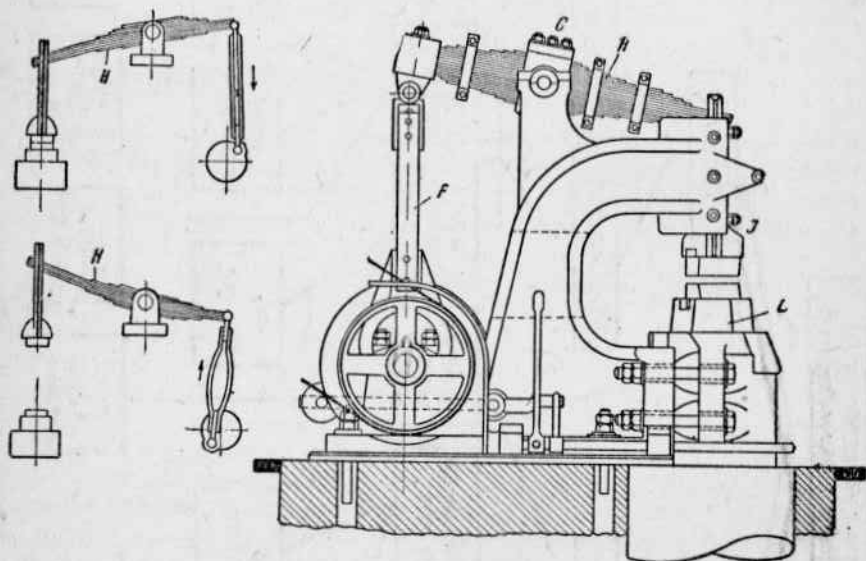


Фиг. 97. Классификация машин-орудия дляковки и штамповки

вращающимся в цапфах *G*. На другом конце балансира подвешена баба молота *I*, скользящая в направляющих.

При качании балансира *H* происходит опускание и подъем бабы *I* молота, и боек наносит удары проковываемому металлу, расположенному на наковальне *L*.

Подобные молоты строятся с весом падающих частей от 30 до 250 кг. Число ходов 300—120 в минуту, причем чем больше вес бабы, тем число ходов делается меньше.



Фиг. 98. Рессорный молот «Аякс»

Длина хода колеблется от 150 до 375 мм в зависимости от размеров молота. Малая модель подобного молота требует 1—1,5 л. с., а для большой модели требуется 10—14 л. с. Самая малая модель молота может ковать заготовку 40 × 40 мм. Большие же молоты могут ковать заготовку со стороной квадрата в 175 мм. Подобные молоты применяются только для свободнойковки.

Когда требуется постоянное усилие удара, применяются рычажные молоты системы Брайлей или им подобные. Однако применение их чрезвычайно ограничено.

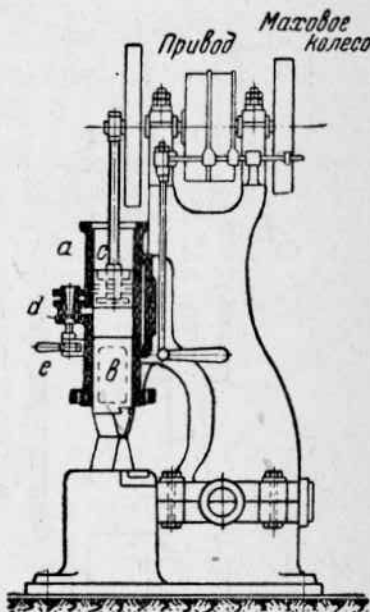
Пневматические молоты. В последнее десятилетие пневматические молоты получили в кузнечном производстве широкое распространение, что объясняется тем, что ковка на этих молотах обходится дешевле, чем на паровоздушных молотах.

Пневматические молоты имеют рабочий цилиндр и компрессор, работающий от привода или отдельного электромотора.

Воздух, сжатый компрессором, подается в цилиндр молота и является таким образом средой для передачи энергии привода бабе молота.

Молоты этого типа могут быть разделены на две группы: одну, в которой рабочий цилиндр и цилиндр компрессора составляют одно целое, и вторую, в которой цилиндр компрессора отделен от рабочего цилиндра.

Первым по времени постройки (1885 г.) из первой группы пневматических молотов является молот Арнса (фиг. 99). На верхней части станины расположен вал, получающий движение через ременную передачу от привода. На одном конце вала насажен маховик, на другом — диск, в котором закреплен палец кривошипа, связанный шатуном с поршнем компрессора. Последний движется в цилиндре *a*, в нижнюю часть которого вставлена баба *b* молота. Цилиндр имеет еще кран *d*, который открывается рукояткой *e*. При вращении вала поршень с имеет возвратно-поступательное движение, причем, когда поршень поднимается, то воздух в цилиндре разрежается и потому баба молота также поднимается. Когда поршень начнет опускаться, то воздух в цилиндре *a* начинает сжиматься и по-



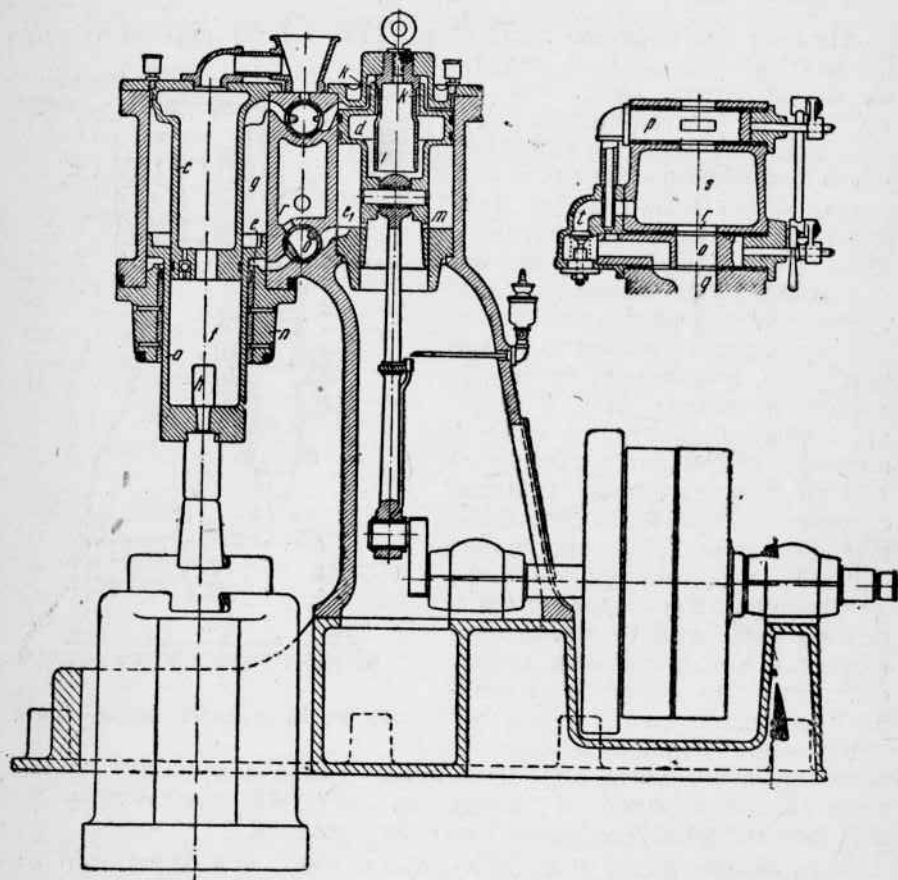
Фиг. 99. Воздушный молот Арнса

тому под давлением сжатого воздуха баба молота опустится вниз и произведет удар. Объем воздуха, заключенный в цилиндре, остается постоянным для каждого отрегулированного состояния молота.

Назначение крана *d* заключается в том, что путем его открывания и закрывания можно изменять объем воздуха в цилиндре, вследствие чего меняется сила удара. Если открыть кран при нисходящем давлении поршня *c*, то воздух в цилиндре будет иметь меньшее давление и, следовательно, меньше будет давление на бабу, а значит и удар будет слабее. Если впустить воздух в цилиндр *a* во время подъема поршня *c* и затем закрыть кран, то объем воздуха увеличится. При опускании поршня *c* произойдет сжатие воздуха в более сильной степени, чем в предыдущем случае, и потому удар бабы, если она была поднята до полной высоты, будет более сильным.

Отсюда следует, что хотя подобные молоты и обладали регулировкой удара, но она была не очень совершенна. Более совершенными являются пневматические молоты типа Беше и Гросс, а также типа Массея с хорошей регулировкой удара.

Пневматические молоты типа Беше и Гросс изготавливает у нас в СССР завод «Красный Профинтерн».



Фиг. 100. Схема пневматического молота Беше и Гросс

На фиг. 100 показан разрез пневматического молота Беше и Гросс, работающего от привода через ременную передачу. В последнее время молоты строятся почти исключительно работающими от отдельного электромотора через леник.

К основной чугунной раме-плите прикреплена на болтах станина, заключающая в себе цилиндр компрессора, к которому болтами прикреплен рабочий цилиндр молота Поршень

d компрессора имеет ступенчатую форму и соединен посредством шатуна с кривошипом, насаженным на конец рабочего вала молота.

В рабочем цилиндре помещен пустотелый поршень f , отросток которого a играет роль штока и бабы молота; на конце отростка a прикреплен боек молота. Нижний боек закреплен в шаботе, который не связан с фундаментной рамой молота.

Направляющими для поршня f являются нижняя крышка цилиндра и надставка n , облицованная с внутренней стороны пластинками, плотно прилегающими к стенкам бабы молота.

Пластинки прикрепляются на шурупах с утопленными головками. Подбором толщины пластинок или путем прокладок всегда можно достигнуть плотного прилегания к поверхности бабы молота. В крышке имеются кожаные манжеты. Баба молота Беше и Гросс имеет форму цилиндра с отсеченными сегментами, что предотвращает возможность вращения бабы.

При движении вверх пустотелая баба движется по направляющему цилиндру c , составляющему одно целое с верхней частью рабочего цилиндра. Для предотвращения удара поршня о верхнюю крышку цилиндра в нижней части бабы закреплен цилиндрической формы отросток h , который при подъеме поршня входит и закрывает отверстие в дне направляющего цилиндра c , вследствие чего в пространстве f воздух начинает сжиматься, и образуется воздушный буфер.

Чтобы в буферном пространстве f при падении бабы не образовалось разрежения воздуха, когда отросток h еще не вышел из направляющего цилиндра, предусмотрен маленький шаровой клапан, через который поступает воздух из направляющего цилиндра в буферное пространство f во время удерживания бабы навесу.

Ступенчатый поршень компрессора в верхней своей части имеет отросток, куда входит втулка i . Внутренняя часть цилиндра ниже поршня компрессора сообщается с атмосферой, так как полость e , при крайнем верхнем положении поршня соединяется через отверстие m с атмосферой. Пространство компрессорного цилиндра поверх поршня сообщается с атмосферой через отверстие k тоже при самом верхнем положении поршня.

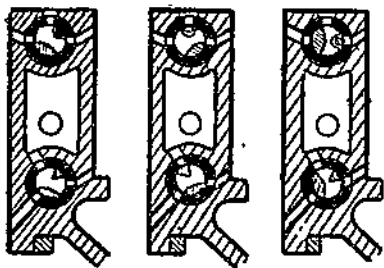
Показанное на фиг. 100 положение кранов соответствует положению удерживания бабы навесу, при этом пространство под поршнем компрессора сообщается с наружной атмосферой.

Рабочий цилиндр соединен с компрессорным цилиндром двумя каналами: канал e соединяет пространство под поршнем рабочего цилиндра с пространством e компрессорного цилиндра, а другой канал соединяет пространство g над поршнем рабочего цилиндра с пространством над поршнем компрессора.

В каждом из каналов имеется по цилиндрическому золотнику. Между цилиндрами компрессора и молота расположена ка-

мера s , которая через отверстие $г$ сообщается с золотником $о$, а через $т$ и обратный клапан—с пространством цилиндра ниже поршня.

При положении золотников, представленном на фиг. 100 (вверху направо), воздух при движении поршня компрессора вниз будет поступать в камеру s , а из нее через канал $т$ и клапан под поршень рабочего цилиндра, и потому баба молота примет свое наивысшее положение. При обратном движении



Фиг. 100а. Разные положения золотников пневматического молота

поршня компрессора воздух из верхней его части будет через верхний канал и золотник $р$ выходить наружу. При таком положении золотников баба будет на-весеу.

При положении золотников на фиг. 100а (срѣдн.) нижняя часть цилиндра компрессора соединена с нижней частью рабочего цилиндра, а верхнее пространство компрессорного цилиндра сообщается с верхней (надпоршневой) частью рабочего цилиндра.

При таком положении молот совершает автоматические удары. Если приоткрыть верхним краном канал для частичного выпуска воздуха в атмосферу, а нижним краном канал для частичного выпуска воздуха в камеру s , то при этом энергия удара соответственно уменьшается.

Когда золотники занимают положение, соответствующее прижиму бабой поковки к наковальне, воздух из нижней части компрессора не может проникнуть под поршень рабочего цилиндра (фиг. 100а, слева).

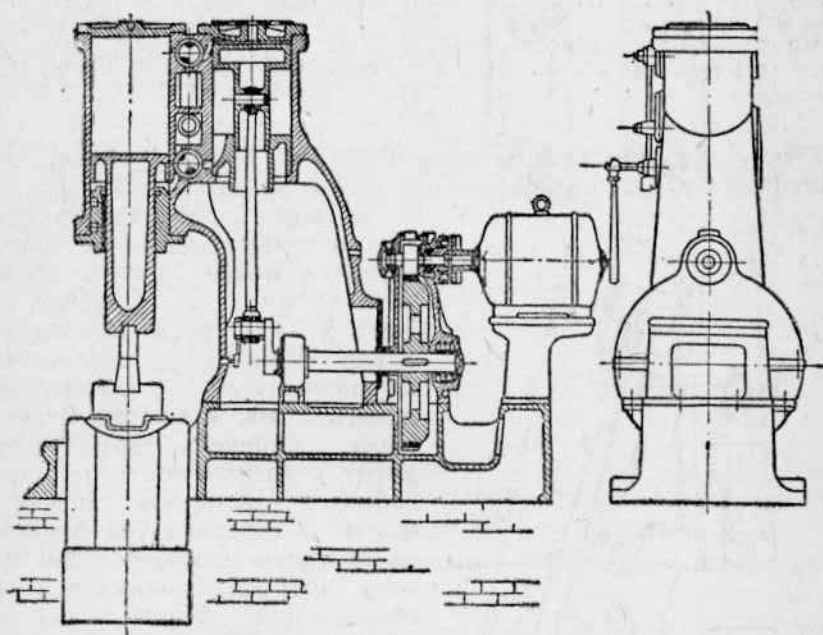
На фиг. 101, показан молот Беше и Гросс новой конструкции, отличительной чертой которой является отсутствие направляющего цилиндра.

Описанные молоты управляются при помощи только одной рукоятки, от которой приводятся в движение одновременно оба золотника. Управление происходит от руки в более мощных моделях молотов или от ножной педали—в молотах меньшей мощности.

Молоты старой конструкции получали движение от трансмиссии посредством ременной передачи, а в новых конструкциях—от специального электромотора посредством леникса или зубчатой передачи. Молот имел переускной кран, при определенном положении которого устанавливалось сообщение между верхней и нижней частями цилиндра компрессора. В промежутках ковки мотор и компрессор находились в движении, что было связано с бесполезной тратой электроэнергии и изнашива-

нием частей компрессора, но в общем подобные молоты с перепускным краном работают хорошо.

Для уменьшения износа компрессора молоты начали строить с пусковой муфтой при втулке маховика — шкива, получавшего движение от мотора через леник. Благодаря такому устройству, когда молот не работал, компрессор находился в покое и вращался только один мотор и маховик, свободно насаженный на вал молота. Это было значительное усовершенствование, но недостаток его заключался в том, что при включении пусковой



Фиг. 101. Схема пневматического молота Беше и Гросс новой конструкции

муфты компрессору сразу сообщалась большая скорость, т. е. происходил значительный толчок, что вредно отражалось на движущихся частях компрессора и вызывало частый ремонт.

Были построены молоты, в которых при выключении муфты одновременно выключался и мотор, а при включении включался и мотор. При таком устройстве, когда ковка не производится, мотор и компрессор не работают, а при включении молота разгон компрессора происходит постепенно, без ударов. Однако ввиду сложности подобного устройства пришлось ограничиться устройством перепускного крана.

Пневматические молоты типа Беше и Гросс у нас в СССР строятся с весом бабы 30—2000 кг. В табл. 20 представлены основные данные для наиболее ходовых размеров молотов.

Таблица 20

Данные ходовых размеров молотов типа Беше и Гросс

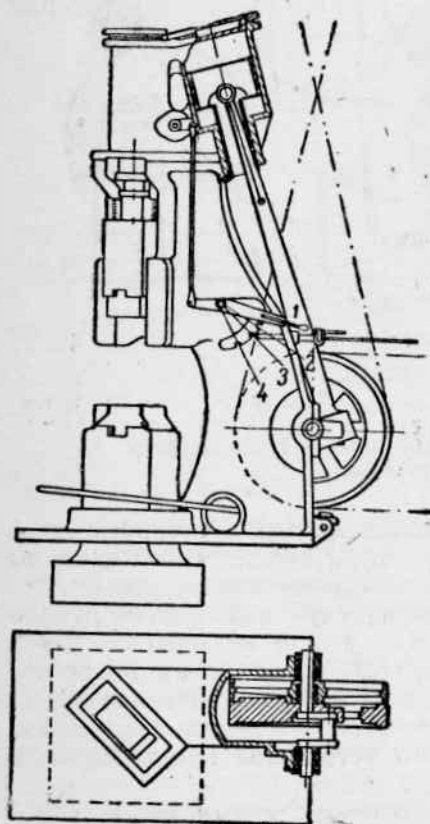
	Вес бабы, кг						
	30	50	75	100	150	230	350
Число ударов в минуту	220	210	200	180	150	130	120
Ход бабы, мм	280	330	360	400	500	600	700
Мощность мотора, л.с.	3	6—7	8—10	12—15	17—20	20—25	38—40
Размер стальной заготовки (сторона квадрата), мм	40	60	90	120	150	200	230

Пневматические молоты типа Беше и Гросс пригодны для выполнения самых разнообразных работ по свободной ковке.

Другим распространенным типом пневматического молота является молот Массей, общий вид которого представлен на фиг. 102. В этом молоте цилиндр компрессора расположен не параллельно рабочему цилиндру, как в молоте Беше и Гросс. Поршень компрессора имеет ступенчатую, а поршень рабочего цилиндра обычную форму и скреплен со штоком, на который насажена баба молота, которая движется в направляющих. Фронтковки повернут на 45° вправо; коленчатый вал расположен параллельно фронту молота, шатун находится вне станины.

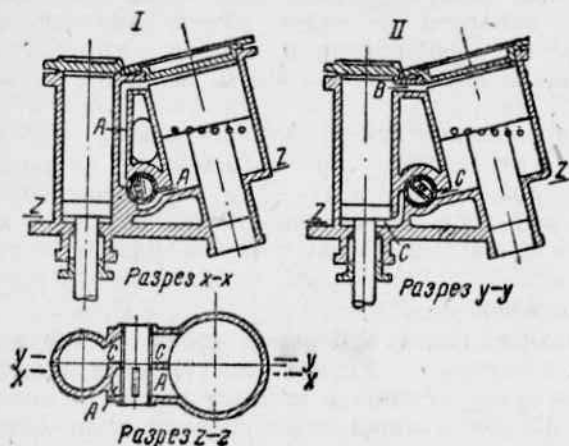
Верхнее пространство над поршнем цилиндра компрессора (фиг. 103) соединено каналом В с таким же рабочим цилиндром, а нижняя часть компрессорного цилиндра каналом С сообщается с нижней частью рабочего цилиндра. В канале С расположен вращающийся золотник (фиг. 104), имеющий два клапана М и N.

Кроме указанных каналов В и С, имеется еще канал А

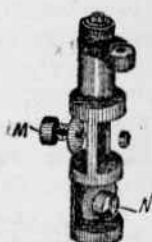


Фиг. 102. Пневматический молот Массей

(фиг. 103), который соединяет верхнюю часть цилиндра компрессора с нижней его частью. Этот канал также сообщается с золотником, и клапан *M* располагается в канале *A*.



Фиг. 103. Детали пневматического молота Массей



Фиг. 104. Золотник молота Массей

Управление молотом производится посредством рукоятки, каждому из четырех положений которой соответствует определенное рабочее состояние молота, а именно:

- 1 — баба молота находится навесу,
- 2 — баба находится в покое,
- 3 — молот производит самые сильные удары,
- 4 — баба прижимает поковку к наковальне.

При положении 1* (см. фиг. 102) действуют оба клапана *M* и *N* в золотнике, в результате чего сжатый в верхней части цилиндра компрессора воздух перегоняется в нижнюю часть цилиндра, а воздух из нижней части может при опускании поршня компрессора поступать через клапан золотника в нижнюю часть рабочего цилиндра, откуда благодаря обратному положению вентиля выходить воздух не может. В результате поршень будет занимать свое наивысшее положение, т. е. баба молота будет навесу.

При положении 2 золотник расположен так, как показано на фиг. 103, I; воздух через канал *A* при качании поршня компрессора будет переходить из верхней части цилиндра в нижнюю часть и, так как по обе стороны поршня рабочего цилиндра будет одинаковое давление воздуха, баба молота будет находиться в покое.

При переводе рукоятки в положение 3 постепенно прекращается сообщение между верхней и нижней частями цилиндра компрессора через канал А и, когда золотник станет в такое положение, что проход воздуха через него будет совершенно прекращен, поршень рабочего цилиндра начнет перемещаться вверх и вниз сообразно перемещениям поршня компрессора. При таком положении молот будет развивать наиболее сильные удары.

При положении 4 золотник поворачивается таким образом, что клапан N пропускает воздух при засасывании из нижней части рабочего цилиндра, а клапан М — при опускании поршня компрессора из нижней части в верхнюю часть цилиндра компрессора и рабочего цилиндра. Таким образом поверх поршня рабочего цилиндра накачивается воздух, и баба молота прижимает пужовку к наковальне.

Цилиндр компрессора имеет в боковой своей поверхности ряд отверстий, через которые воздух поступает в цилиндр. Для предотвращения удара поршня о крышку рабочего цилиндра станины имеют расположенный ниже крышки цилиндра буфер, который позволяет бабе молота подняться только на определенную высоту и воспринимает на себя удар бабы при ее чрезмерном подъеме.

Управление молотом производится педалью или рукояткой, причем эти органы управления независимы друг от друга. После прекращения воздействия на педаль или рукоятку золотник автоматически приходит в такое положение, при котором баба молота занимает верхнее качающееся положение.

Массей строит пневматические молоты и без наружных направляющих, т. е. по типу Беше и Гросс.

Пневматические молоты получают все более широкое применение при свободной кавке, так как эксплуатация их обходится дешевле паровых молотов.

Из сравнения диаграмм для пневматических и паровых молотов, которые дают возможность определять энергию, развиваемую молотом за 1 сек., следует, что свыше 1 т паровой или падающий молот имеет преимущество перед пневматическим. Пневматический молот меньшего тоннажа имеет значительное преимущество перед паровым такого же веса.

Определение энергии удара пневматического молота путем снятия индикаторной диаграммы и вычисления не всегда возможно. Инж. Гейм предложил простой и доступный для производственных условий метод.

Сущность его заключается в том, что одним ударом молота деформируют определенного размера свинцовый цилиндр и по величине осадки цилиндра определяют энергию удара. Цилиндры берутся диаметром 1,13—5,3 см при высоте, равной 1,5 d . При определении энергии удара больших молотов вместо свинцового цилиндра применяют цилиндр из красной меди.

Путем ряда опытов Гейм вывел следующую формулу:

$$A = d^3 [2,7 \varphi + 4 (\varphi^2 + \tau^4)] = d^3 \psi,$$

где A — работа в кгм и $\varphi = \frac{h-h'}{h}$, причем h — первоначальная и h' — окончательная высота цилиндра (т. е. после удара).

Значение ψ можно определить из табл. 21.

Таблица 21

Таблица определения значения ψ

φ	ψ	φ	ψ	φ	ψ
0,10	0,316	0,30	1,202	0,50	2,6
0,15	0,447	0,35	1,495	0,55	3,06
0,20	0,703	0,40	1,822	0,60	3,58
0,25	0,981	0,45	2,189	—	—

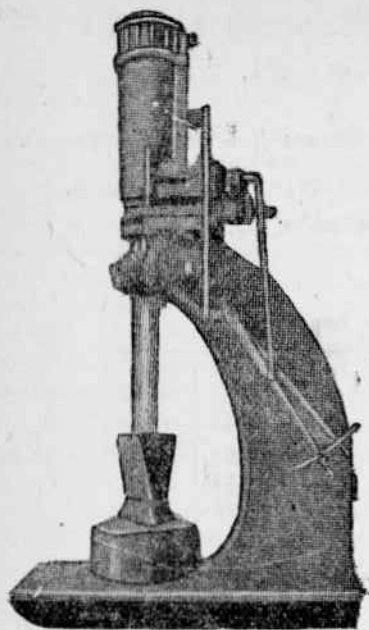
Произведенными опытами было установлено, что к. п. д. пневматического молота около 40% и при лучшей конструкции и тщательном выполнении он может быть доведен до 60%.

Паровоздушные молоты. Наибольшее распространение в кузнечном деле имеют паровоздушные молоты. Называются они паровоздушными потому, что могут работать паром или сжатым воздухом. Преимущественно такие молоты работают паром. Паровые молоты строятся одностоечные с направляющими и без направляющих и двухстоечные (арочные); эти молоты имеют направляющие для бабы молота. Наконец, самые большие молоты делаются мостового типа, описание которых будет дано ниже.

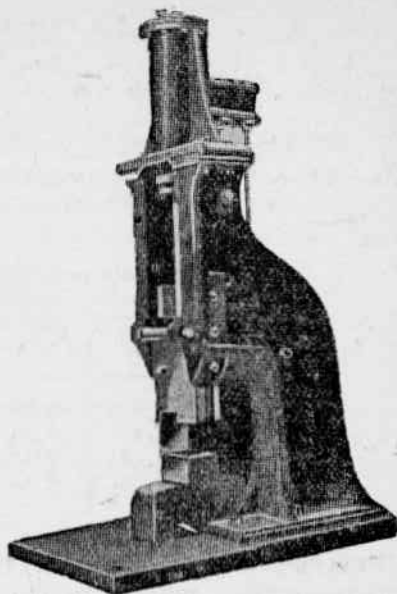
Одностоечный паровой молот типа Регби (без направляющих) изображен на фиг. 105.

На фиг. 106 показан одностоечный паровой молот завода Массея с направляющими, а на фиг. 106а — схема смешанного управления и парораспределения при помощи золотника Массея.

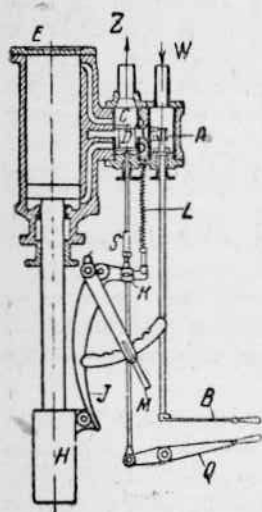
Молот в верхней своей части имеет цилиндр, к штоку поршня которого прикрепляется баба молота H , в которой закреплен боек. Пар поступает через трубу W в паровую коробку A . Поворотом рукоятки B клапан паровой коробки открывает доступ пару в золотниковую коробку C , в которой находится золотник D . Золотник D от золотниковой тяги S поворотом рычага Q может перемещаться в вертикальном направлении. Когда золотник D находится в нижнем положении, то пар из золотниковой коробки поступает по нижнему каналу под поршень и поднимает



Фиг. 105. Одностоечный паровой молот типа Регби



Фиг. 106. Одностоечный паровой молот типа Массей



Фиг. 106а. Схема смешанного управления и парораспределения при помощи золотника Массей

его вместе со штоком и бабой молота *H* вверх. Если теперь переместить золотник *D* в его верхнее положение, то пар из-под поршня через золотник выйдет в выхлопную трубу *Z*, а свежий пар поступит через верхний канал и будет производить давление на верхнюю поверхность поршня, результатом чего является ускорение движения поршня вниз, а вместе с ним и падение бабы молота. Таким образом, поднимая и опуская рукоятку *Q*, можно производить подъем и опускание бабы молота.

Для подъема бабы молота нет необходимости полного наполнения нижней части цилиндра паром. Управляя золотником, можно производить отсечку пара, поступающего в нижнюю часть цилиндра, вследствие чего дальнейший подъем поршня совершается за счет расширения пара. Такое же наполнение верхней части цилиндра может производиться целиком, или же частично, и пар будет в последнем случае производить работу расширением.

Если требуется держать бабу навесу, то следует впускать через короткие промежутки времени небольшие порции пара в нижнюю часть цилиндра, так как пар конденсируется, уменьшается в объеме, вследствие чего баба молота опускается. Во избежание этого необходимо впускать пар в нижнюю часть цилиндра небольшими порциями.

Если требуется, чтобы боек бабы молота нажал на поковку, то следует наполнять верхнюю половину цилиндра полностью. Тогда к тому давлению, которое проистекает от веса падающих частей молота, добавляется еще давление пара на площадь поршня.

Если при той же схеме смешанного управления и парораспределения при помощи золотника Массея желательна автоматическое управление, пользуются следующим приспособлением (фиг. 106а).

Баба молота *H* имеет ролик, в который упирается саблевидный отросток изогнутого рычага *J*. Этот саблевидный отросток постоянно прижимается к ролику пружиной *L*. Тяга *S* проходит через короткое плечо рычага *J*, причем выступающие концы шпильки рычага входят в прорезы рычага *J* в точке *K*.

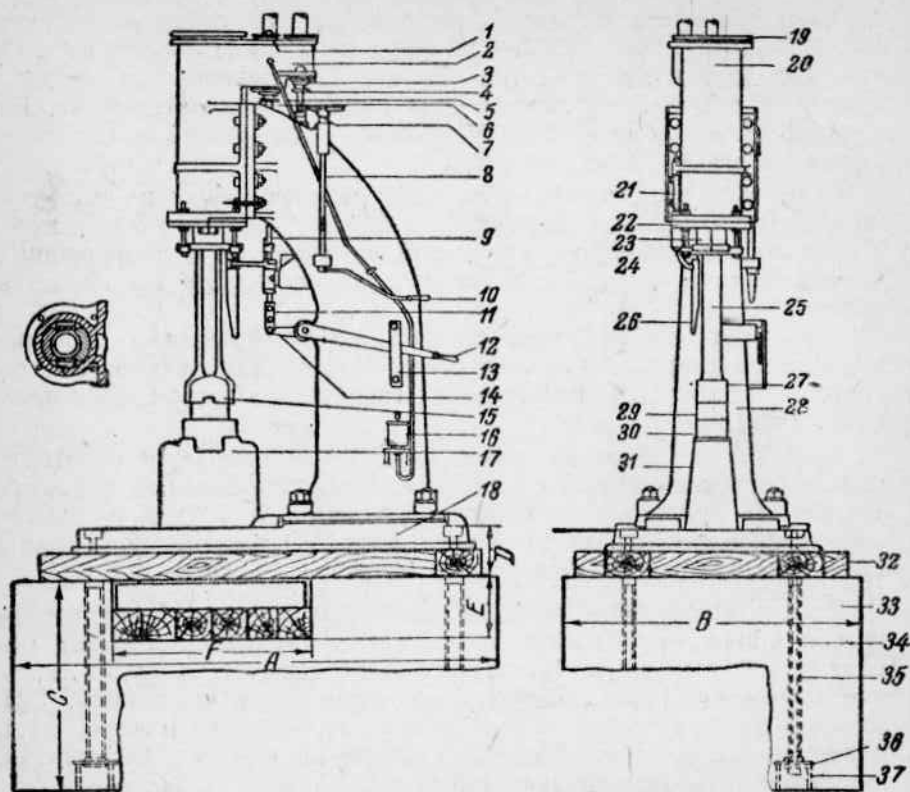
При подъеме бабы молота саблевидный рычаг будет отклоняться вправо. Вследствие этого, когда поршень достигнет определенной высоты подъема, тяга *S* передвинет золотник в такое положение, при котором пуск пара будет прекращен. При этом золотник откроет выход пара из-под поршня и впуск пара поверх поршня, вследствие чего поршень изменит направление движения и начнет опускаться.

Когда баба молота достигнет своего нижнего положения, то благодаря перемещению того же рычага *J*, действующего на золотниковую тягу *S*, золотник переместится в такое положение, что будет происходить впуск пара под поршень и выпуск пара из верхней части цилиндра, благодаря чему начнется подъем поршня вверх. Таким образом будет автоматически происходить работа молота — движение бабы вверх и вниз.

Рукоятка *M* служит для перемещения оси качания золотника.

На фиг. 107 и 108 показано, из каких деталей состоят молоты Регби и Массей. Станина молота укреплена на дубовых брусках, которые уложены на фундамент молота. Нижняя плита молота прикреплена к фундаменту болтами.

На фиг. 109 представлен молот арочного типа. Молот состоит из двух станин, укрепленных на отдельных фундаментах. Над станинами находится цилиндр. Между станинами, поверхности которых являются направляющими, ходит баба молота, связанная штоком с поршнем цилиндра. К бабе молота прикреплен боек. Внизу между станинами находится чугуный или стальной шабот, к верхней части которого прикреплена накопальная (нижний боек). Выпуск пара в золотниковую коробку

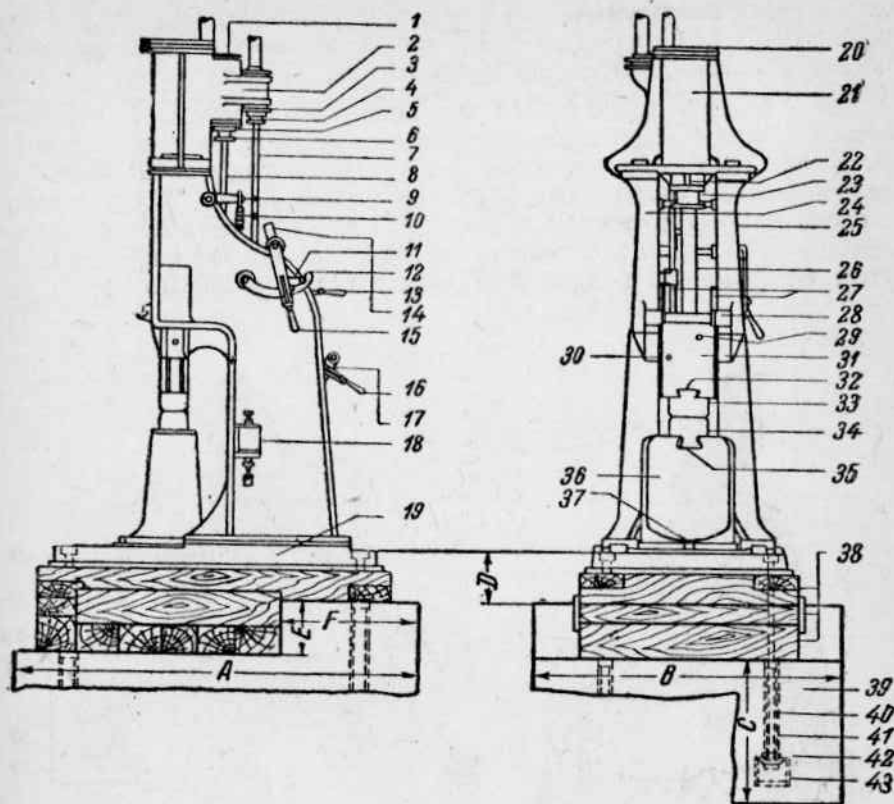


Фиг. 107. Схема одностанинного молота Редби:

1 — верхняя крышка золотниковой коробки; 2 — золотниковая коробка; 3 — нижняя крышка коробки парозапорного вентиля; 4 — сальник к ней; 5 — нижняя крышка золотниковой коробки; 6 — сальник к ней; 7 — шпindel парозапорного вентиля; 8 — шпindel управления парозапорным вентилем; 9 — золотниковая тяга; 10 — ручка управления парозапорным вентилем; 11 — вилка на золотниковой тяге; 12 — ручка управления молотом; 13 — скоба к ней; 14 — короткое плечо ручки управления молотом; 15 — клин верхнего бойка; 16 — масленка; 17 — клин нижнего бойка; 18 — фундаментная плита; 19 — верхняя крышка цилиндра; 20 — цилиндр; 21 — шпindel механизма отсечки пара; 22 — направляющая втулка; 23 — сальник штока; 24 — поддерживающие бруски сальника; 25 — шток; 26 — рычаг механизма отсечки пара; 27 — баба (заодно со штоком); 28 — отметка для установки на станне; 29 — верхний боек; 30 — нижний боек; 31 — ступ; 32 — деревянные брусья; 33 — бетонный фундамент; 34 — фундаментный болт; 35 — деревянная защитная коробка; 36 — анкерная плитка; 37 — деревянный ящик

производится вентилем, а управление молота осуществляется рукояткой.

На фиг. 110 представлен двухстанинный паровой молот мостового типа. Станина молота состоит из двух клепаных стоек, соединенных клепаной же мощной балкой, на которой на подставках укреплен паровой цилиндр. К этой же балке прикреплены и направляющие для бабы молота. Стойки станины, как и шабот молота, установлены на отдельных фундаментах. К верх-



Фиг. 108. Схема одностанинного молота Массей с направляющими:

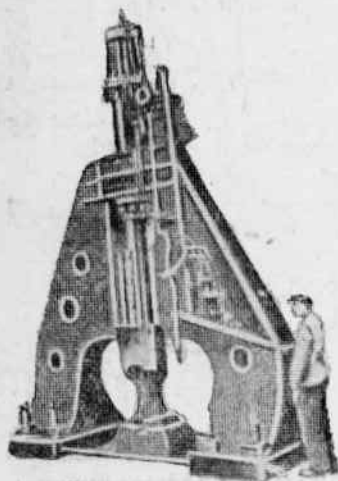
- 1 — верхняя крышка золотниковой коробки; 2 — золотниковая коробка; 3 — крышка коробки парозапорного вентиля; 4 — сальник коробки парозапорного вентиля; 5 — нижняя крышка золотниковой коробки; 6 — сальник золотниковой коробки; 7 — шпindel парозапорного вентиля; 8 — золотниковая тяга; 9 — криволинейный рычаг; 10 — пружина к нему; 11 — защелка установочного рычага; 12 — сектор установочного рычага; 13 — рычаг парозапорного вентиля; 14 — колено коленчатого валика; 15 — установочный рычаг; 16 — ручка управления; 17 — сектор к ней; 18 — маслянка; 19 — фундаментная плита; 20 — крышка цилиндра; 21 — цилиндр; 22 — сальник; 23 — втулка сальника; 24 — левая станина; 25 — правая станина; 26 — шток; 27 — направляющие; 28 — передняя связь; 29 — шпонка к бабе; 29 — установочная отметка; 31 — баба; 32 — клин верхнего бойка; 33 — верхний боек; 34 — нижний боек; 35 — клин нижнего бойка; 36 — стул; 37 — установочный клин к стулу; 38 — деревянные брусья; 39 — бетонный фундамент; 40 — фундаментный болт; 41 — деревянный футляр; 42 — анкерная плита; 43 — деревянный ящик

ней части шабота прикреплена наковальня. Пар впускается в золотниковую коробку путем открытия вентиля, а управление молотом осуществляется рукояткой.

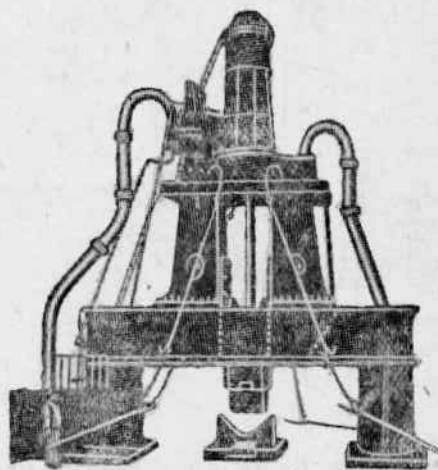
Сравнивая эффект использования энергии пара или сжатого воздуха, необходимо сказать, что паровые молоты являются очень несовершенной машиной, и много усилий было направлено на улучшение этого примитивного механизма с целью экономии энергии. С этой целью многие конструкторы предлагали уста-

новку так называемых экономических золотников, однако из всех этих золотников до сих пор единственно рациональным является только вращающийся золотник Массея.

На фиг. 111 представлен механизм автоматической отсечки пара системы Массея в двухстанинном молоте с направляющими. Золотник *B*, форма которого видна на фигуре, расположен в золотниковой коробке парового цилиндра. Тягой *S* он связан с рычагом *A*. Перемещая конец рычага, можно придавать золотнику различное по высоте положение. Но одновременно с этим специальный механизм *K* может вращать золотник.



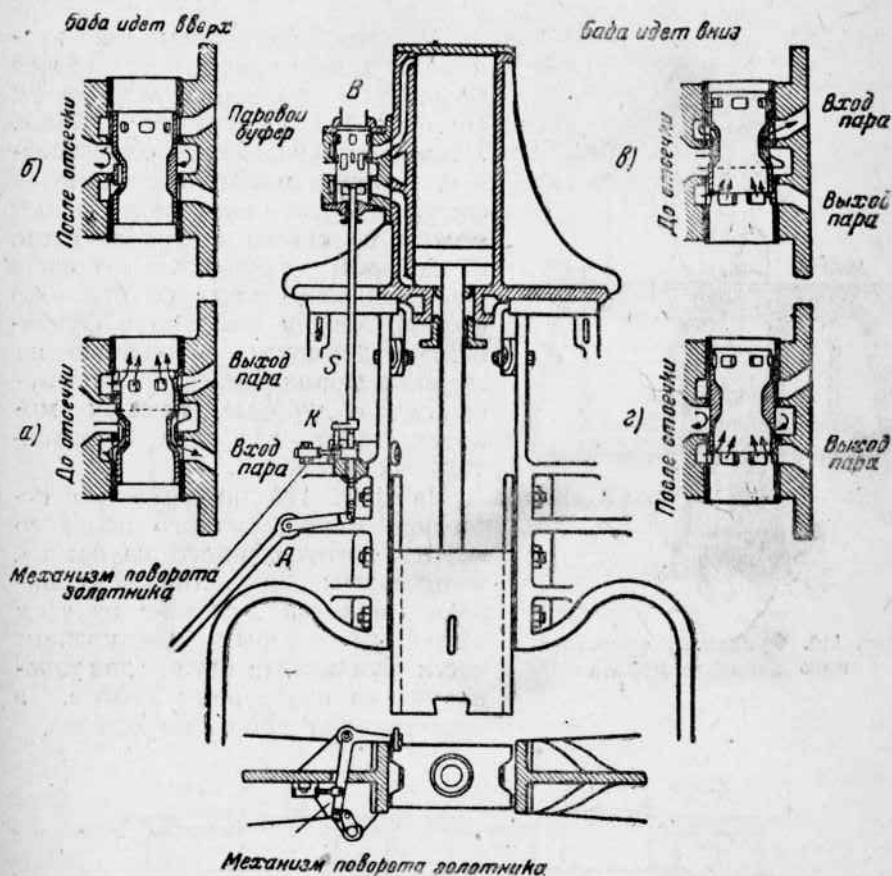
Фиг. 109. Двухстанинный паровой молот



Фиг. 110. Двухстанинный паровой молот мостового типа

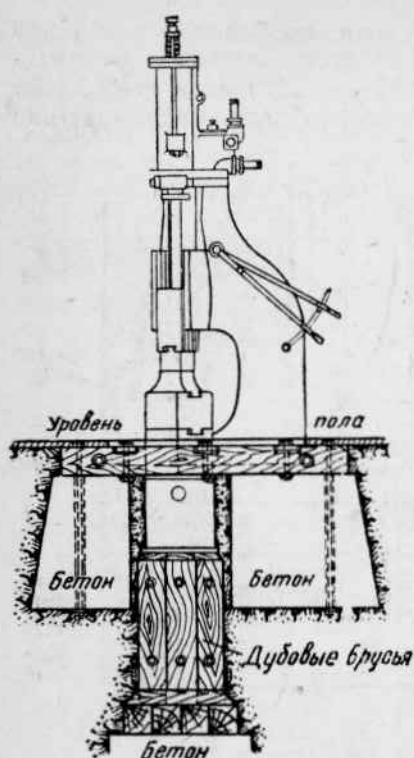
Чтобы поднять бабу молота, необходимо впустить пар под поршень цилиндра. Для этого поднимают вверх рычаг управления *A*, вследствие чего золотник опустится, причем вырезы золотника займут положение, которое указано на фиг. 111, а. Пар поступит под поршень, и баба начнет подниматься. Пар, который находится в верхней части цилиндра (над поршнем), удаляется через канал и отверстия золотника. Когда золотник будет подниматься вверх, а поршень дойдет примерно до половины своего хода, то автоматический механизм *K* поворачивает золотник, который при этом закрывает нижний паровпускной канал и прекращает поступление пара под поршень, т. е., другими словами, происходит отсечка пара, что характеризуется положением золотника, представленным на фиг. 111, б. Находящийся в нижней части цилиндра пар расширяется и производит дальнейший подъем поршня, а вместе с ним и бабы молота.

Чтобы произвести удар бабой молота, необходимо повернуть книзу рычаг управления А. Тогда золотник поднимется и займет положение, показанное на фиг. 111, в. При этом положении золотника свежий пар поступит в верхнюю часть цилиндра (над



Фиг. 111. Механизм автоматической отсечки пара системы Массей в двухстанинном молоте с направляющими

поршнем) и заставит поршень вместе с бабой быстро двигаться вниз и произвести удар по проковываемому металлу. В это же время пар из нижней части цилиндра уйдет через полость золотника. Во время движения бабы молота вниз автоматический механизм управления К опять повернет золотник таким образом, что произойдет отсечка пара, впускаемого в верхнюю часть цилиндра, что может быть иллюстрировано положением золотника на фиг. 111, г.

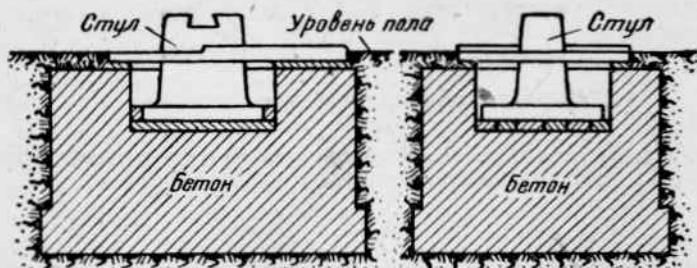


Фиг. 112. Фундамент одноцилиндрового парового молота

Устройством подобного золотника достигается автоматическая отсечка пара, впускаемого как под поршень, так и поверх поршня, что ведет к значительной экономии пара.

Молоты, применяемые в кузнечном деле, требуют устройства больших и дорогих фундаментов. На фиг. 112 представлен установленный на фундаменте одноцилиндровый паровой молот. Как видно на фигуре, фундамент под шабот молота не связан с фундаментом, на котором закреплена основная фундаментная плита со станиной молота. Между шаботом и фундаментом делаются прокладки из твердых пород дерева, преимущественно дубовые. В новых молотах ставят два ряда горизонтальных брусков.

На фиг. 113 представлено основание одноцилиндрового парового молота, изготовленного из бетона. Фундаменты двухцилиндровых паровых молотов состоят из трех частей, из которых две крайние части фундамента служат для укрепления на них станин молота, а средняя—для установки шабота.

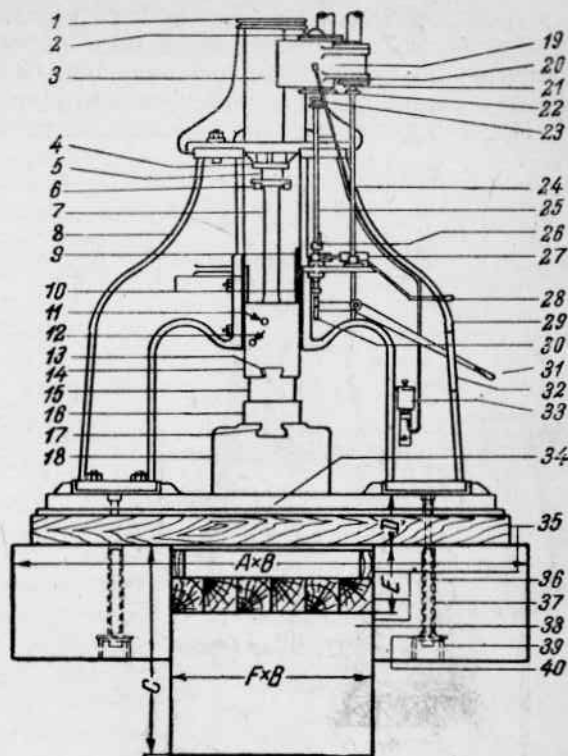


Фиг. 113. Основание одноцилиндрового парового молота

На фиг. 114 представлен двухцилиндровый молот, у которого шабот установлен на фундаменте с деревянными прокладками. Общая фундаментная плита молота, к которой прикрепляются станины, установлена не непосредственно на фундамент, а на ду-

бовые же прокладки, что в значительной мере смягчает сотрясения молота при ударе (от сотрясения грунта).

Подобная система установки молотов на фундаменте, при которой шабот имеет отдельный фундамент, широко распространена. В последнее время инж. Швейсгут предложил другую систему устройства оснований для двухстанинного парового молота. Схема устройства подобного фундамента представлена на фиг. 115. Особенность этого фундамента заключается в том, что фундаменты под станины молота опираются на фундамент под шабот, и таким образом нагрузка от всех частей молота и шабота воспринимается основным фундаментом, опирающимся на расположенную под ним железобетонную плиту, уложенную на грунт. Плита имеет большую площадь, что значительно уменьшает удельную нагрузку на грунт. Как основной, так и фундаменты под станины, изготовлены из бетона.



Фиг. 114. Двухстанинный паровой молот с направляющими (Массей):

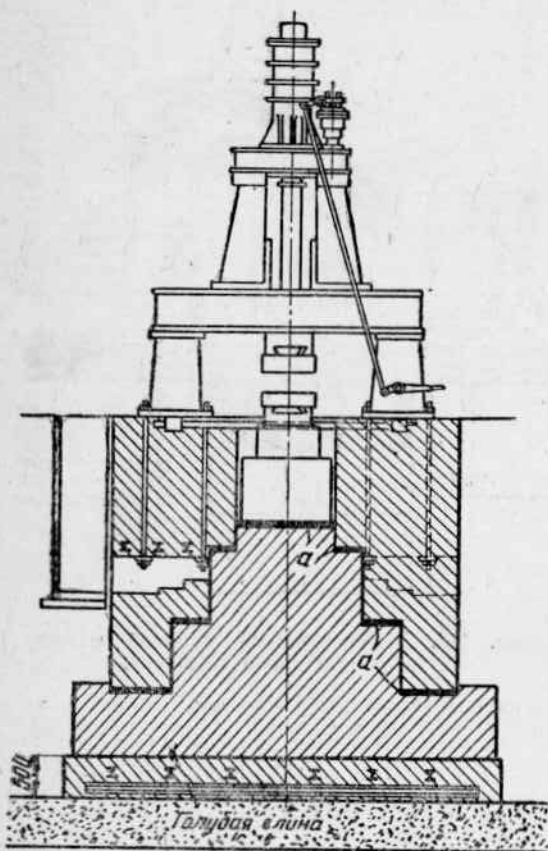
1 — крышка цилиндра; 2 — верхняя крышка золотниковой коробки; 3 — цилиндр; 4 — сальник цилиндра; 5 — втулка сальника; 6 — скобы сальника; 7 — шток; 8 — станина; 9 — ролик механизма отсечки; 10 — направляющие; 11 — шпонка в бабе; 12 — установочная отметка; 13 — клин верхнего бойка; 14 — баба; 15 — верхний боек; 16 — нижний боек; 17 — клин нижнего бойка; 18 — ступ; 19 — золотниковая коробка; 20 — крышка коробки парозапорного вентиля; 21 — сальник коробки парозапорного вентиля; 22 — нижняя крышка золотниковой коробки; 23 — сальник золотниковой коробки; 24 — шпindel парозапорного вентиля; 25 — золотниковая тяга; 26 — поворотный рычаг механизма отсечки; 27 — коробка пружины механизма отсечки; 28 — ручка парозапорного вентиля; 29 — станина; 30 — хомут ручки управления; 31 — ручка управления; 32 — скоба к ней; 33 — масленка; 34 — фундаментная плита; 35 — деревянные брусья; 36 — фундаментный болт; 37 — деревянный футляр; 38 — бетонный фундамент; 39 — деревянный ящик; 40 — анкерная плита.

Основной фундамент суживается кверху уступами, на которые и опираются фундаменты под станины молота, причем между основным фундаментом и фундаментами станин проложены

упругие прокладки из прессованного войлока с каркасом из железной проволоки, вследствие чего сотрясения основного фундамента при ударах молота передаются фундаментам под станины и самим станинам значительно смягченными.

Прессованный войлок помещается не только на горизонтальные площадки уступов, на которые опирается фундамент станины, но он проложен и по вертикальным поверхностям между основным фундаментом и фундаментом станин. Таким образом непосредственного соприкосновения фундаментов не имеется. Станины молота прикрепляются к своим фундаментам болтами. Между фундаментом и шаботом проложена упругая прокладка из дубовых брусьев, скрепленных между собою болтами.

Построенные по этому типу фундаменты под молоты вполне оправдали высказанные Швейсгутом положения. Площадь основания фундамента должна иметь такие размеры, чтобы давление на грунт от статической (вес всего молота и шабота) и от динамической на-



Фиг. 115. Основание двухстанного парового молота (схема Швейсгута)

грузок не превышал того давления, которое может выдержать грунт. Как нормальную удельную нагрузку можно принять 2 кг/см^2 . Слабые грунты закрепляются забивкой свай.

Шабот молота. Шаботы изготавливаются для молотов малого тоннажа из чугуна, для более тяжелых и штамповочных молотов — из стали. Шаботы в случае больших размеров изготавливаются составными из нескольких частей, связанных по бокам болтами. Размеры шабота должны быть таковы, чтобы вес его был больше веса падающих частей молота в 10—30 раз. Если

обозначим массу падающих частей молота через m , а шабот — через M , скорость падения бабы молота — через v , а шабота — равной нулю до удара и через u — общую скорость шабота и бабы молота после удара, то, считая, что шабот и баба молота, изготовлены из неупругого материала, можно написать:

$$mv = (m + M)u. \quad (1)$$

Запас энергии веса падающих частей молота в момент удара будет $A = \frac{mv^2}{2}$, энергия, затраченная на перемещение системы после удара

$$A_1 = \frac{(m + M)u^2}{2}.$$

Подставляя вместо u его значение из первого выражения, получим

$$A_1 = \frac{mv^2}{2} \cdot \frac{m}{m + M}.$$

Разность энергий A и A_1 может быть использована дляковки или штамповки, т. е.

$$A - A_1 = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv^2 \cdot m}{2(m + M)}.$$

Коэффициент полезного действия удара будет

$$\eta = \frac{A - A_1}{A} = \frac{mv^2}{2} \left(1 - \frac{m}{m + M}\right) : \frac{mv^2}{2},$$

откуда

$$\eta = \frac{M}{m + M}.$$

Если вес шабота больше веса падающих частей в 10 раз, то коэффициент η будет равен 0,909; если в 15 раз, то 0,937; если в 20 раз, то 0,952. Из этого следует, что при значительном увеличении веса шабота к. п. д. увеличивается очень значительно. Ввиду этого вес шабота для ковочных молотов делают равным в среднем 15-кратному весу бабы молота. В штамповочных молотах это соотношение больше — 17—20-кратное, а американцы для получения более точных размеров изделий при штамповке доходят до 30-кратного веса бабы.

Как уже было сказано выше, молоты могут работать паром при давлении 6—7 ат или сжатым воздухом такого же давления. Расход пара у молотов чрезвычайно велик вследствие не-совершенства парораспределения и нерегулярной работы, вследствие быстрого расстройтва золотников, которые начинают пропускать пар, и вследствие большой конденсации в трубопроводах.

Заводы, изготовляющие молоты, обычно дают цифры расхода пара, но эти данные надо принимать как средний расход, зависящий в значительной степени от исправности молота и перечисленных выше факторов. Указываемые цифры расхода пара соответствуют вполне исправному молоту, а при плохом состоянии золотника и поршня (неплотность колец поршня, неплотное прилегание золотников) расход увеличивается на 30 и даже на 60%.

Далее приводится табл. 22 расхода пара в ковочных молотах (в кг/час) по различным источникам.

Таблица 22

Расход пара в ковочных молотах, кг/час

Вес падающ. части г	По Брунсу при 25% ис- пользования	Путилов- ский завод	Крейцер	Инж. Рокотян	Приказ НКПС № 344-4
6	—	2450	—	3400	—
5	1350	2230	2200	2350	—
4	1225	1980	—	2050	—
3	1050	1730	1660	1700	—
2,5	900	1570	—	1650	—
2	800	1410	1260	1350	1318
1,5	700	1220	1040	1100	1170
1	575	1000	780	900	725
0,75	500	860	650	800	—
0,5	400	707	480	600	375
0,25	—	—	—	400	—

В последнее время в тех районах, где электроэнергия недорога, молоты работают на сжатом воздухе. Обыкновенно расход сжатого воздуха устанавливают по предварительному подсчету расхода пара, считая, что 1000 кг пара соответствуют 900—1000 м³ сжатого до 7 ат воздуха.

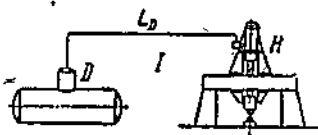
Если кузница работает на паре, то требуется котельная установка, причем предпочтительнее давать пар перегретый. Перегрев пара может быть произведен за счет тепла отходящих газов из нагревательных печей.

Схема такой паровой установки представлена на фиг. 116 (I агрегат). Пар из котла *D* через паропровод *L_D* идет в молот *H*. Если нужен перегретый пар, по пути должен быть поставлен пароперегреватель.

Если кузница работает на сжатом воздухе (фиг. 117, II агрегат), то пар из котла *D* идет через паропровод *L_D* в турбину *T*. Эта паровая турбина связана с генератором *G*, который дает ток, подводимый через провода *L_E* к электромотору *M*. Последний связан с турбокомпрессором *K*, из которого сжатый воздух по

воздухопроводу L_L поступает в молот H . Для большей экономии воздух также подопревается до 150° .

Определение расхода пара и воздуха в молотах. Расход пара на единицу веса готовой поковки будет тем меньше, чем выше будет коэффициент использования молота. Большие молоты в редких случаях работают больше 20—30% всего рабочего времени. Коэффициент использования мелких молотов значительно больше и доходит до 75%. Необходимо учесть, что пар в кузнице проводится к молотам по длинным трубопроводам, и вследствие этого получается очень сильная конденсация пара. При перерыве работы молота цилиндры охлаждаются и, следовательно, пар, поступающий в холодный цилиндр, также сильно конденсируется. Кроме



Фиг. 116. Схема связи парового котла и парового молота



Фиг. 117. Схема связи парового котла и пневматического молота

того, расход пара увеличивается еще вследствие неплотностей прилегания поршня к поверхности цилиндра и неплотности сальника.

Максимальный расход пара может быть определен по следующей формуле:

$$U_{\max} = K_1 A_n n_{\max} \cdot 60 \text{ кг/час,}$$

где U — количество пара, кг/час;

K_1 — коэффициент, указывающий средний удельный расход пара на 1 кгм работы;

A_n — энергия одного удара молота, кгм;

n — максимальное число ударов бабы в мин.

Согласно данным Фукса, K_1 может быть принято равным 0,0001 кг/кгм. Действительный расход пара будет несколько другим ввиду того, что максимальное число ударов практически не достигается, и, как было выше сказано, для ковочных молотов максимальный коэффициент использования может быть 75%.

В зависимости от рода поковки не всегда возможно использовать полный ход бабы молота. Очень часто приходится производить ковку небольшими ударами, для чего полного подъема бабы молота не требуется.

На фиг. 118 представлена диаграмма расхода пара в зависимости от загоузки молота (Брунс). На диаграмме четыре кри-

вых, из которых первая устанавливает закономерность расхода пара, когда молот не работает, вторая — когда степень использования будет 25%, третья — когда степень использования будет 50%, четвертая — когда степень использования будет 75%.

Расход пара на самый молот может быть определен по объему цилиндра молота, степени его заполнения и числу ударов бабы молота в минуту. Степень заполнения обыкновенно принимают за один двойной ход, равный 0,9 объема цилиндра.

Если вес 1 м³ пара в килограммах обозначим через γ , то расход пара в килограммах:

$$U_{\max} = 0,9 V \cdot n \cdot 60 \gamma \text{ кг/час,}$$

где V — объем цилиндра;

n — число ударов, производимых за 1 мин.

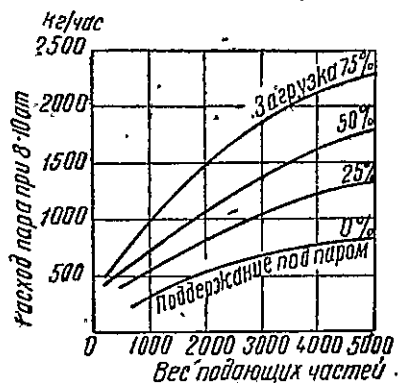
Если молоты работают на сжатом воздухе, то количество сжатого воздуха в кубометрах за один час можно определить по следующему выражению:

$$U_{\max} = K_2 A_B n_{\max} \cdot 60 \text{ кг/час,}$$

где $K_2 = (0,7 \div 1,2) K_1$.

Исследованием установлено, что 1000 кг пара соответствует 700—900 м³ воздуха, а по данным Оргэнерго—1200 м³ воздуха.

Воздух обыкновенно применяется давлением в 6—7 ат. Работа на сжатом воздухе является выгодной в том случае, когда имеется возможность применить дешевую электрическую энергию. Если же энергия недешёва, то выгоднее производить работу на паре, причем для уменьшения его расхода следует пар до поступления в молот перегреть на 50—75°, для чего могут быть использованы отходящие газы печей. Этот перегрев в значительной мере сокращает расход пара на конденсацию. Кроме того, отходящий от молотов пар может быть пущен в паровые турбины низкого давления,



Фиг. 118. Диаграмма расхода пара в зависимости от загрузки молота (Брунс)

которые могут быть связаны с электрогенераторами, и, следовательно, за счет энергии отходящего пара можно получать электроэнергию для питания электромоторов кранов, вентиляторов и т. п. Кроме того, тепло пара от турбины низкого давления может быть использовано для теплофикации, для чего пар поступает в бойлеры, нагревает воду, которая уже трубопроводами проводится в принудительном порядке к приборам отопления.

Потеря пара на конденсацию в трубопроводах и цилиндре молота может доходить до 30% от всего расхода пара. В случае неисправности молота происходит утечка пара из-за неплотности поршневых колец, сальников и пр., которая тоже может доходить до 30% и более от общего расхода пара.

Коэффициент полезного действия паровых молотов в отношении того тепла, которое может быть использовано для деформации поковки, является ничтожным, и во многих случаях не превышает 2%. Ввиду этого и расход пара по весу достигает иногда 600% и выше от веса поковки.

При работе на сжатом воздухе полезно нагревать воздух до 150°, что дает экономию до 30% воздуха.

Средним эксплуатационным к. п. д. парового молота можно считать: к. п. д. парового котла—0,75 (в более современных установках 0,8); к. п. д. паропроводов—0,9; к. п. д. молота при учете процента теплоэнергии, поступившей в паровой цилиндр и превращенной, в механическую, —0,03.

Таким образом средний к. п. д.

$$\eta = 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,03 \cdot 100 = 2\%$$

Если определить количество энергии, которое используется собственно на деформацию, то при к. п. д. удара 0,75 средний эксплуатационный к. п. д. будет равен всего 1,5%.

Определение среднего эксплуатационного к. п. д. молота, работающего на сжатом воздухе:

- 1) к. п. д. котла—0,8;
 - 2) к. п. д. паропровода—0,95;
 - 3) к. п. д. турбогенератора—0,3;
 - 4) к. п. д. передачи электроэнергии (трансформатор, электросеть)—0,99;
 - 5) к. п. д. электромотора компрессора—0,9;
 - 6) к. п. д. компрессора—0,8;
 - 7) к. п. д. воздушной сети с аккумулятором и воздухоподогревателем—0,8;
 - 8) к. п. д. молота—0,3.
- Средний к. п. д.

$$\eta = 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,3 \cdot 0,99 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,3 \cdot 100 = 4,8\%$$

Из вышеизложенного следует, что к. п. д. воздушных молотов в 2,5 раза больше, чем паровых.

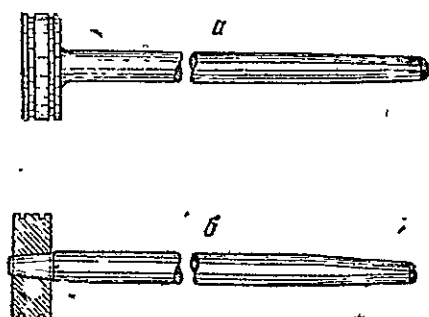
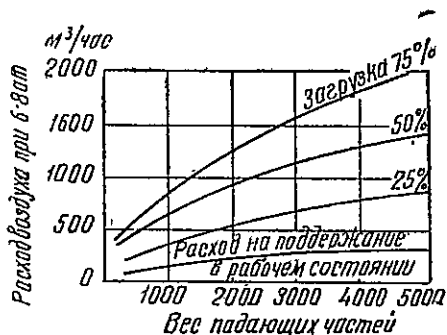
В случае работы на паре с использованием отходящего пара в турбине низкого давления полезно повышать давление пара с 6—7 до 8—10 ат.

Диаграмма расхода воздуха в зависимости от загрузки молота представлена на фиг. 119 (Брунс).

Штоки и шaboты молотов. Если шток молота изготовлен из несоответствующего материала, то он очень быстро

ломается, а частая смена штоков отнимает много рабочего времени и вызывает простой молота. Вес штока обычно в среднем составляет около 16% от действительного веса падающих частей, а вместе с поршнем 20—21%, из чего видно, что частая поломка штоков и поршней вызывает большой расход металла.

Очень многие молоты имеют штоки, откованные вместе с поршнем, и составляют с ним одно целое (фиг. 119, а). Другие молоты имеют отдельно откованный шток, который закрепляется концом в поршне (фиг. 119, б).



Фиг. 119. Диаграмма расхода воздуха в зависимости от загрузки молота (Брунс)

Фиг. 119а. Штоки молотов Ири с цельными и съемными поршнями

Перед началомковки поршень и шток несколько подогреваются, примерно несколько ниже 200°, что предотвращает поломку их уже в началековки.

Штоки куются из высококачественных углеродистых или специальных сортов стали. Обычно все штоки подвергаются последующей термической обработке. Разные заводы изготовляют штоки из различных сортов стали; например, часто применяют хромоникелевую сталь следующего состава: 0,3—0,45% С; 0,8—1,4% Cr; 1,5—2,5% Ni. В некоторые стали, кроме вышеприведенных легирующих металлов, добавляют 0,15—0,3% Mo; 0,1—0,2% V.

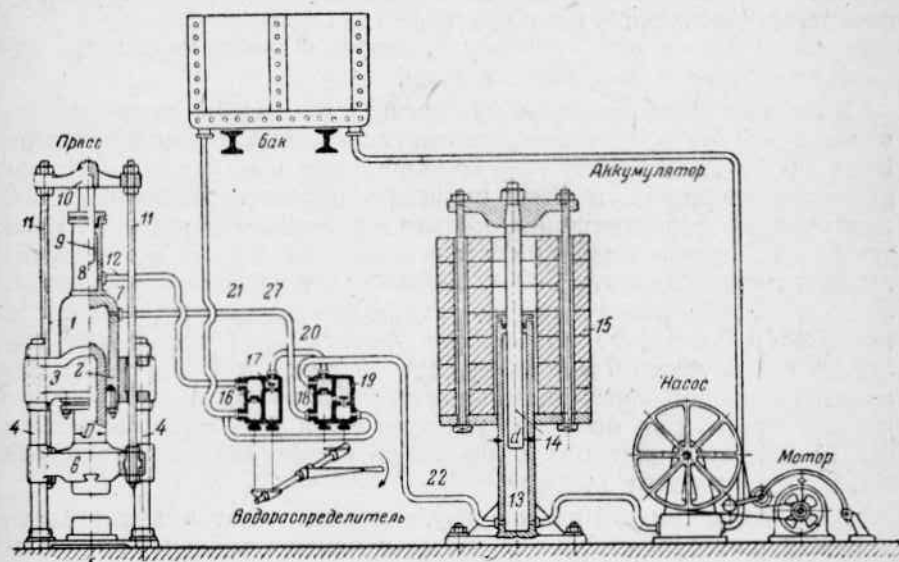
Для молотов малого и среднего размера (до 1,5 т) штоки изготовляются из углеродистой стали с 0,3—0,4% С. Рекомендуют для штоков также более дешевую, по сравнению с хромоникелевыми марками сталей, ванадиевую сталь с 0,33—0,4% С и 0,1—0,2% V, а также хромованадиевую сталь с 0,3—0,38% С; 0,8—0,2% Cr; 0,1—0,2% V. Поршни для молотов изготовляются главным образом из углеродистых сортов стали с 0,45—0,55% С.

Шаботы для молотов отливаются из чугуна или стали. Обычно для молотов небольшого тоннажа (до 2 т) применяется чугун, для молотов с более тяжелым весом падающих частей —

сталь. Состав стали для шаботов: 0,25—0,35% С; 0,5—0,7% Mn; 0,3% Si.

После отливки шаботы продолжительное время (около 20—30 дней) должны быть выдержаны в форме в целях медленного остывания и снятия внутренних напряжений.

Ковочные прессы. Ввиду того что работа молотов сильно сотрясает здания, сопряжена с чрезмерно большим расходом



Фиг. 120. Схема гидравлического прессы

пара и с значительным ремонтом, уже давно возникло стремление заменить молоты каким-либо другим орудием производства дляковки. Такой машиной и явился гидравлический пресс. Действие гидравлического прессы основано на законе гидростатического давления, открытом Паскалем и описанном им в 1698 г. Практическое применение этого закона осуществилось только в 1795 г., когда англичанин Брама построил первый гидравлический пресс; для целейковки гидравлический пресс был применен только в 1847 г. Фоксом.

Схема действия гидравлического прессы представлена на фиг. 120. Пресс состоит из нижней мощной плиты 5, которая связана четырьмя стальными колоннами 4 с верхней плитой 3, называемой архитравом. Концы колонн имеют нарезку и они закреплены в плитах при помощи мощных гаек. В архитраве закреплен цилиндр 1, плунжер которого 2 скреплен с подвижной траверсой 6. Эта же траверса 6 двумя тягами 11 скреплена с поперечной 10, которая в свою очередь прикреплена к плунжеру

9 ретурного цилиндра 8. Когда в рабочий цилиндр 1 поступает вода высокого давления (100—350 ат), то плунжер 2 вместе с траверсой 6 движется вниз. На траверсе закреплен боек. На нижней плите 5 закреплена наковальня. Если на наковальне находится нагретый кусок, металла или слиток, то под влиянием давления бойка происходит его деформация.

Чтобы поднять траверсу и плунжер 2 в ретурный цилиндр 8, по трубопроводу 12 впускается вода высокого давления, которая поднимает плунжер 9, а вместе с ним перекладину 10, тяги 11 и прикрепленную к ним траверсу 6. Таким образом осуществляется перемещение бойка вверх и вниз.

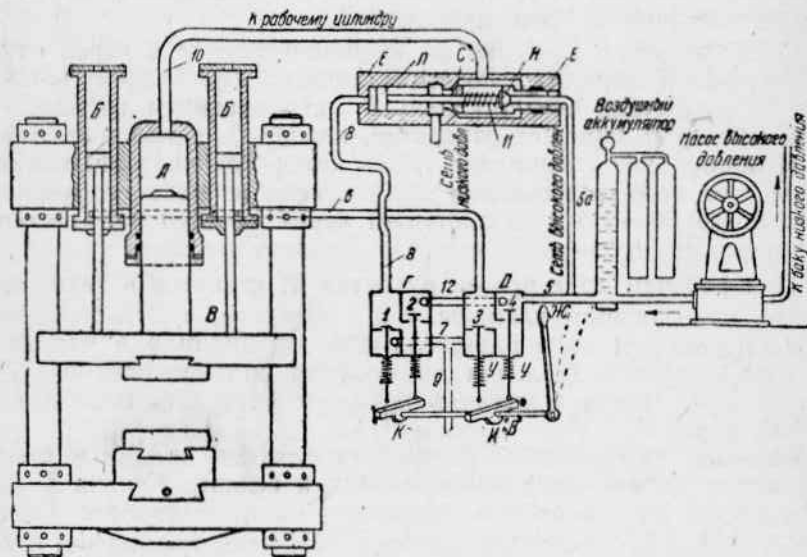
Вода высокого давления получается от насоса, приводимого в движение от электромотора или другого источника энергии. Вода от насоса поступает по трубопроводу в цилиндр 13 грузового аккумулятора. В этом цилиндре расположен поршень 14, скрепленный с поперечиной, к которой подвешен груз 15. Если требуется, чтобы вода имела давление 200 ат, то и нагрузка должна соответствовать 200 кг/см^2 площади сечения плунжера 14. Это устройство носит название аккумулятора потому, что когда пресс не работает, то при работе насоса вода наполняет цилиндр 13, плунжер 14 поднимается вверх, и таким образом имеется большой запас воды высокого давления, чтобы во время работы прессы при большом расходе воды этот запас пополнял бы ту нехватку, которая происходит вследствие недостаточной производительности насосов.

Вода из аккумулятора по трубопроводу идет в водораспределитель, который состоит из четырех камер с клапанами, закрытие и открытие которых производится рукояткой. Если требуется впустить воду в рабочий цилиндр, т. е. осуществить рабочий ход траверсы 6, то поворачивают рукоятку по стрелке. При этом положении клапан 18 будет открыт, вода из трубопровода 22, пройдя клапан 18, поступит в трубопровод 21—27 и затем в рабочий цилиндр 1. В то же время вытесняемая из верхнего цилиндра 8 вода по трубопроводу 12 пойдет в водораспределительную камеру, и так как клапан 16 будет открыт, то она через трубопровод пойдет в бак, откуда по другой трубе опять подводится к насосу. Обычно до впуска в рабочий цилиндр воды высокого давления при нисходящем движении плунжера в цилиндр поступает вода низкого давления из резервуара и вода высокого давления впускается в момент соприкосновения верхнего бойка с поковкой. Для выполнения этой операции прессы имеют так называемый клапан исполнения, который будет описан ниже. Если необходимо осуществить обратный ход траверсы, т. е. поднять ее вверх, то рукоятка поворачивается против стрелки. Тогда клапан 18 будет закрыт, а клапан 19 открыт и вода из рабочего цилиндра поступит в водораспределительную камеру, пройдет через клапан 19 и пойдет в трубопровод, ведущий к баку. В то же время вода высокого давления из трубопровода

22, пройдя водораспределительную камеру, поступает в трубопровод 20 и через открытый клапан 17 переходит в трубопровод 12, откуда поступает в ретурный цилиндр, вследствие чего плунжер его перемещается вверх, а вместе с этим перемещается и траверса пресса 6.

На фиг. 121 изображена схема управления гидравлического пресса с клапаном наполнения.

Вода высокого давления от насосов через аккумулятор поступает по трубопроводу 5 в дистрибутор через ответвление 5а



Фиг. 121. Схема управления гидравлическим прессом с клапаном наполнения

и к клапану наполнения *E*. В камере *D* дистрибутора помещаются клапаны 3 и 4, а в камере *Г* — клапаны 1 и 2.

Открытие и закрытие клапанов осуществляется кулаками *K* и *И*, насаженными на вал *B*, который может быть повернут рукояткой *Ж*. Камера дистрибутора *Г* соединена трубопроводом 8 с клапаном наполнения *E*. Отделение камеры клапана 4 соединено трубопроводом 12 с отделением камеры *Г* для клапана 2. Отделения камер *D* и *Г* ниже клапанов 1 и 3 соединены трубопроводом 7, который через трубопровод 9 соединяется с резервуаром воды низкого давления, который также соединен с клапаном наполнения *E*. Последний состоит из двух камер, в одной из которых помещается поршень *Л*, а в другой клапаны *С* и *Н*. Шток поршня *Л* проходит через клапан *С*, при левом крайнем перемещении которого происходит разъединение левой и правой камер клапана наполнения *E*. На

выступающей части штока имеется клапан *H*; пружина стремится переместить клапан *H* вправо. Рабочий цилиндр *A* соединен трубопроводом *10* с клапаном наполнения, а нижние части ретурных цилиндров *B* и *B* трубопроводом *б* соединены с дистрибутором *D*.

Для подъема траверсы *B*, в которой закреплен верхний боек пресса, клапаны занимают положение, показанное на чертеже; поэтому вода высокого давления из трубопровода *5а* через открытый клапан *4* проходит по трубопроводу *б* под поршни ретурных цилиндров *B*, и происходит их перемещение вверх вместе со связанной с ними траверсой *B*.

Вода высокого давления по трубопроводу *12* и через открытый клапан *2* поступает по трубопроводу *8* в клапан наполнения *E*, вследствие чего поршень *L* перемещается вправо; при этом клапан *H* запирает отверстие, клапан *C* перемещается вправо и происходит соединение обеих камер клапана наполнения *E*, вследствие чего вытесняемая при подъеме из рабочего цилиндра вода по трубопроводу *10* поступает через клапан наполнения и трубопровод в резервуар с водой низкого давления.

При рабочем ходе пресса рукоятка *Ж* ставится в такое положение, при котором клапаны *4* и *1* закрыты, а *2* и *3* открыты. При нисходящем ходе плунжера рабочий цилиндр *A* наполняется водой низкого давления до момента соприкосновения бойка с поковкой, когда в цилиндр начинает поступать вода высокого давления.

Клапаны дистрибутора своими отростками входят в направляющие и пружинами *y* прижимаются к седлам. Кулаки *K* и *I* ни шарнирно, ни жестко не связаны с концами отростков клапанов *1*, *2*, *3* и *4*. При своем крайнем открытом положении клапан *4* ближе к кулаку, чем клапан *2*; поэтому при повороте рукоятки *Ж* вправо, когда клапан *4* будет закрыт, клапан *2* будет еще открыт. Для его закрытия потребуются дальнейшее перемещение кулаков путем поворота рукоятки *Ж* вправо. Нижний конец клапана *1* отстоит от кулака *K* дальше, чем конец клапана *3* от кулака *I*, и поэтому при повороте рукоятки *Ж* вправо клапан *3* будет еще открыт, когда клапан *4* будет уже закрыт. То же будет иметь место и с клапанами *1* и *2*, но открытие первого и одновременное закрытие второго будет происходить позже, чем клапанов *3* и *4*.

При нисходящем движении плунжера рабочего цилиндра вода высокого давления из-под поршней ретурных цилиндров через трубопровод *б*, открытый клапан *3* и трубопроводы *7* и *9* поступает в резервуар с водой.

В это время клапан *4* закрыт, и вода высокого давления через трубопровод *12*, открытый клапан *2*, трубопровод *8* проходит в левую камеру клапана *E*. Под давлением воды поршень *L* перемещается вправо, клапан *H* запирает отверстие *C*, и так как клапан *H* насажен на конец штока поршня *L*, то отодвинется

клапан С, правая камера клапана соединится с левой и вода из резервуара начнет проходить через клапан Е и трубопровод в рабочий цилиндр А до тех пор, пока путем дальнейшего перемещения рукоятки вправо не произойдет перемещения клапанов 2 и 1. Клапан 2 будет закрыт, а 1 открыт; при этом вода из клапана Е через трубопровод 8, открытый клапан 1 и трубопроводы 7 и 9 пойдет в резервуар, причем клапан С переместится влево и прекратит сообщение камер клапана между собой. Под давлением воды высокого давления клапан Н откроет отверстие, и вода высокого давления через трубопровод 10 начнет поступать в рабочий цилиндр пресса. При этом пресс разовьет максимальное давление.

Положение клапанов при разных положениях пресса приведено в табл. 23.

Таблица 23

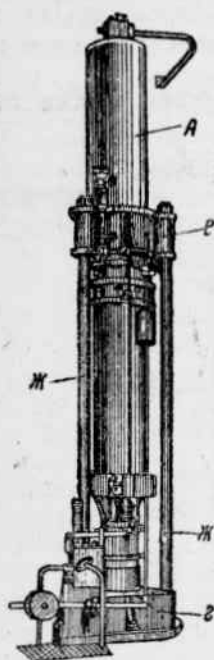
Положение клапанов при разных положениях пресса

№ клапана	Нисходящее движение плунжеров рабочего цилиндра		Подъем	Держание навесу
	наполнение водой низкого давления	наполнение водой высокого давления (рабочий ход)		
4	Закрыт	Закрыт	Открыт	Закрыт
3	Открыт	Открыт	Закрыт	Открыт
2	„	Закрыт	Открыт	„
1	Закрыт	Открыт	Закрыт	Закрыт

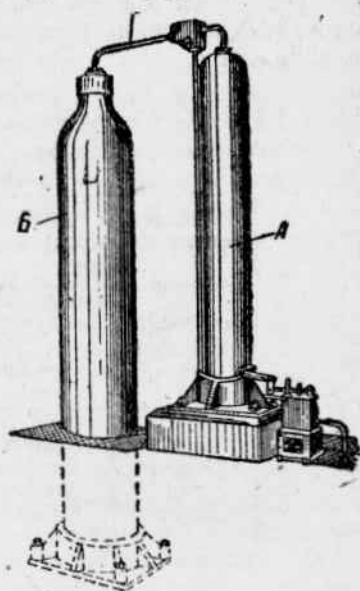
Отсюда видно, что при наличии клапана наполнения расход воды высокого давления будет сравнительно небольшой, и следовательно, и производственные расходы будут меньше. Для этих прессов применяется грузовой, поршневой воздушный или беспоршневой воздушный аккумулятор.

Поршневой воздушный аккумулятор представлен на фиг. 122. На основной плите *г* укреплены три колонки Ж, которые поддерживают верхнюю плиту *е*; в последней закреплен воздушный цилиндр А, в который входит поршень, связанный с плунжером гидравлического цилиндра, расположенным ниже пола. Вода поступает в нижний цилиндр и вытесняет плунжер, тогда поршень поднимается вверх и сжимает воздух. При расходе воды под давлением сжатого воздуха поршень, а вместе с ним и плунжер гидравлического цилиндра опускаются. В цилиндре А воздух сжат до такого давления, чтобы нагрузка на 1 см² поперечного сечения плунжера соответствовала требуемой.

На фиг. 123 представлен беспоршневой воздушный аккумулятор. Вода поступает через трубопровод в замкнутый цилиндр А, который наполняется водой приблизительно до трех четвертей своего объема. Верхняя часть его занята сжатым воздухом и соединена трубкой К с другим резервуаром Б, наполненным сжатым воздухом. Таким образом сжатый воздух давит на поверхность воды с определенным давлением, например в 200 ат, и этим заменяет груз, как это бывает в грузовом аккумуляторе.



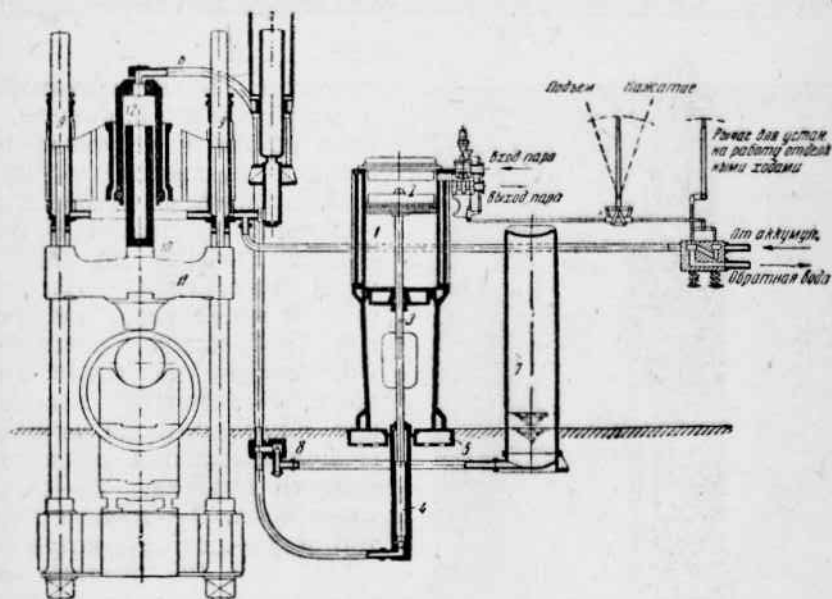
Фиг. 122. Поршневой воздушный аккумулятор



Фиг. 123. Беспоршневой воздушный аккумулятор

В последнее время прессы устанавливаются преимущественно с воздушными беспоршневыми аккумуляторами. Для тяжелойковки в последнее десятилетие крупные гидравлические прессы в 5 000—10 000—15 000 т давлением почти не строятся, а строятся так называемые парогидравлические прессы. Наоборот, для поковок среднего размера в настоящее время строятся быстроходные чисто гидравлические прессы. Парогидравлические прессы по своему устройству мало чем отличаются от гидравлических прессов, но вместо насоса с аккумулятором они имеют так называемый мультипликатор, работающий от пара или сжатым воздухом.

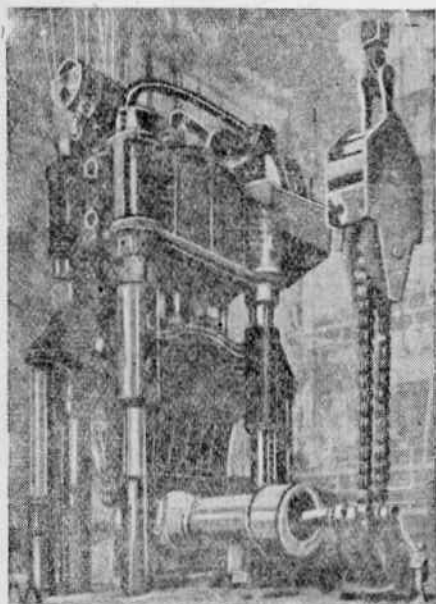
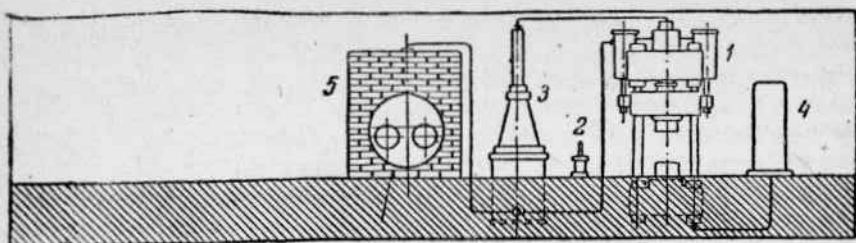
На фиг. 124 представлена схема установки пресса, который может развивать давление в 2000 т, с парогидравлическим мультипликатором. Мультипликатор этот состоит из большого цилиндра 1, в котором движется поршень 2, шток которого 3 входит в гидравлический цилиндр 4. Из этого цилиндра по трубопроводу 6 вода подается в рабочий цилиндр пресса 12. Траверса 11 соединена тягами с поршнями ретурных цилиндров 9 и 9,



Фиг. 124. Гидравлический пресс в 2000 т с парогидравлическим мультипликатором и гидравлическим подъемом

служащих для подъема вверх траверсы 11 и связанного с ней плунжера 10 рабочего цилиндра. Если нужно переместить траверсу 11 вместе с прикрепленным к ней бойком вниз, то предварительно цилиндр 12 наполняется из резервуара 7 водой низкого давления. При этом плунжер начнет опускаться вниз и в тот момент, когда боек соприкоснется с проковываемым слитком, трубопровод от резервуара 7 отключается и в цилиндр мультипликатора 1 впускается пар, производящий давление на большую площадь поршня. Это давление через плунжер передается воде, находящейся в гидравлическом цилиндре 4, откуда она по трубопроводу 6 входит в рабочий цилиндр, сжимает находящуюся в нем воду до высокого давления, которое передается через плунжер рабочего цилиндра траверсе 11 и бойку.

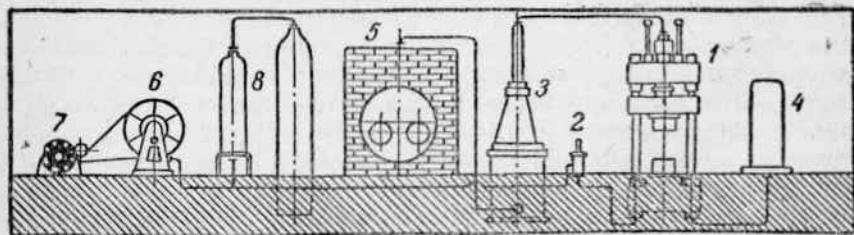
Установки ковочных прессов могут быть произведены по различным схемам. Так, например, на фиг. 125 и 125 а представлена схема установки гидравлического пресса, с парогидрав-



Фиг. 125 и 125а. Установка гидравлического пресса с парогидравлическим мультипликатором и паровым подъемом

лическим мультипликатором и паровым подъемом. В этом прессе в ретурные цилиндры пускается пар, который, производя давление на поршни этого цилиндра, поднимает траверсу до наивысшего положения. Паровой подъем применяется для прессов небольшой мощности. Обозначения на схеме: 1 — пресс, 4 — резервуар наполнения, в котором вода находится под небольшим давлением сжатого воздуха, 2 — рычаг управления, 3 — мультипликатор и 5 — паровой котел.

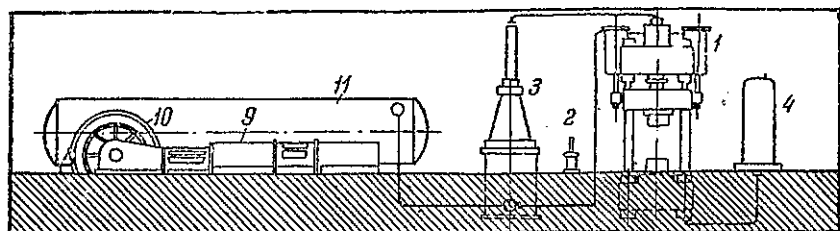
На фиг. 126 представлена схема установки гидравлического пресса с парогидравлическим мультипликатором и гидравлическим подъемом. Обозначения здесь те же, что на фиг. 125, но, кроме того, здесь показан насос 6, работающий от электро-



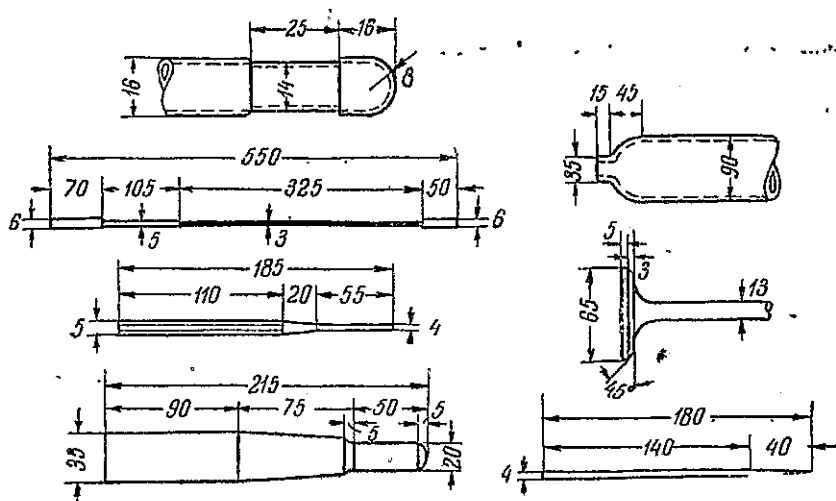
Фиг. 126. Схема установки гидравлического пресса с парогидравлическим мультипликатором и гидравлическим подъемом

мотора 7, и беспоршневой воздушный аккумулятор 8, из которого вода поступает в ретурные цилиндры. Следовательно, в этом случае подъем гидравлический.

Схема гидравлической установки с парогидравлическим мультипликатором для работы на сжатом воздухе показана на фиг. 127. Подъем здесь тоже осуществляется при помощи сжатого



Фиг. 127. Схема гидравлического пресса с парогидравлическим мультипликатором при работе на сжатом воздухе и подъеме тоже сжатым воздухом



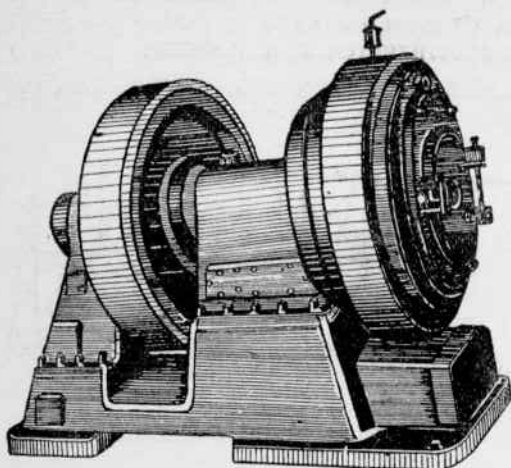
Фиг. 128. Поковки, выполняемые на ковочных машинах типа Дайтон.

воздуха. Обозначения здесь те же, что и на фиг. 125 и 126, но, кроме того, здесь показан компрессор для сжатого воздуха 9, с электромотором 10 и резервуаром для сжатого воздуха 11.

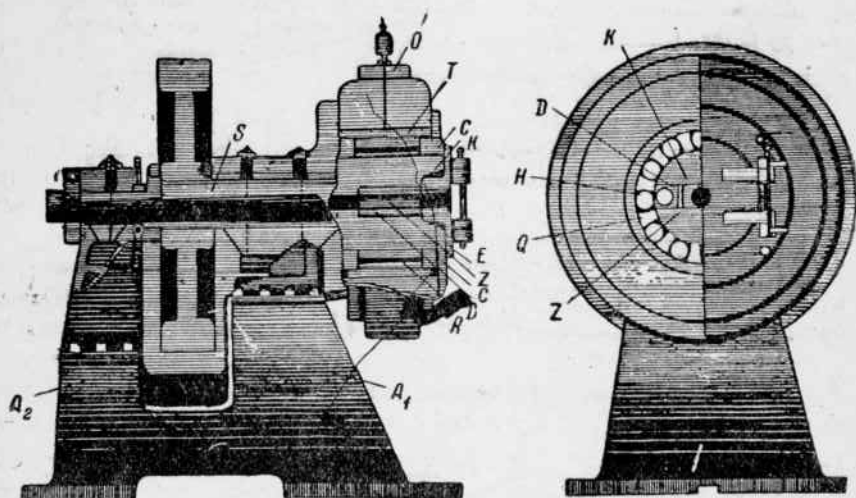
Ковочные машины типа Дайтон. Машины этого типа предназначены для обжимки и протяжки металла. На фиг. 128 изображены поковки, выполненные на машине Дайтона. Работы заключаются в оформлении концов поковок в виде цилиндра или конуса. На этих машинах возможно производить и оформле-

ние концов труб, причем иногда применяется оправка для предупреждения смятия трубы.

Общий вид машины Дайтона тяжелого американского типа «Этна» представлен на фиг. 129, а на фиг. 130—разрез той же машины. Пустотелый шпindelь *S* вращается в двух опорных подшипниках. Шпindelь заканчивается массивной головкой *K*, которая имеет вырезы в радиальном направлении *Z*; в этих вырезках помещаются бойки *D* и молоточки *H*. Вокруг головки *K* расположены в цилиндрическом жолобе шарики или ролики *K*, заключенные в обойму *Q*. К передней части станины *A*₁ прикреплен консоль, на котором находится чугунный цилиндр.



Фиг. 129. Общий вид ковочной машины типа Дайтон

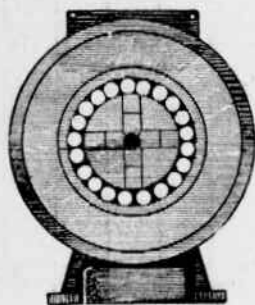


Фиг. 130. Разрез ковочной машины типа Дайтон с одной парой бойков

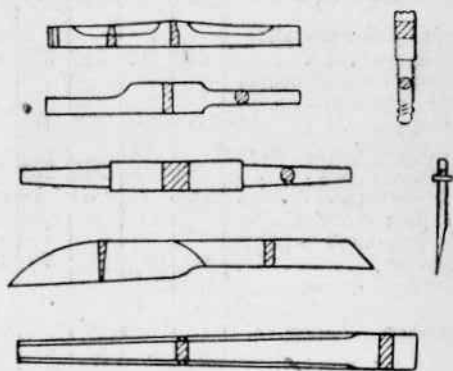
скрепленный по наружной поверхности стальным кольцом *O*. В чугунный цилиндр вставлено кольцо *T* из легированной стали, закаленной и шлифованной. Между кольцом *T* и головкой *K* помещается обойма с роликами; она может свободно перемещать-

ся. Впереди машины прикреплена шайба *C*, к которой прикреплена шарнирно дверка *E*, имеющая отверстие для ввода обрабатываемого прутка.

При вращении шпинделя *S* вследствие центробежной силы молоточки и бойки стремятся переместиться в радиальном направлении к периферии. Молоточек, ударившись о ролик, отскакивает от него по направлению к центру, причем боек ударяет о металл прутка и деформирует его.



Фиг. 131. Разрез ковочной машины типа Дайтон в случае двух пар бойков



Фиг. 132. Примеры выполняемых на ковочных вальцах изделий

Число роликов делается всегда четное, поэтому удары с одной и другой стороны происходят одновременно. Если считать, что бойки встречают через $\frac{1}{50}$ минуты ролик, то в минуту будет нанесено 3000 ударов.

Машина с двумя парами бойков изображена на фиг. 131. Количество ударов, которые наносят фасонные бойки проковываемому в машине металлу, будет вдвое больше, чем в машине с одной парой бойков.

Машина получает движение через ременную передачу от привода или от отдельного мотора через леникс.

Ковочные вальцы. На ковочных вальцах обычно производится оттяжка концов прутков. Процесс оттяжки может быть самостоятельной операцией или составлять одну из операций для получения изделия требуемой формы. Например, могут быть случаи, когда рядом с оттяжкой производятся операции высадки или гибки и отрезки. В некоторых случаях инструменты для гибки и отрезки пристроены на вальцевом стане.

На фиг. 132 показаны изделия, которые могут быть выполнены на ковочной машине.

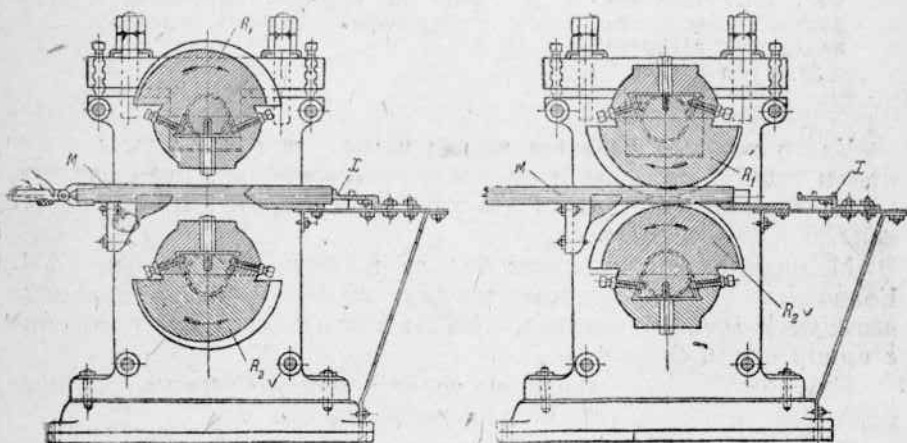
Ковочные вальцы применяются главным образом при массовом производстве и отличаются большой производительностью. Для их обслуживания не требуется высококвалифицированной рабочей силы.

На фиг. 133 представлены обычные ковочные вальцы «Аякс», а в табл. 24 приведены основные данные этих вальцов определенного размера.

Таблица 24

Характеристика ковочных вальцов фирмы «Аякс»

Ширина рабочего вкладыша, мм	225	355	355	355	355	510	510	510	510	635	760	760
Наибольшая возможная длина проковываемой части, мм	240	300	355	410	355	510	510	685	915	915	1170	1270
Расстояние между осями валков, мм	165	200	245	280	245	370	370	470	640	640	800	850
Число об/мин	60	50	50	50	50	45	45	42	38	28	25	25
Потребная мощность при ременной передаче, л. с.	2½	3½	3½	3½	3½	5	5	7½	10	15	15	20
Потребная мощность мотора при непосредственной передаче, л. с.	3½	5	5	5	5	7½	7½	10	15	20	20	20

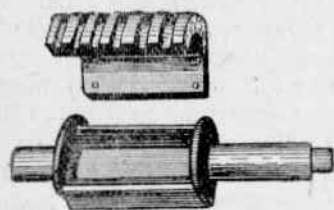


Фиг. 133. Устройство ковочных вальцов («Аякс»)

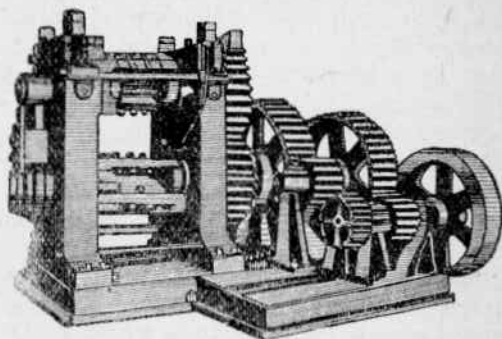
Валки R_1 и R_2 вращаются в подшипниках, закрепленных в станинах. Валки показаны отдельно на фиг. 133а. Часть вальца включает в себе цапфы и гнездо, в котором закрепляется рабочая часть вальца с ручьями. Валки вращаются в разные стороны. На фиг. 133 (слева) показан разрез вальцов в момент, когда они повернуты своими рабочими частями в разные стороны, и в валь-

цах виден подлежащий оттяжке пруток *М*, продвинутый до упора *Х*.

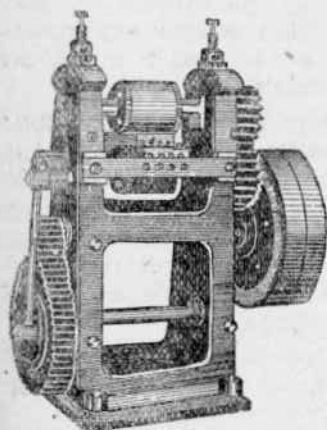
На той же фигуре (справа) изображены вальцы в момент, когда рабочие части повернулись друг к другу и производят обжим прутка *М*, который при этом перемещается справа налево.



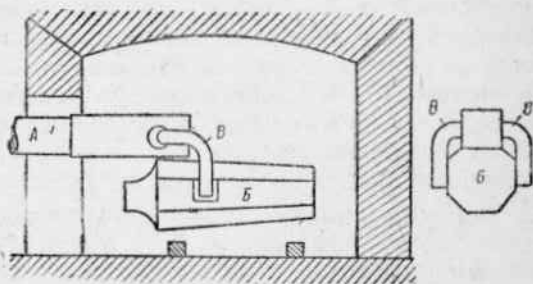
Фиг. 133а. Вальки ковочных вальцов



Фиг. 134. Ковочные вальцы с двойной зубчатой передачей



Фиг. 135. Ковочные вальцы маятникового типа Га-зенклев



Фиг. 136. Схема работы шаржир-машины

Рабочая часть валков может иметь несколько ручьев, и обжатие может совершаться с большой постепенностью в нескольких ручьях.

Для более тяжелой работы применяются вальцы с двойной зубчатой передачей, как представлено на фиг. 134.

Не всегда вальцы имеют обычное вращательное движение. Завод Газенклевера изготовляет так называемые маятниковые вальцы, производящие только качательное движение. Вальцы представлены на фиг. 135.

Вспомогательные машины при свободной ковке. В главе о нагревательных печах было сказано о применении толкателя для проталкивания слитков и заготовок в методической печи. Для механизации посадки в печь заготовки и слитков небольшого веса применяются шаржир-машины. Устройство последних в общем заключается в том, что на конце длинного рычага, называемого хоботом, имеются клещи, которыми захватывается слиток или заготовка и сажается в печь через садочное окно. Нагретые слитки или заготовки вынимаются из печи через садочное окно таким же образом. Хобот *A* с клещами *BB* вводится в печь, захватывает слиток *B*, приподнимает его немного вверх (фиг. 136) и выносит из печи, после чего шаржир-машина перемещается к прессу или молоту и кладет нагретый слиток или заготовку на специальный стол, откуда краном или манипулятором (см. дальше) подается дляковки под прессом или молотом.

На фиг. 137 представлена 5-я шаржир-машина напольного типа, тележка ее перемещается по рельсовому пути. На этой тележке расположена другая тележка, могущая перемещаться в поперечном направлении к рельсовому пути. На второй тележке помещается третья, которая может вращаться вокруг вертикальной оси. На третьей тележке помещены механизмы и к ней же прикреплен хобот, имеющий на конце клещи.

На фиг. 138 представлен план подобной шаржир-машины. Электромотор *V* служит для перемещения основной тележки, электромотор *IV* — для перемещения поперечной тележки. Механизм для раскрытия и замыкания клещей получает движение от мотора *III*. Качание хобота в вертикальной плоскости производится через механизм, получающий движение от электромотора *II*. Вращение верхней тележки вместе с хоботом вокруг вертикальной оси производится от электромотора *I*.

Шаржир-машина Демаг для слитков до 5 т имеет наибольшую высоту подъема в 1700 мм, раствор клещей — от 100 до 660 мм.

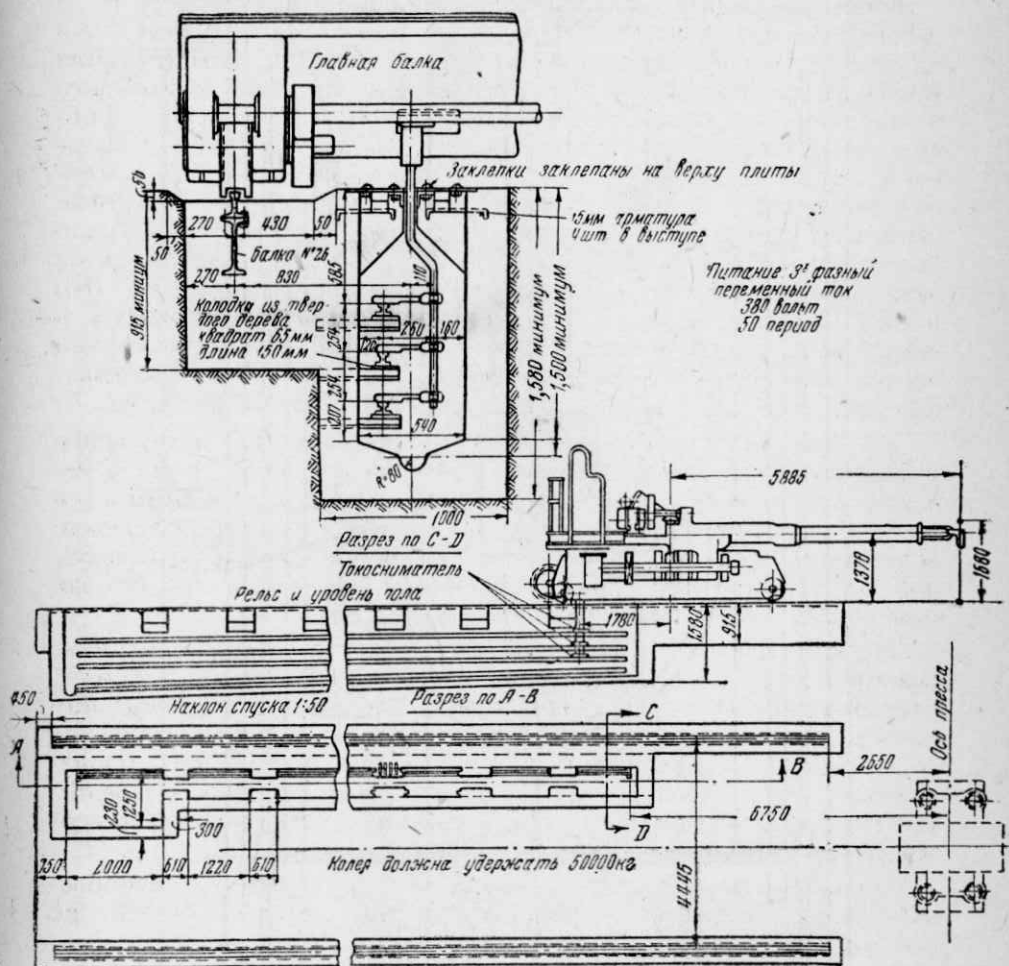
Скорость движения основной тележки-моста 51 м/мин, поперечной тележки 46 м/мин, три оборота хобота в минуту. Вес такой машины 50 т.

Английский завод «Эдгар Брозиус» строит небольшие шаржир-машины автомобильного типа на резиновом ходу.

Тот же завод строит еще шаржир-машину кранового типа (фиг. 138а).

Вдоль мастерской и фронта печей перемещается мост шаржир-машины, на тележке которого помещается еще тележка *E*, ее ходовые колеса *M* могут перемещаться по круговому рельсу,

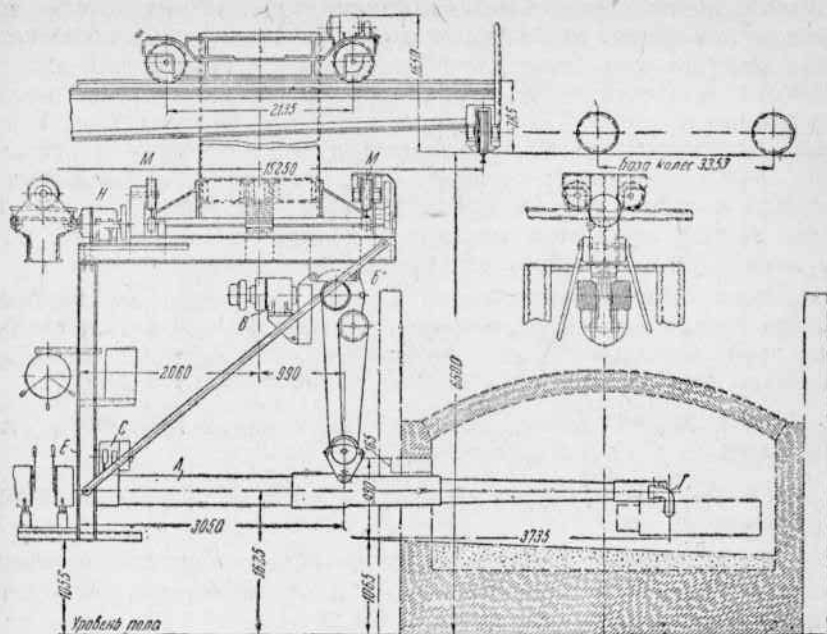
уложенному на нижнем выступе мостовой тележки. Механизм вращения получает движение от электромотора *H*. Хобот *A* подвешен на канатах *B* через полиспаст к лебедке, получающей движение от электромотора *B*. В зависимости от направления вра-



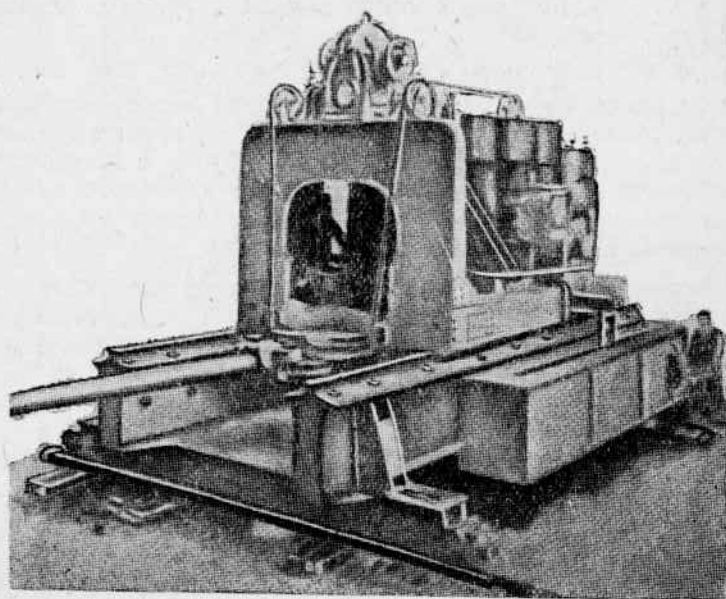
Фиг. 137. Общий вид 5-т шаржирной машины

щения барабана лебедки канат будет наматываться или сматываться с него, вследствие чего хобот будет подниматься или опускаться.

Замыкание или размыкание клещей *Г* производится от электромотора *C*. Напольная шаржир-машина (фиг. 138) является наиболее распространенной, она в значительной мере облегчает и ускоряет процесс выемки болванки или заготовки из печи.



Фиг. 138а. Шаржир-кран завода «Эдгар Брозиус»



Фиг. 139. Общий вид манипулятора I типа

является частью механизма манипулятора и может иметь различные движения: вращательное вокруг своей оси, колебательное в вертикальной плоскости, возвратно-поступательное в горизонтальном направлении, перемещение в горизонтальной плоскости вправо и влево. Кроме того, тележка манипулятора может иметь перемещение по рельсовому пути, а верхняя тележка — вращательное движение вокруг вертикальной оси. Из вышесказанного следует, что захваченной клещами манипулятора поковке можно придавать различные положения при ковке, почему манипулятор является как бы механическим кузнечком.

Конструкция манипуляторов весьма различна, но наиболее распространенными в кузнечном производстве являются следующие типы манипуляторов, установленные в проекте стандарта кузнечно-прессового оборудования, разработанного в ЦБТМ.

Тип I. Манипулятор для свободнойковки мостового типа без поворота вокруг вертикальной оси.

Тип II. Манипулятор мостового типа с поворотом вокруг вертикальной оси.

Тип III. Манипулятор не мостового типа без вращательного движения вокруг вертикальной оси и без поворота хобота или с поворотом в пределах $10-15^\circ$.

Тип IV. Манипулятор не мостового типа, имеющий вращение вокруг вертикальной оси на 360° (узкоколейный).

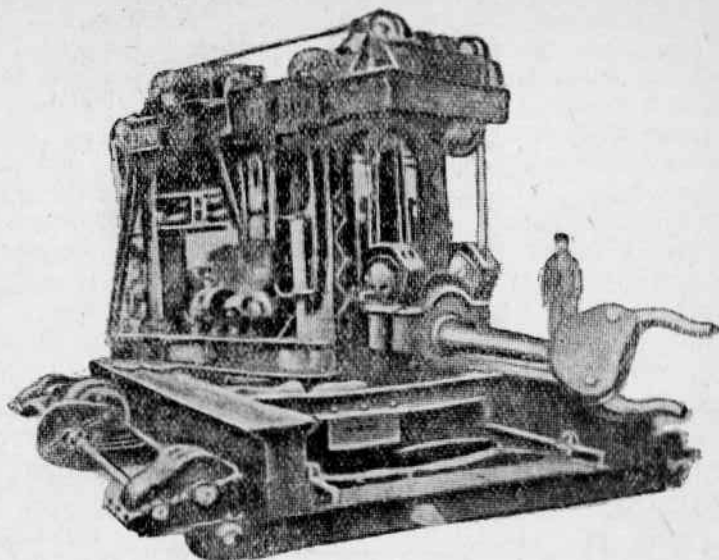
Тип V. Манипулятор мостового типа с вращением моста по круговому рельсу.

Манипулятор первого типа представлен на фиг. 139.

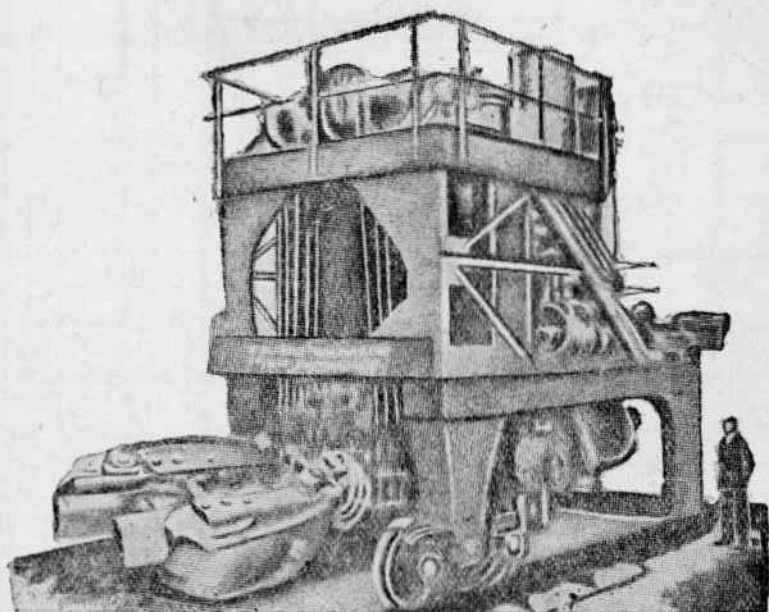
Хобот расположен на тележке, которая может перемещаться по мосту. Мост может двигаться в обе стороны по рельсовому пути, уложенному на полу мастерской. Хобот с клещами имеет вращательное движение, перемещение по вертикали и по горизонтальному направлению; кроме того, он может иметь качание, т. е. принимать наклонное положение.

Мостовой манипулятор второго типа представлен на фиг. 140. Как видно на рисунке, на передвигающемся по рельсовому пути мосту помещается башня железной конструкции, могущая вращаться на полный оборот в 360° . Хобот подвешен на канатах своей передней частью, а конец хобота внутри башни прикреплен к верхним балкам на винте и при вращении последнего в ту или другую сторону может перемещаться в вертикальном направлении. Замыкание и размыкание клещей производится сжатым воздухом, о чем будет сказано ниже.

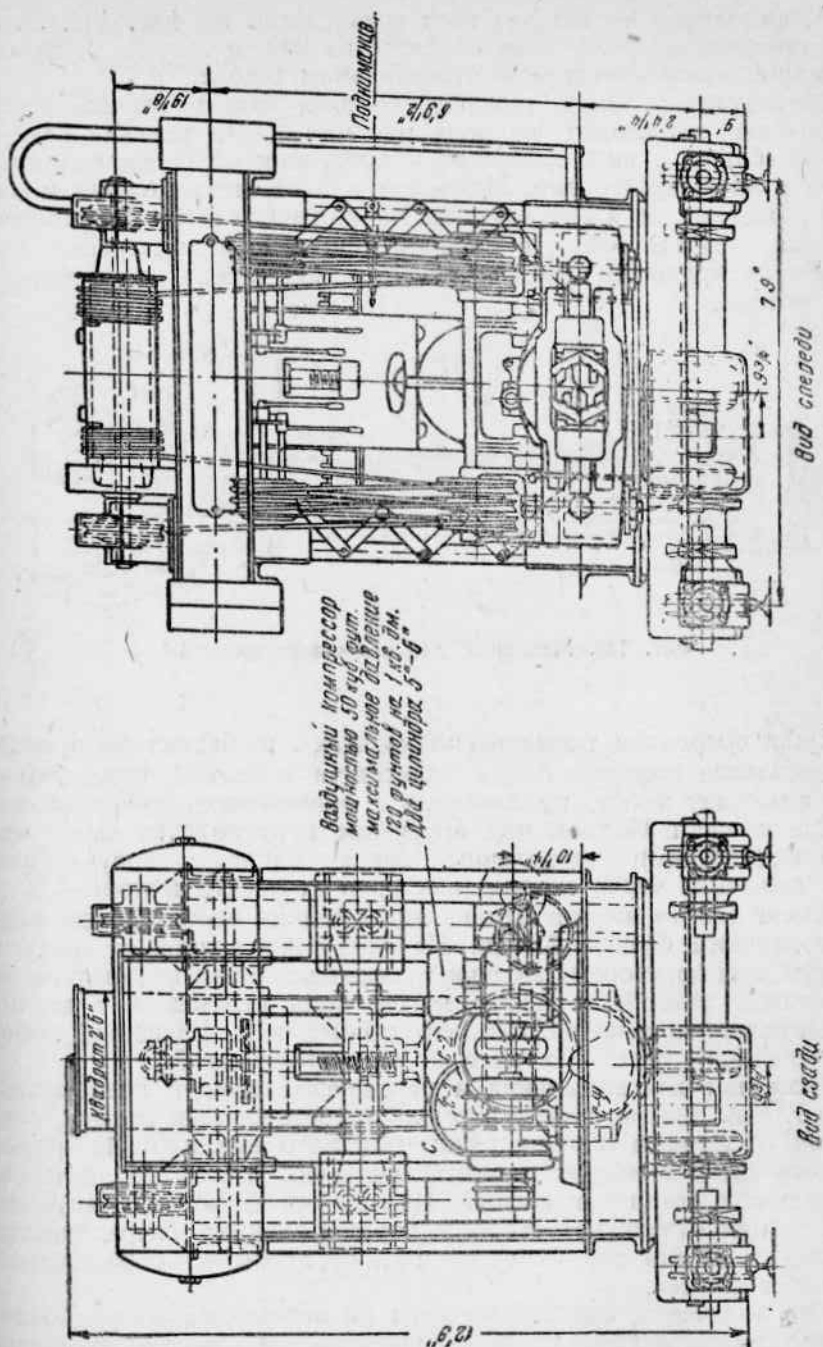
Манипулятор третьего типа представлен на фиг. 140а. Башня манипулятора вращения не имеет и может перемещаться только в направлении хобота по рельсам, уложенным на полу мастерской.



Фиг. 140. Общий вид манипулятора II типа



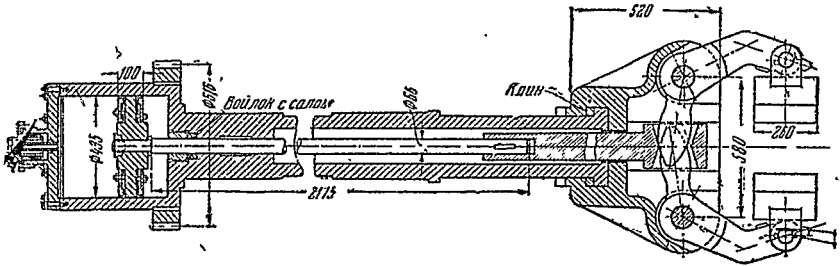
Фиг. 140а. Общий вид манипулятора III типа



Фиг. 141а. Манипулятор IV типа (вид спереди и сзади)

Манипулятор четвертого типа представлен на фиг. 141. Этот 3-т манипулятор типа Дэви строится на нашем гиганте машиностроения, Уральском машиностроительном заводе.

Манипулятор имеет тележку, которая может передвигаться по рельсам, уложенным на полу мастерской. На тележке расположена башня в виде железной конструкции со всеми механизмами и электромоторами. Механизм для вращения башни получает движение от электромотора. На нижней тележке закреплена круглая зубчатая рейка, с которой скрепляется шестеренка, получающая вращение через коническое зацепление от редуктора при моторе.



Фиг. 142. Механизм для замыкания клещей

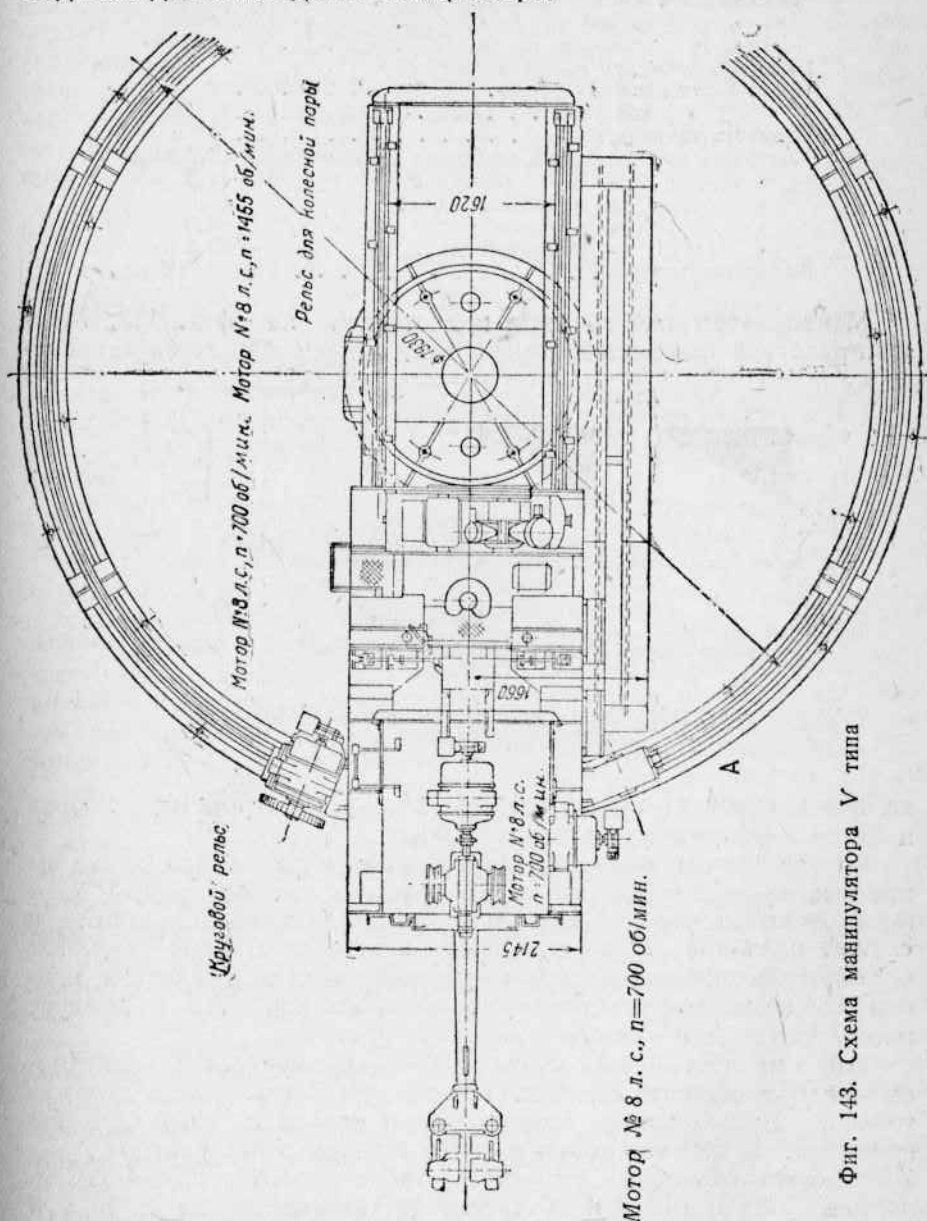
Хобот посредине подвешен на канатах с полиспадами, причем прикрепление нижнего блока полиспаста с балкой, через которую проходит хобот, произведено с применением амортизатора в виде пружин. Подъем или опускание производится через механизм (лебедку), поставленный сверху башни и получающий свое движение через систему шестерен от электромотора А.

Конец хобота внутри башни подвешен на вертикальном винте к верхним балкам башни. Механизм для вращения винта в одну и другую сторону получает движение от электромотора В. При таком устройстве хобот может быть перемещен в вертикальном направлении параллельно самому себе. Вращение хобота происходит через механизм от электромотора С.

Механизм для замыкания и размыкания клещей представлен на фиг. 142. Внутри пустотелого хобота помещается штанга, связанная со штоком поршня пневматического цилиндра. В прорез головки штанги входят концы двухплечих изогнутых рычагов, связанных с захватами клещей. Под давлением воздуха, впускенного в одну (заднюю) сторону поршня, штанга передвинется вперед и клещи разомкнутся, при обратном ее перемещении клещи сомкнутся.

Для получения сжатого воздуха на нижней площадке конструкции манипулятора установлен компрессор (фиг. 141а), получающий движение от электромотора Е (фиг. 141). Над компрес-

сором на кронштейнах помещен резервуар для сжатого воздуха, а на верхней площадке башни расположен бак для воды, необходимой для охлаждения компрессора.

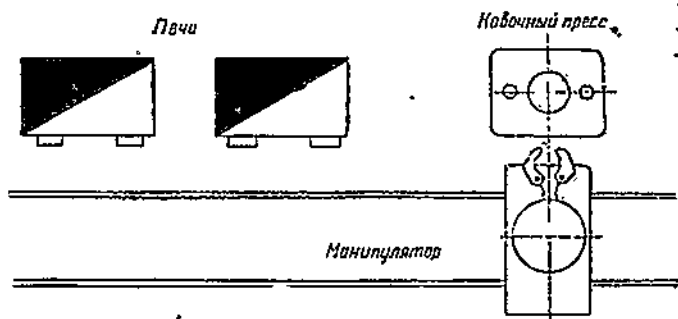


Фиг. 143. Схема манипулятора V типа

Завод Уралмаш строит 3-т манипулятор со следующей характеристикой.

База тележки	3150 мм
Расстояние между центрами рельс	2450 »
Ход хобота в вертикальной плоскости	1000 »
Максимальная высота манипулятора	4100 »
» длина	6400 »
» ширина	2815 »
Скорость движения манипулятора	50 м/мин
Число об/мин манипулятора	6
» хобота	22
Скорость качания хобота	4 м/мин
Мощность электромотора вращения манипулятора	12,3 л. с.
» » движения	12,3 »
» » вращения хобота	12,3 »
» » качания	12,3 »
» » компрессора	16,3 »
Вес манипулятора	32 000 кг

Манипулятор пятого типа представлен на фиг. 143. Мост манипулятора вращается вокруг оси, причем его ходовые коле-



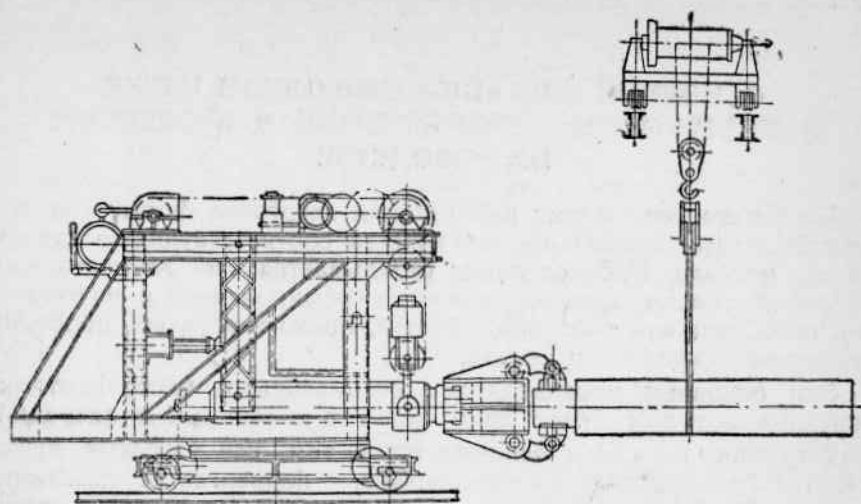
Фиг. 144. Схема относительного расположения манипулятора, прессы и печей

са перемещаются по крутовому рѣльсу. Устройство хобота и клещей аналогично вышеописанному.

Манипуляторы применяются главным образом при ковке на прессах и реже — при ковке на молотах, так как удары бабы молота сильно отражаются на механизме движения хобота и служат причиной поломок. Однако в последнее время имеются примеры применения манипулятора дляковки под молотом, причем хобот снабжается в точках прикрепления его к корпусу манипулятора пружинными амортизаторами.

Тот или другой тип манипулятора применяется в зависимости от потребности. На фиг. 144 представлены схемы относительного расположения манипулятора, прессы и печей для нагрева слитка или заготовки в связи с типом манипулятора.

Манипуляторы для кузнечных работ строятся грузоподъемностью 2, 3, 5, 10, 15 и 20 т, причем манипуляторы в 10 т и выше обычно выполняются по первому и третьему типу и реже по пятому. Манипуляторы в 2, 3 и 5 т строятся всех типов. Манипуляторы грузоподъемностью в 15 и 20 т являются чрез-



Фиг. 145. Манипулятор, работающий совместно с краном

вычайно громоздкими и потому рентабельность их вызывает сомнение.

При ковке тяжелых поковок работа манипулятора совмещается с работой крана, как представлено на фиг. 145. На Ворошиловградском паровозостроительном заводе 5-т манипулятор при совместной работе с краном поворачивает слиток весом в 16 т, а на заводе Форда в США при тех же условиях 20-т манипулятор поворачивает болванку весом в 50 т.

При ковке приходится поворачивать слиток или поковку вокруг их оси. При тяжелых поковках эту операцию производят при помощи кантователя, подвешенного к крюку крана (фиг. 146). Слиток или поковка подвешивается на цепи Галля, которая приводится в движение системой зубчатых зацеплений от электромотора, помещенного в головке кантователя. Провода, подводящие ток к электромотору, введены в будку машиниста мостового крана, обслуживающего пресс. Согласно подаваемым кузнецом снизу сигналам машинист включает и выключает кантователь, сообщая ему требуемое направление. Известная английская фирма Дэви строит подобные кантователи подъемной силой от 10 до 200 т.



Фиг. 146. Кантователь

ГЛАВА VII

ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ СВОБОДНОЙ КОВКИ
И ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КУЗНЕЧНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ

Чтобы придать слитку или катаной заготовке форму определенной детали, необходимо произвести соответствующую деформацию металла. Процессковки складывается из элементарных операций: осадка, высадка, вытяжка (обыкновенная и на оправке), перебивка или разгонка, наметка, прожимка, рубка, пробивка отверстий, прошивка и сварка.

Эти операции производятся специальными инструментами, описание которых будет дано попутно с описанием операций.

Операция осадки заключается в том, что нагретый кусок металла, помещенный на наковальне, подвергается давлению прессы или удару молота, в результате чего первоначальная высота h_0 уменьшается до h и первоначальное сечение f_0 превращается в сечение f . Будет ли первоначальный кусок металла иметь форму цилиндра или призмы, после осадки стороны его будут выпучены, а цилиндр примет бочкообразную форму.

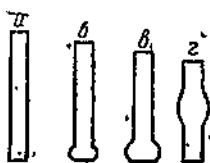
Осадка производится одновременно по всей высоте осаживаемого куска металла.

В тех случаях, когда осадка производится только на некоторой части куска металла, она называется высадкой. На фиг. 147,а представлен прямой стержень, который, будучи нагрет у одного конца и подвергнут давлению или удару, получит уширение у этого конца (фиг. 147,б).

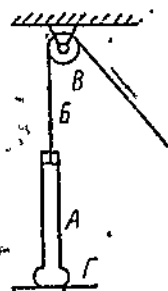
При более сильном давлении высадка происходит в большей степени (фиг. 147,в).

Если нагреть середину стержня и подвергнуть его давлению в направлении оси, то высадка получится по середине стержня (фиг. 147,г). Если необходимо произвести высадку на конце длинных стержней, то обычно прибегают к такому способу, при котором нагретый с одного конца стержень (фиг. 148) подвешивается к канату B , перекинутому через прикрепленный к потолку кузницы блок B . Если теперь потянуть за свободный конец каната, то стержень A будет поднят. При быстрой отдаче каната стержень A упадет на расположенную под ним плиту Γ . Таким образом под влиянием этих ударов нагретый конец стержня A получит высадку.

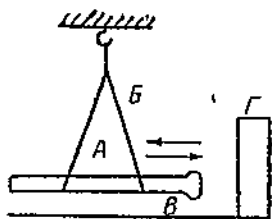
В других случаях высадка производится путем ударов подвешенного на цепях или канатах B стержня A , у которого высаживаемый конец B нагрет до ковочной температуры. Раскачивая стержень A , можно наносить им удары о вертикально поставленную плиту Γ (фиг. 148а), вследствие чего и получится высадка.



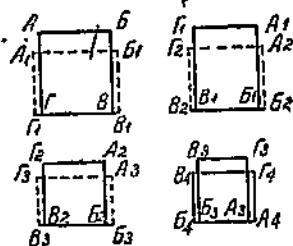
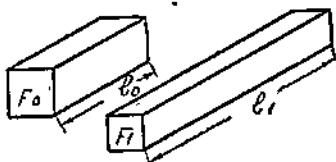
Фиг. 147.
Высадка (схема)



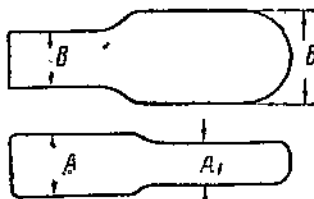
Фиг. 148.
Высадка
особо длин-
ных и тя-
желых за-
готовок



Фиг. 148а. Высадка
особо длинных и тяже-
лых заготовок



Фиг. 149. Вытяжка (схема)



Фиг. 150. Вытяжка

Вытяжкой называется операция, в результате которой брусок с первоначальным поперечным сечением проковываемого бруска F_0 и длиной l_0 превращается в брусок с меньшим сечением F_1 и большей длиной l_1 (фиг. 149).

Постепенный процесс уменьшения поперечного сечения бруска представлен на той же фиг. 149. Сечение $АВВГ$ под нажатием бойка прессы или удара молота уменьшается по высоте и примет вид $А_1Б_1В_1Г_1$. Таким образом при нажатии бойка происходит некоторое уширение металла. Затем брусок поворачивается на 90° и снова подвергается проковке. Тогда сечение $А_1Б_1В_1Г_1$ превращается в сечение $А_2Б_2В_2Г_2$.

Такая операция повторяется до тех пор, пока не получатся форма и размеры требуемого сечения $А_4Б_4В_4Г_4$.

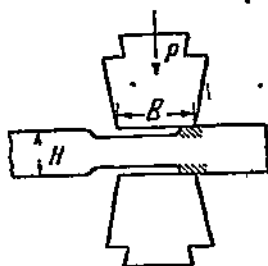
На фиг. 150 показано, как брусок шириной B и высотой A превращается под давлением прессы в брусок шириной B_1 и высотой A_1 . Нажатие бойка может производиться, начиная от конца по стрелке, показанной на той же фигуре.

На фиг. 151 показан брусок, зажатый для вытяжки между бойками, причем перемещение бруска в направлении, перпендикулярном к ширине бойка, производится не на полную ширину бойка.

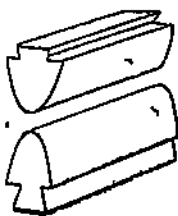
Чтобы ускорить процесс вытяжки, применяются фасонные бойки, представленные на фиг. 152. На фиг. 153 показан результат вытяжки. Как видно, поверхность вытянутого бруска получается очень неровной (положение I), поэтому является необходимым произвести выглаживание путем пропуска под плоскими бойками (положение II), или путем применения специальных гладилок (положение III).

На фиг. 154 представлены фасонные бойки в комбинации с плоскими бойками, что дает возможность произвести быструю вытяжку на фасонных полукруглых бойках, а затем произвести выглаживание на плоской части бойков. Обычно при процессе вытяжки брусок движется перпендикулярно к фронтальной части бабы молота и прикрепленному к ней бойку. После того как произведено обжатие по всей длине бруска, для выглаживания и выпрямления брусок пропускают в направлении, перпендикулярном к первоначальному направлению, т. е. по длине бойка.

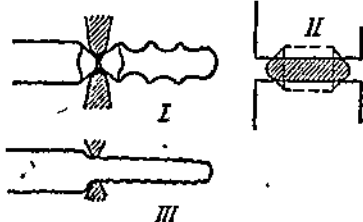
При вытяжке под влиянием нажатия бойка толщина бруска уменьшается, а ширина и длина увеличиваются. Если первоначальная ширина бруска была a_0 и высота h_0 и после нажатия бойка — a_1 и h_1 (фиг. 155), то площадь II поперечного сечения не будет равна площадям III и IV, а будет больше их суммы, так как часть металла потечет в одну и другую сторону в направлении оси бруска. По ширине бойка l_d (фиг. 156) объем металла под бойком будет $a_0 h_0 l_d$. После нажатия линейные раз-



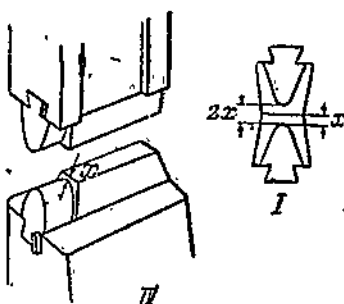
Фиг. 151. Вытяжка



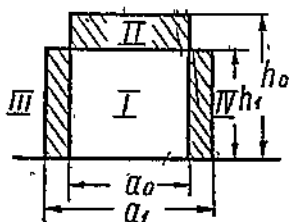
Фиг. 152. Фасонные бойки



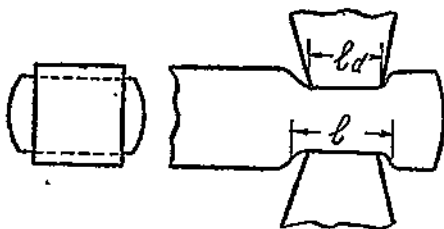
Фиг. 153. Вытяжка под бойками



Фиг. 154. Плоско-фасонные бойки



Фиг. 155. Изменение линейных размеров бруска



Фиг. 156. Изменение линейных размеров бруска

меры изменятся и тот же объем будет определяться произведением $a_1 h_1 l$, причем

$$a_0 h_0 l_d = a_1 h_1 l,$$

но

$$a_0 h_0 = I + II \text{ и } a_1 h_1 = I + III + IV,$$

а так как

$$II > III + IV,$$

то

$$a_0 h_0 > a_1 h_1$$

и следовательно,

$$l > l_d.$$

Площади

$$III + IV = f II,$$

где f — коэффициент меньше единицы, определяемый из нижеприведенной таблицы, составленной Цшейле, в которой значение f определяется по отношению ширины бойка l_d к ширине проковываемого бруска a_0 .

$l_d : a_0$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
f	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,27	0,32	0,37	0,4	0,43	0,5	0,56	0,63	0,7

Сечение $F_1 = a_1 h_1$ определяется по следующей формуле:

$$F_1 = F_0 \left[\frac{h_1}{h_0} + f \left(1 - \frac{h_1}{h_0} \right) \right].$$

Если объем $a_0 h_0 l_d$ разделить на F_1 , то получим величину l , а следовательно, удлинение бруска при этом будет:

$$\Delta l = l - l_d.$$

Приведем пример пользования выводом Цшейле.

Примем, что $a_0 = 12$ см, $h_0 = 12$ см, $l_d = 10$ см и $h_1 = 10$ см. Тогда

$$F_1 = 144 \cdot \left[\frac{10}{12} + f \left(1 - \frac{10}{12} \right) \right].$$

Отношение $l_d : a_0 = 10 : 12 = 0,833$, а значит, $f \approx 0,24$. При этом значении f площадь бруска после нажатия бойка и уменьшения его высоты до 10 см будет

$$F_1 = 124,6 \text{ см}^2.$$

Объем металла под бойком до деформации:

$$12 \cdot 12 \cdot 10 = 1440 \text{ см}^3.$$

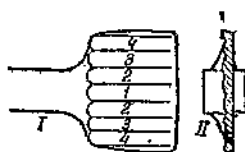
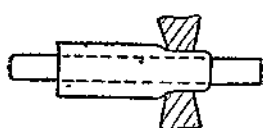
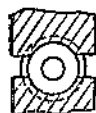
Длина после обжатия

$$l = 1440:121,6 = 11,16 \text{ см.}$$

Так как $l_d = 10$ см, то удлинение бруска от нажатия бойка будет:

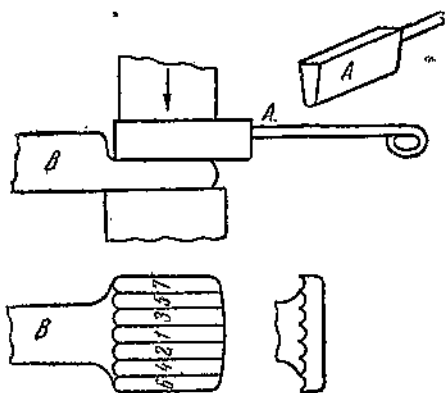
$$\Delta l = 11,16 - 10 = 1,16 \text{ см.}$$

Если бы первоначальная длина бруска была 100 см, то удлинение после его протяжки до толщины 10 см будет 11,6 см.

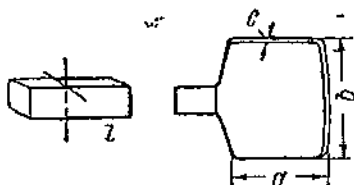


Фиг. 157. Вытяжка на оправке

Фиг. 158. Разгонка



Фиг. 159. Уширение металла после разгонки



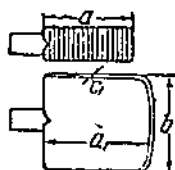
Фиг. 160. Прямоугольная заготовка после разгонки

В некоторых случаях необходимо произвести вытяжку пустотелой поковки, например корпуса орудия. Для этой цели осажженный слиток прошивается, в отверстие вставляется оправка, и затем поковка подвергается нажатию бойков пресса, как показано на фиг. 157. Когда длина бойка имеет одно направление с осью оправки, то происходит раздача по диаметру. Когда же направление длины бойка перпендикулярно оси оправки, то происходит продольная вытяжка.

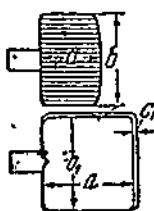
Перебивкой, или разгонкой, называется операция, посредством которой производят увеличение размера поковки в ширину или, как говорят, разгоняют материал по ширине.

На фиг. 158 и 159 представлен кусок металла, первоначально осаженный не по всей длине под молотом, и другой кусок, который значительно уширен. Уширение производится наложением на металл так называемых разгонок *A*, которые могут иметь сечение круглое, полукруглое, квадратное, треугольное (см. ниже).

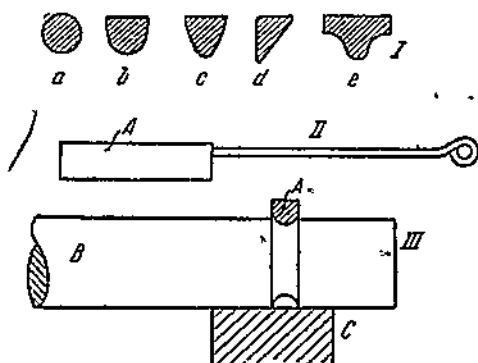
Разгонка металла начинается с середины (фиг. 159). Разгонка устанавливается на место, которое обозначено цифрой 1. После



Фиг. 161.
Первый метод разгонки



Фиг. 162.
Второй метод разгонки



Фиг. 163. Прутки для разметки (наметки)

того как будет произведен по разгонке удар молотом, она перемещается в место 2 с левой стороны, после этого в место 2 с правой стороны. Таким образом, перемещая разгонку от центра к периферии и нанося по ней удары бойком молота, постепенно перемещают металл от середины к краям, вследствие чего и происходит уширение металла.

На фиг. 160 показана заготовка с прямоугольной формой сечения, которая превращается в изделие, показанное с правой стороны и имеющее ширину *b* и длину *a*. Процесс изготовления этого изделия показан на фиг. 161 и 162.

Чтобы определить границу перехода прямоугольной части металла к той части, которая должна быть раскатана, производится разметка наметкой. Наметка представляет собой кусок стали круглого, полукруглого, треугольного и других сечений, как показано на фиг. 163. Процесс наметки производится

следующим образом. На выбранном месте, определяемом циркулем или определенным шаблоном, ставится наметка и по ней наносится удар молотом, вследствие чего она углубляется в металл, образуя желобок, который и является границей двух частей поковки.

Для перебивки металла по ширине или, как говорят, для уширения или разгонки металла по ширине, применяются инструменты, которые носят название раскаток или разгонок (фиг. 164). Если приходится вести раскатку больших поверхностей, то применяются раскатки, изображенные на фиг. 164,з. Такая раскатка носит название ложки, так как имеет нижнюю часть ложкообразной формы.

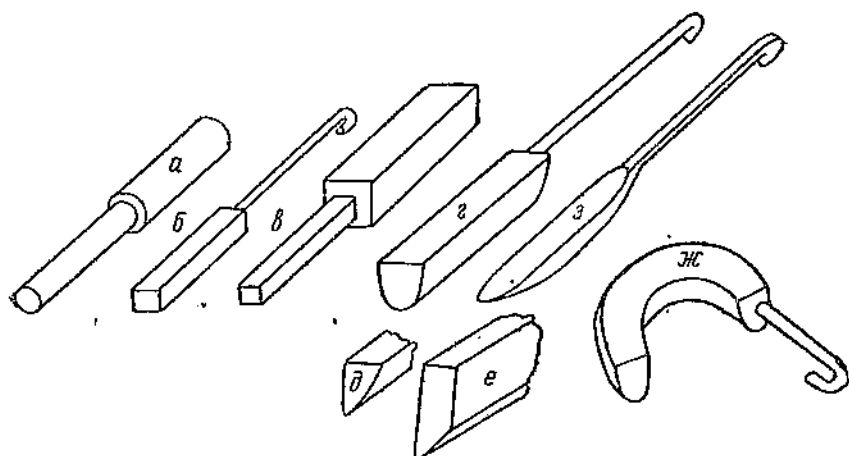
Кроме таких раскаток, для больших поверхностей применяются еще раскатки искривленного или полукруглого типа, которые представлены на фиг. 164, ж.

Раскатки фиг. 164, б и 164, в носят название квадратов; раскатка фиг. 164, д называется треугольной и раскатка фиг. 164, е — трапецевидной.

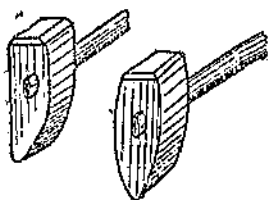
После наметки иногда применяют для углубления образованного жолоба прожимки (фиг. 165).

При свободной ковке очень часто приходится проделывать в поковке отверстие. Для пробивки небольших отверстий применяется так называемый пробойник (фиг. 166), имеющий вид молотка с утонченным концом, по форме дыры, которую требуется пробить. Металл нагревается, затем ставится на кольцо на наковальню, сверху наставляется пробойник, по-обушку которого производятся удары молотом.

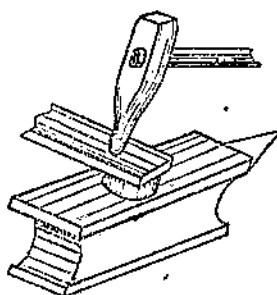
Если требуется проделать в поковке дыру большего размера, то применяются прошивки, и самый процесс носит название прошивки. Прошивки могут быть сплошные и пустотелые. При необходимости производить прошивку больших слитков и при большом диаметре прошиваемого отверстия сплошные прошивки делаются из нескольких частей (фиг. 167), причем самая короткая нижняя часть А, которая наставляется на нагретый слиток, вдавливается в металл К прессом на глубину около 10 мм. Затем этот прошивень, имеющий вид цилиндра с закругленными в нижней части углами, снимается и в образованное им углубление насыпается древесный или каменный молотый уголь, после чего прошивень А ставится в образованное углубление и путем нажима на него бойком пресса углубляется на три четверти своей высоты. Далее на него наставляют другой цилиндр, несколько большей высоты, но меньшего диаметра, и на этот второй цилиндр производят нажим бойком пресса также до трех четвертей его высоты. Если высота прошиваемого куска металла значительна, то приходится ставить несколько надставок на основной прошивень для того, чтобы прошить дыру, как показано на фиг. 167. После этого слиток переворачивают, как показано на той же фигуре, и давлением прошивня с обратной



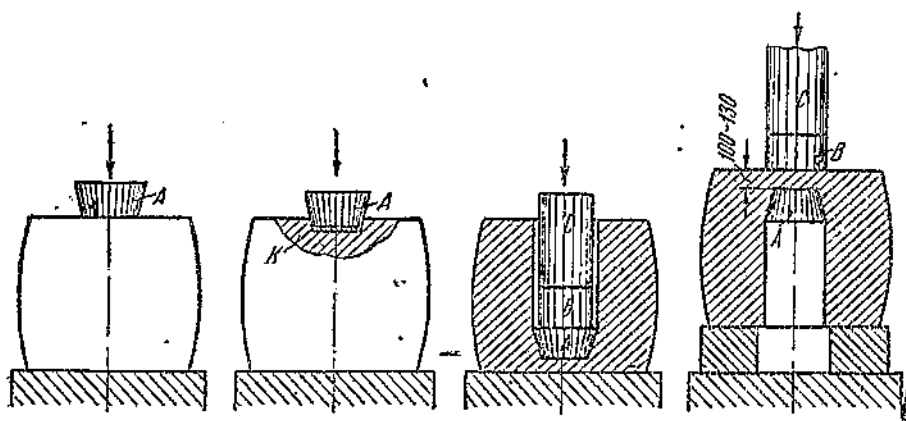
Фиг. 164. Раскатки (разгонки) разных сечений



Фиг. 165. Прожимки



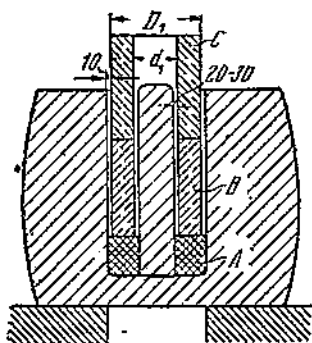
Фиг. 166. Пробивка дыр' сробником



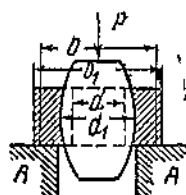
Фиг. 167. Прошивка болванки

стороны оставшийся непрошитый кусок металла выталкивается вниз.

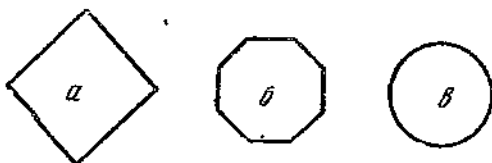
В очень больших слитках в процессе тяжелойковки применяется прошивка при помощи пустотелых прошивней, представляющих собой пустотелые цилиндры. На фиг. 168 представлена прошивка таким пустотелым прошивнем.



Фиг. 168. Прошивка болванки пустотелым цилиндром



Фиг. 169. Калибровка дыры



Фиг. 170. Разные формы калибров

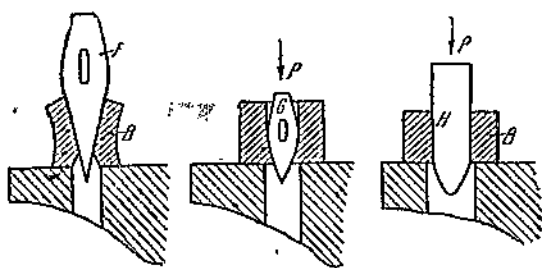
Очень часто требуется, чтобы проделанное в металле отверстие имело вполне определенные размеры. Для этого прибегают к калибровке этих отверстий, для чего через проделанное отверстие прогоняют калибр, как показано на фиг. 169. Калибры имеют различную форму в зависимости от необходимости. На фиг. 170 представлены различные формы калибров для калибровки отверстий в поковках.

При горновой работе очень часто применяется примитивный способ образования отверстий, который заключается в том, что ручным кузнечным зубилом прорубается металл с одной, затем с другой стороны и образуется дыра, которая калибруется сначала калибром *G*, а затем *H*, как это показано на фиг. 171.

При свободной ковке необходимо производить обрубку излишка металла, чтобы поковка имела требуемую длину. Затем приходится в некоторых случаях производить вырубку части

металла. Для этой цели применяются так называемые кузнечные зубила (фиг. 172). Кузнечное зубило имеет вид молотка, у которого нижняя часть заострена и имеет лезвие.

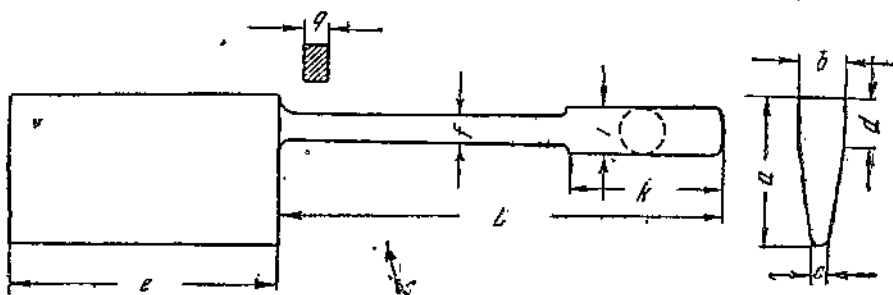
Для более крупных работ применяются так называемые кузнечные топоры (фиг. 173),



Фиг. 171. Прорубка дыр



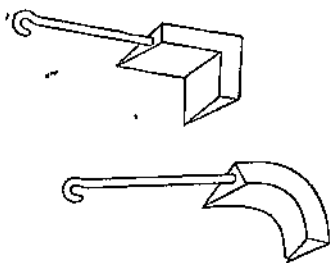
Фиг. 172.
Кузнечное
зубило



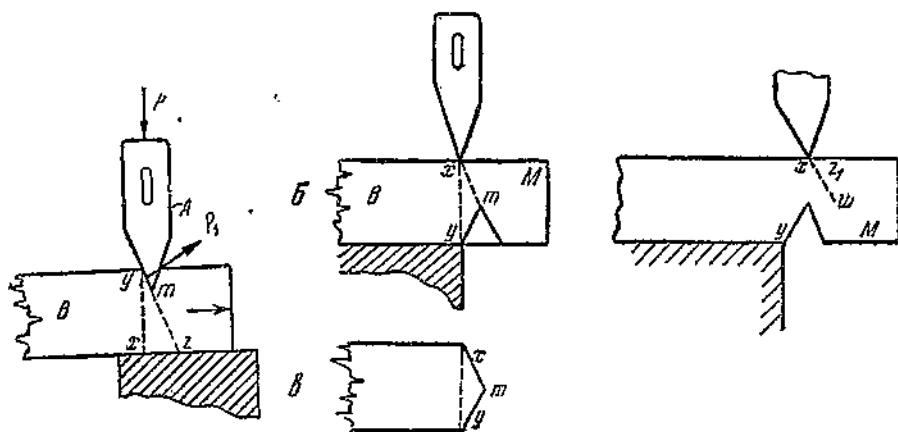
Фиг. 173. Кузнечный топор

Топоры могут иметь форму, представленную на фиг. 174. Рубка зубилом показана схематично на фиг. 175. Как видно на фигурах, рубка производится с одной стороны бруска, доводится приблизительно до середины; затем брусок переворачивается, и рубка производится с обратной стороны. Если при повороте зубило поставлено неверно, то в результате рубки получается конец с заусенцем, как показано на фиг. 176. На фиг. 177 и 178 представлена рубка заусенца.

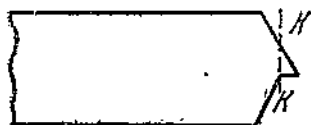
Для ручной рубки применяется зубило, у которого угол заострения может быть около 20° , как это представлено на фиг. 179. Если же рубка производится под молотом, то лезвие зубила должно быть заточено так, чтобы угол заострения был



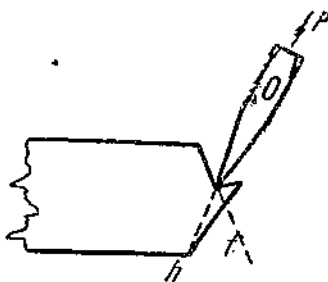
Фиг. 174. Фасонные топоры



Фиг. 175. Рубка зубилом

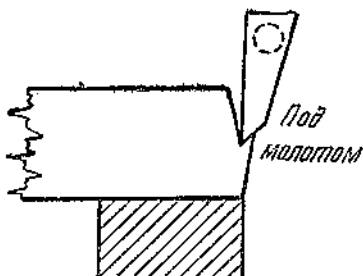


Фиг. 176. Заусенец от неправильной установки зубила



Фиг. 177. Рубка заусенца ручным зубилом

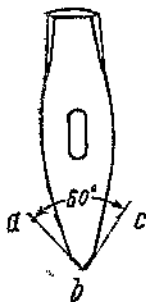
равен 60° , как это представлено на фиг. 180. В некоторых случаях делаются односторонние зубила, поперечное сечение которых изображено на фиг. 181 (угол заострения $70-80^\circ$). При ручной ковке очень часто применяется рубка посредством одновременного применения нижнего и верхнего зубила, как показано на фиг. 182.



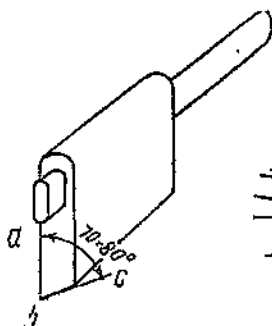
Фиг. 178. Рубка заусенца под молотом



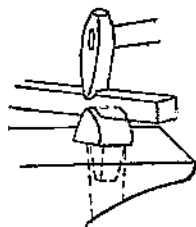
Фиг. 179. Ручное зубило



Фиг. 180. Зубило для рубки под молотом



Фиг. 181. Одностороннее зубило



Фиг. 182. Двухсторонняя рубка

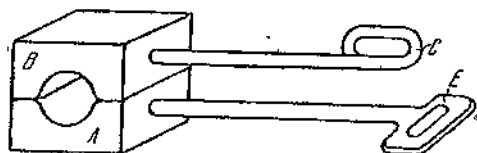
Топоры применяются при ковке под молотом и при ковке слитков, которые могут быть очень крупных размеров, например до 3 м в длину и диаметром 2,5 м.

Так как в большинстве случаев ковка производится под плоскими бойками, то получение на них поковки круглого сечения является делом очень трудным. Поэтому применяются так называемые подкладные штампы. Обычно брусок куется на квадрат, затем на восьмигранник, затем берется подкладной штамп вида, представленного на фиг. 183. Поковка вкладывается в этот штамп, который помещается на наковальне молота, и наносят удары по верхней части штампа, поворачивая

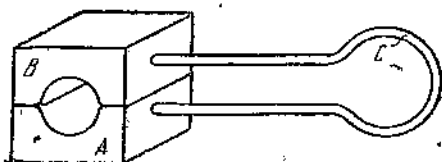
в это время поковку, почему получаются очень гладкая поверхность поковки и правильной формы цилиндр.

Для более мелких поволоков применяются подкладные штампы, носящие название обжимок (фиг. 184).

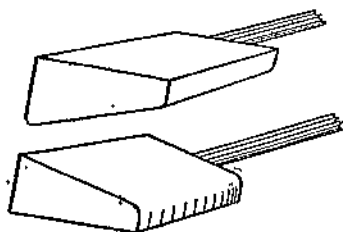
По тем же соображениям очень трудно производить под плоскими бойками поковки, имеющие наклонные поверхности



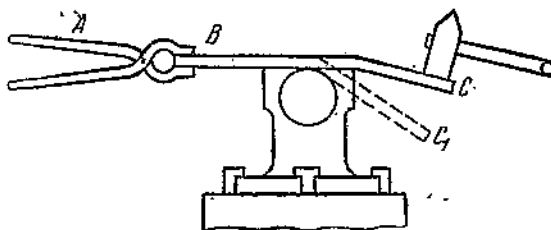
Фиг. 183. Подкладной штамп



Фиг. 184. Обжимка



Фиг. 185. Клиновые раскатки



Фиг. 186. Гибка на наковальне

или форму клина. Для выполнения таких поволоков требуется иметь в кузнице целый набор так называемых клиновых раскаток (фиг. 185). Один клин кладется на наковальню молота; на него поковка и поверх ее другой клин. Предварительно на плоских бойках производится приблизительное оформление по клину части поковки. На клиновых же раскатках производится окончательное оформление этих поверхностей и их выглаживание.

Одной из основных операций свободнойковки является гибка. При ручнойковке гибка производится очень просто, как это показано на фиг. 186. Нагретая полоса кладется на на-

ковально и придерживается за один конец клещами, а по другому концу наносятся удары молотком до тех пор, пока полоса не будет изогнута на требуемый угол. Если поковка имеет более значительные размеры, то гибка производится таким образом, что полоса зажимается между бойками молота, а выступающий конец подвергается ударам молотка, куда полоса не будет изогнута на требуемый угол.

В некоторых случаях применяются для гибки подкладные штампы, как это представлено на фиг. 187.

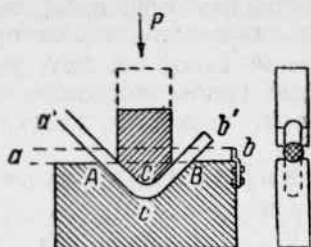
Во многих случаях приходится применять более сложные подкладные штампы, чтобы получить требуемую форму изделия. На фиг. 188 представлена гибка в таких штампах.

Следующей, довольно редко применяющейся в кузнечном деле операцией является кручение. На фиг. 189 показано изделие, полученное путем кручения, а на фиг. 190—схема процесса кручения. При кручении волокна металла перемещаются на определенный угол α . Места поковки, подвергающиеся кручению, обычно имеют более низкие механические свойства, чем те места, которые не подвергались кручению. При ковке дизельных валов колена отковываются в одной плоскости, после чего производится нагрев шейки вала, расположенной между коленами, и поворот одного колена в отношении другого на требуемый угол, как представлено на фиг. 191. Шейка вала будет иметь волокна, повернутые на определенный угол, и поэтому она является более слабым местом вала.

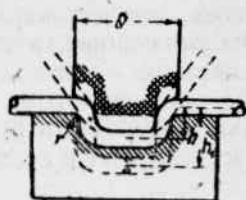
На фиг. 192 представлен процесс кручения. Чтобы повернуть рычаг тормозного вала на определенный угол, применяется ключ, надеваемый на то место вала, где находится рычаг. Один конец вала зажимается в тисках.

Значительную роль в свободной ковке играет процесс сварки. Как известно, сталь, нагретая до определенной температуры, обладает пластическими свойствами. Если эту температуру повысить настолько, что поверхность нагреваемого куска примет тестообразное состояние, то такие два куска стали, будучи прижаты один к другому, сварятся.

Сварка требует необычайного внимания при нагреве свариваемых кусков стали. Необходимо, чтобы места, которые будут подвергаться сварке, не имели на поверхности окалины и не были покрыты шлаком. Для этого нагрев следует вести таким образом, чтобы пламя не было окислительным, т. е. без излишка кислорода, и чтобы эти места были все время защищены слоем шлака от непосредственного воздействия пламени на металл. Для образования шлака несколько нагретый кусок металла обсыпают флюсом— мелким речным просеянным песком, смешанным с бурой. Образуется легкоплавкий шлак, который покрывает поверхности свариваемых мест. Этот же шлак растворяет окалину, которая успела образоваться до покрытия металла



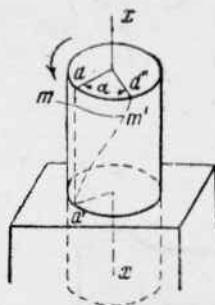
Фиг. 187. Гибка в подкладном штампе



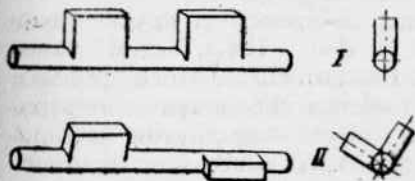
Фиг. 188. Гибка в сложном подкладном штампе



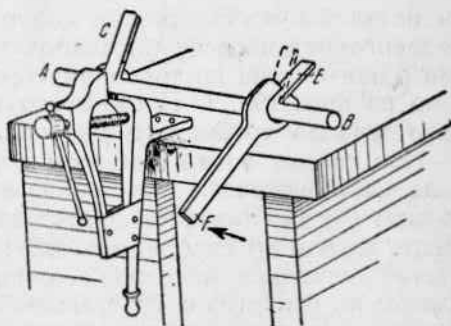
Фиг. 189. Изделие, полученное кручением



Фиг. 190. Схема кручения



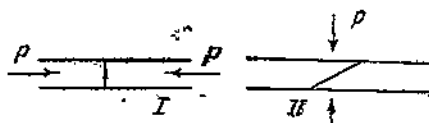
Фиг. 191. Поворот колена дизельного вала



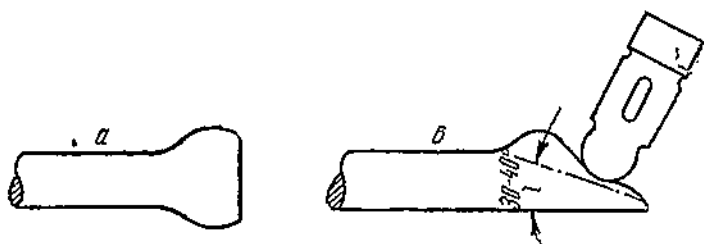
Фиг. 192. Кручение валика

шлаком. Когда свариваемые места будут нагреты до температуры сварки (белокалийный жар), то их быстро вынимают из горна, ударяют о наковальню, чтобы сбросить весь шлак, спешно скребком и молотком очищают свариваемые места от приставшего шлака, быстро накладывают один кусок на другой и наносят сперва слабые, а затем сильные удары молотком. Сварка мелких деталей производится ручным способом, сварка более крупных — под молотом.

Сварка может быть произведена в притык, внахлестку, в замок или посредством шашек.



Фиг. 193. Сварка впритык (I) и внахлестку (II)



Фиг. 194. Сварка внахлестку

Сварка в притык заключается в том, что свариваемые куски металла в местах сварки получают небольшую высадку, затем подвергаются нагреву до сварочной температуры, и путем нажатия одного куска на торец другого производят сварку, как показано на фиг. 193, I. После этого производится проковка сваренного шва до требуемого размера по диаметру.

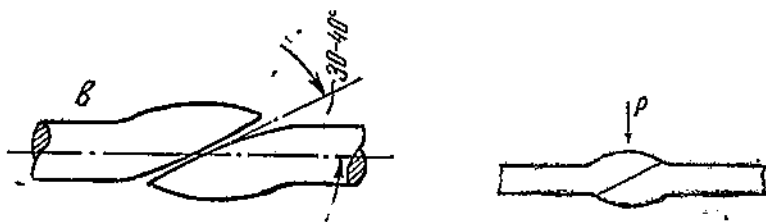
При сварке внахлестку концы свариваемых прутьев вначале высаживаются, как показано на фиг. 194, а, затем отковылают (б) так называемые лацканы (ласки). После этого производится нагрев до сварочного жара, очистка свариваемых поверхностей от шлака, наложение одного лацкана на другой, как показано на фиг. 195 и 195а, и проковка этого места под молотом.

Сварка в замок представлена на фиг. 196. Один конец нагревается, высаживается, затем производится разрубка высаженной части. У другого прутка конец заостряется ковкой, затем обработанные концы нагреваются до сварочного жара и заост-

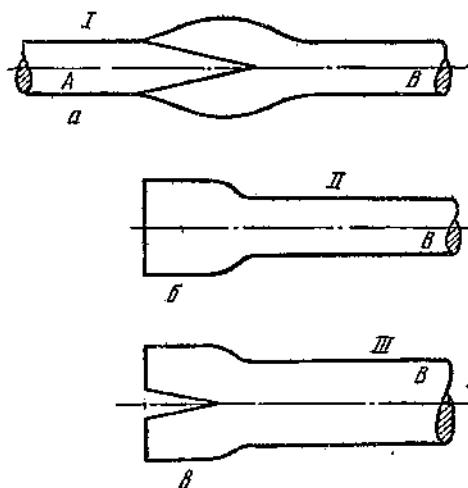
ренный конец вдвигается в расширенный разрубленный конец второго прутка и проковывается (фиг. 196а).

Таким же образом можно производить сварку и под углом.

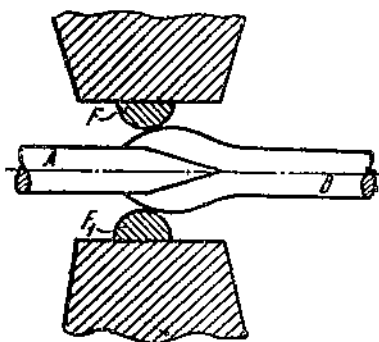
При более крупных сечениях свариваемых частей применяется сварка в шашку. Для этого концы обрубаются с наклоном приблизительно от 30 до 45°, как это представлено на фиг. 197.



Фиг. 195 и 195а. Проковка лацканов



Фиг. 196. Сварка в замок



Фиг. 196а. Сварка в замок

Затем отдельно отковывается шашка с таким же углом наклона. Свариваемые куски *а* и *б* временно соединяются скобами. Свариваемое место подвергается нагреву до требуемой сварочной температуры. Точно так же нагреваются две шашки *к*, после чего они вкладываются в треугольное пространство между *а* и *б*, и все это проковывается под молотом.

Такая сварка может производиться посредством одной или двух шашек.

Сварке могут подвергаться не все сорта стали. Углеродистые мягкие стали свариваются хорошо, стали же инструментальные не свариваются. Точно так же не свариваются многие легированные стали.

Свариваемость стали зависит от содержания в ней различных примесей. Так, например, с увеличением содержания углерода свариваемость стали падает. Содержание кремния выше 0,3% сильно уменьшает свариваемость стали. Точно так же понижают свариваемость стали примеси хрома, вольфрама, ванадия, серы, фосфора и особенно мышьяка. Наличие меди также уменьшает свариваемость стали. Марганец, по мнению проф. Липина, способствует получению чистой сварки. Содержание до 2—3% Ni при низком содержании углерода влияния на свариваемость не оказывает.

По исследованию Гага, свариваемость стали с содержанием 0,1% С для практических целей определяется следующими предельными содержаниями элементов: до 3,5% Mn, до 1,4% Al; до 0,9% Cu; до 0,3% Si и до 0,1% As.

При высоком содержании углерода хром и вольфрам образуют при горновой сварке пленки окислов, которые не растворяются во флюсе, применяемом при сварке. Также влияют молибден и ванадий. Кремний образует пленки окислов и шлаков, которые плохо удаляются с поверхности стали в месте сварки, почему кремний в значительной мере понижает свариваемость стали.

Дигель рекомендует следующее предельное содержание элементов углеродистой стали, при котором можно получить хорошую, надежную сварку: углерода — 0,2—0,3% и не более 0,5%, кремния возможно меньше и не более 0,2%, марганца 0,6—0,8%, фосфора и серы — 0,03% и максимум 0,05%.

Из работ Неезе следует, что если содержание мышьяка превышает 0,1%, то железо делается красноромким.

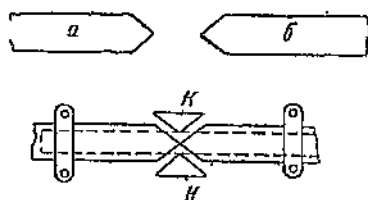
Чем чище была поверхность соприкосновения свариваемых кусков металла, тем прочнее получается сварной шов. Обычно сварку считают хорошей, если прочность сварного шва не меньше 85% прочности сплошного металла. Но в большинстве случаев прочность его колеблется между 60 и 80%. Заводы, которые занимаются специально сваркой резервуаров и труб высокого давления для химической промышленности, гарантируют прочность сварного шва в 100%. Обычно сварка у них ведется на водяном газе.

Качество сварки проверяется путем изгиба по месту сварки. Если при изгибе шов не расходится, считается, что сварка произведена достаточно хорошо.

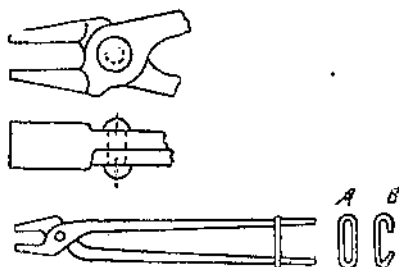
Необходимым инструментом кузнеца являются клещи, которыми кузнец захватывает и держит поковку. В зависимости от формы поперечного сечения поковки клещи имеют соответствующую

шую форму губок, которыми они сжимают поковку. На фиг. 197 а представлены клещи для поковки прямоугольного сечения. Одни и те же клещи не могут применяться для любой толщины заготовки. Чтобы поковку удержать в губках клещей, применяется кольцо А или скоба В. Кольцо или скобу надевают на тот конец клещей, который держит кузнец.

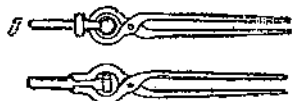
Для повок круглой формы сечения применяются клещи с полукруглыми губками, как показано на фиг. 198. Так как сортовой материал имеет весьма разнообразный диаметр, то размеры радиусов закругления губок довольно разнообразны.



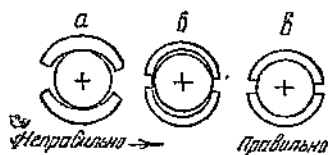
Фиг. 197. Сварка в шашку



Фиг. 197а. Клещи с плоскими губками



Фиг. 198. Клещи с полукруглыми губками

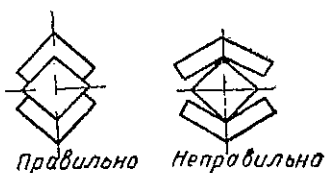


Фиг. 199. Правильный и неправильный захват круглой заготовки

Если губки имеют закругление по большему радиусу, чем радиус поковки, то поковка не может быть плотно зажата и может иметь боковые перемещения (фиг. 199). Когда радиус закругления губок несколько меньше радиуса круглой поковки, то последняя бывает зажата лишь в четырех местах и потому не может иметь перемещений (фиг. 199,б). На фиг. 199,в показан захват круглой поковки клещами, у которых размер радиуса закругления губок соответствует радиусу круглой поковки.

При ковке повок квадратного сечения применяются клещи с формой концов для захвата поковки, как показано на фиг. 200. Правильный и неправильный захват губок показан на фиг. 201. Клещи с губками самой разнообразной формы показаны на фиг. 202 и 202а.

На фиг. 203 представлены клещи, применяемые для ковки поковок малых поперечных размеров. Так как губки имеют двойной изгиб, то они пружинят и потому хорошо зажимают поковки.



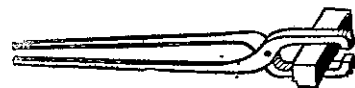
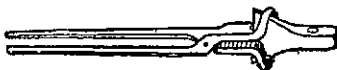
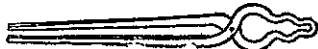
Фиг. 201. Правильный и неправильный захват квадратной заготовки



Фиг. 200. Клещи для квадратной заготовки



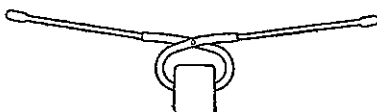
Фиг. 202. Клещи с губками разной формы



Фиг. 202а. Клещи разной формы



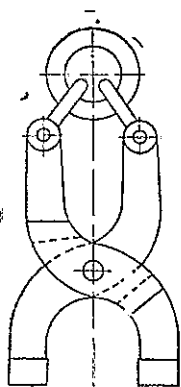
Фиг. 203. Клещи для поковок с малым поперечным сечением



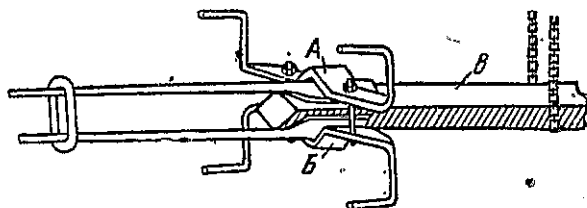
Фиг. 204. Ручные клещи для переноски

На фиг. 204 представлены клещи для переноски вручную, а на фиг. 205 — клещи, применяемые при переноске заготовок и поковок краном.

При более крупных поковках, производимых под молотами, применяют вместо клещей так называемые воротажки различ-



Фиг. 205. Кра-
новые клещи
для переноски

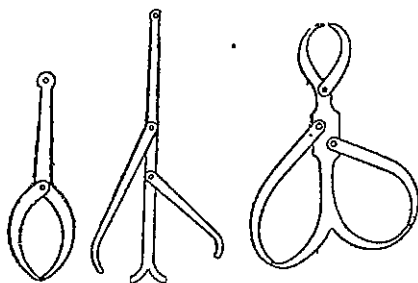


Фиг. 206. Воротяжка

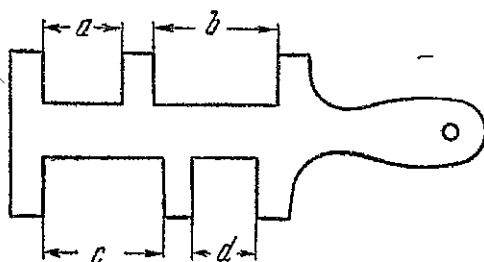
ных конструкций. На фиг. 206 изображена воротяжка, состоящая из двух пластин *A* и *B*, наложенных на поковку *B* и стянутых болтами. Концы каждой пластины оттянуты в виде рукояток. Между поковкой и пластинами *A* и *B* зажаты угольники с оттянутыми концами *Г*. Поковка подвешивается на цепи, прикрепленной к крюку крана, и, следовательно, может перемещаться в вертикальном направлении. Благодаря наличию рукояток возможно вращать поковку; угольники *Г* позволяют давать поковке требующиеся перемещения вперед и назад, а также боковые.

При тяжелой ковке из слитка для держания последнего применяются так называемые патроны (см. далее).

Измерительный инструмент необходим для проверки соответствия поковки надлежащей форме и размерам. Форма поковки во многих случаях может



Фиг. 207. Кронциркули



Фиг. 208. Мерительная скоба

быть проверена шаблоном размеры проверяются метром, циркульем, кронциркулем. Углы наклона проверяются угломерными инструментами, прямолинейность — стальными линейками.

Размер диаметра и поперечного (толщины) размера поковки проверяют кронциркулем или скобой. Применяемые в кузнечном деле кронциркули показаны на фиг. 207. Скоба с максимальными и минимальными размерами представлена на фиг. 208. Проверка прямых углов производится угольником и любых углов — угломером. Иногда угломер снабжается лимбом для отсчета градусов.

Проверка правильности формы и размеров поковки производится на проверочной плите. Последняя изготовляется из чугуна с тщательно обработанной верхней поверхностью, строго соответствующей плоскости. Боковые стороны должны быть обработаны и расположены под прямым углом к верхней поверхности плиты. Плита имеет правильную форму четырехугольника. При проверке применяется рейсмус и другие приборы для разметки.

ГЛАВА VIII

ПРИПУСКИ И ДОПУСКИ

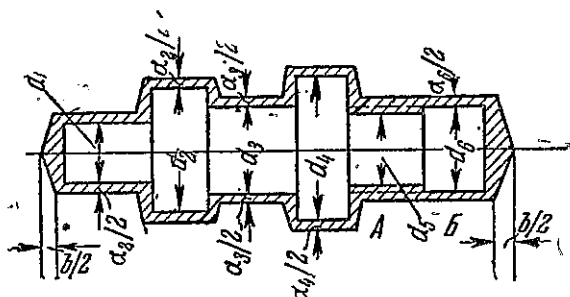
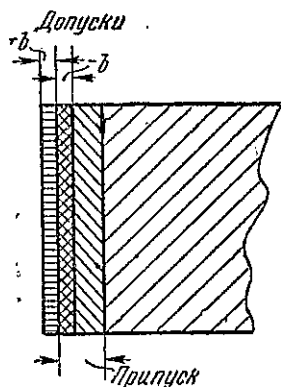
Большинство изделий и деталей машин, изготавливаемых ковкой, подвергаются в дальнейшем механической обработке, ввиду чего при ковке предусматривают увеличенные размеры изделия или, как говорят, поковка изготовляется с припусками на механическую обработку, при которой металл припуска обращается в стружку. Таким образом на изготовление кововой детали, подвергаемой в дальнейшем механической обработке, требуется затратить большее по весу количество металла, чем вес обработанной детали. Чем меньше будут припуски, тем меньше металла пойдет в отход при механической обработке, тем меньше будет затрата металла на изготовление поковки и меньше затрата на механическую обработку, а следовательно, и стоимость изделия будет меньше. Вопрос о припусках является чрезвычайно важным и необходимо стремиться к их сокращению.

Ввиду того что поковка не может быть выполнена совершенно точно по размерам чертежа, устанавливаются отклонения от размеров чертежа, которые носят название допусков. Допуски могут быть положительные и отрицательные. Положительный допуск означает допустимое увеличение, а отрицательный — уменьшение данного размера. Не всегда положительный допуск равен отрицательному для одного и того же размера.

Величина припусков и допусков в значительной мере зависит от искусства кузнеца, но отчасти и от производственных условий — качества материала, исправности машин-орудий и инструмента и их соответствия производимой кузнечной работе.

На фиг. 209 показана схема припусков и допусков. Отрицательный допуск часто принимают равным половине припуска.

На фиг. 210 представлена поковка с припусками. Величина припуска, как будет указано ниже, зависит от размера поперечного сечения поковки и ее длины.



Фиг. 209. Схема допусков и припусков

Фиг. 210. Поковка с припусками

Наши большие машиностроительные заводы уже давно разработали таблицы припусков для различных изделий для кузнецов средней квалификации. Весь этот материал был обработан Гипромашем и издан в виде отдельной книги, в которой помещено много таблиц припусков и допусков для различной формы изделий. Однако пользоваться этими таблицами можно с применением коэффициента 0,7, т. е. припуски, приведенные в указанной книге Гипромаша, следует уменьшить до 0,7.

Таблица 25

Максимальные припуски на гладкие поковки круглого и квадратного сечения

Длина изделия, мм	Диаметр или сторона квадрата, мм						
	До 50	51—75	76—100	201—250	301—350	401—500	501—600
До 150	7/13	10/20	12/26	25/58	32/74	39/ 92	43/100
151— 250	8/14	11/21	12/28	26/59	33/75	40/ 93	44/100
251— 500	10/16	12/22	15/29	27/60	34/76	41/ 94	44/102
3001— 4000	21/25	24/31	28/37	38/67	47/82	53/ 99	55/106
8000—10000	29/32	32/38	40/44	54/72	65/87	73/104	75/110

Примечание. Левые цифры (числитель)—припуск на диаметр или сторону квадрата, правые цифры (знаменатель)—припуск на длину.

Припуски и допуски для кузнечных работ были проработаны и ЦНИИМАШ (Центральный научно-исследовательский институт машиностроения).

Для иллюстрации таблиц припусков и допусков, составленных Гипромашем по материалам заводов приведем выдержки из них.

Из табл. 25 следует, что припуск при одном и том же диаметре тем больше, чем больше длина поковки. Например при диаметре 350 мм и длине 500 мм припуск на диаметр будет 34 мм, а на длину 76 мм, а при диаметре 350 мм и длине 10 000 мм припуск на диаметр будет 65 мм и на длину 87 мм, т. е. припуск на диаметр почти в два раза больше.

Припуск по длине обычно принимают равным $1\frac{1}{2}$ припуска на диаметр, припуск на каждую сторону выступа по $\frac{3}{4}$ припуска на диаметр.

При ковке из слитка припуски даются большие, чем в случаековки из катаной заготовки. Если поковка имеет различные сечения, то припуск определяется для каждого размера диаметра, исходя из общей длины поковки, но если уступ между смежными частями поковки не превышает 5 мм на сторону, то ковка производится с напуском (фиг. 211) без выполнения такого незначительного по своей величине уступа.

Припуски и допуски, проработанные ЦНИИМАШ, можно определять по нижеприведенным формулам, которые являются несколько сложными. ЦНИИМАШ назвал поперечный размер доковки с припусками номинальным поперечным размером, или номинальным диаметром,

Фиг. 211. Деталь с напуском

а поперечный размер изделия — номинальным размером изделия. В основу определения припусков ЦНИИМАШ берет диаметр изделия и его длину.

Для определения припусков на диаметр гладких цилиндрических поволоков предлагаются следующие формулы: для поволоков, изготовляемых из катаного материала или обжатого слитка,

$$a = 0,4 \sqrt{D} \cdot \lg(0,1 L)$$

и для поволоков, изготовляемых из слитка,

$$a = 0,7 \sqrt{D} \cdot \lg(0,025 L),$$

где D — номинальный диаметр изделия;

L — длина изделия;

a — припуск на диаметр.

Припуск на диаметр изделия цилиндрической формы с усту-

нами при изготовлении поковки из катаной заготовки или обжатой болванки определяется по формуле:

$$a = 0,4 \sqrt{D} \cdot (\lg 0,2 L) + \lg (n + 1),$$

где n — число уступов в изделии.

При изготовлении изделия из слитка предлагается пользоваться другой формулой:

$$a = 0,7 \sqrt{D} \cdot \lg (0,25 L) + \lg (n + 1).$$

Промежуточные уступы, выемки и концевые части поковки обжимаются в том случае, если разность номинальных диаметров смежных участков изделия равна или больше полуторного допуска, считая по меньшему диаметру.

ЦНИИМАШ устанавливает для поковок три класса точности, определяемые по следующим формулам (с округлением до целого числа):

$$1\text{-й класс точности } \Delta_1 = 0,24 \sqrt{D} \cdot \lg (0,1 L)$$

$$2\text{-й } > > \Delta_2 = 0,32 \sqrt{D} \cdot \lg (0,1 L)$$

$$3\text{-й } > > \Delta_3 = 0,38 \sqrt{D} \cdot \lg (0,1 L)$$

D — номинальный диаметр изделия.

Допуски на диаметр выемки для цилиндрических поковок с уступами и выемками определяются по следующим формулам:

$$1\text{-й класс точности } \Delta_1 = 0,3 \sqrt{D} \cdot \lg (0,1 L)$$

$$2\text{-й } > > \Delta_2 = 0,42 \sqrt{D} \cdot \lg (0,1 L)$$

$$3\text{-й } > > \Delta_3 = 0,5 \sqrt{D} \cdot \lg (0,1 L)$$

Припуск по длине определяется равным припуску на диаметр. Допуски по длине предлагается определять по следующим формулам:

$$1\text{-й класс точности } \lambda = 0,006 L + 0,04 D$$

$$2\text{-й } ; > \lambda = 0,007 L + 0,05 D + 1 \text{ мм}$$

$$3\text{-й } ; > \lambda = 0,1 L + 0,06 D + 2 \text{ мм}$$

В общем методология определения припусков и допусков, предложенная ЦНИИМАШ, очень сложна и потому нельзя ожидать широкого применения ее в производстве.

Более простой способ определения припусков и допусков был установлен Обществом германских инженеров еще в 1932 г. Он заключается в следующем.

Поковки, не подвергающиеся механической обработке, изготавливаются с соблюдением допусков в сторону, большую и в сторону меньшую для данного размера.

Для поковок, подвергающихся механической обработке, припуски определяются по нижеприведенным формулам.

Поковки изготавливаются под молотами и под ковочным прессом.

Для молотовых поковок припуск по диаметру или размеры поперечного сечения определяются по формуле:

$$Z_0 = 0,06 D + 0,0017 L + 2,8 \text{ мм},$$

где D — диаметр или толщина, а L — длина.

Припуск по длине

$$Z_1 = 0,08 D + 0,002 L + 10 \text{ мм}.$$

Для прессовых поковок припуски определяются по формулам:

$$\text{для толщины } Z_0 = 0,06 D + 0,002 L + 23 \text{ мм};$$

$$\text{• длины } Z_1 = 0,05 D + 0,05 L + 26 \text{ мм}.$$

Размер D для определения припуска по длине берется средним.

Допуски на диаметр и длину поковки определяются по следующим формулам:

$$\text{Допуск на диаметр } \Delta_0 = 0,028 D + 0,0004 L + 0,5 \text{ мм};$$

$$\text{• • длину } \Delta_1 = 0,03 D + 0,003 L + 1,2 \text{ мм}.$$

Отрицательный допуск обычно принимается равным половине припуска.

При определении припусков и допусков на поковки более крупных по диаметру и длине размеров один из больших западно-европейских заводов применяет следующий метод.

Припуск на собственно обработку определяется по формуле:

$$X_1 = 9 + 0,025 D,$$

где D — диаметр или сторона квадрата.

Припуск на неточность выполнения поковки

$$X_2 = 0,6 \sqrt{D},$$

причем этот припуск переводят в разряд допусков.

При ковке особенно длинных изделий очень трудно соблюсти прямолинейность оси поковки, и в этом отношении всегда в поковке наблюдается небольшая кривизна ее оси. Для компенсации этой неправильности дается добавочный припуск, определяемый по формуле:

$$X_3 = 0,002 L,$$

где L — длина в мм.

При термической обработке поковка также искривляется и коробится, почему добавляют еще припуск:

$$X_4 = 0,0015 L.$$

По длине прежде всего определяют припуск Y_1 на каждый конец поковки на собственно обработку, причем наименьшее значение $Y_1 = 10$ мм.

Затем дают припуск на всю длину поковки для компенсации неточности измерения поковки. Этот припуск Y_2 определяется по формуле:

$$Y_2 = 0,01 L,$$

где L — длина в мм.

Наконец, предусмотрен еще припуск на неточность рубки или обводки выступов:

$$Y_3 = 0,05 d,$$

где d — диаметр в мм.

Припуск на всю длину будет:

$$Y'_3 = 2 Y_3.$$

Из вышеприведенного следует, что общий припуск на диаметр будет:

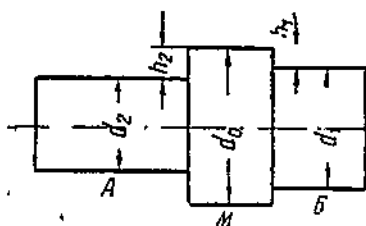
$$X = X_1 + X_3 + X_1,$$

а допуск — X_2 .

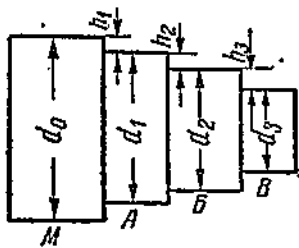
Общий припуск по длине будет:

$$a = 2Y_1 + Y_2 + 2Y_3;$$

он делится пополам, причем одна половина будет припуском по всей длине, а другая половина — допуском по длине поковки.



Фиг. 212. Цилиндрическая поковка с уступами с двух сторон



Фиг. 213. Цилиндрическая поковка с уступами в одну сторону

Если поковка имеет круглое сечение с уступами (фиг. 212), то при ковке возможно смещение оси одной цилиндрической части поковки в отношении другой, т. е. они будут занимать эксцентричное положение. Ковка с точным соблюдением concentricity поперечных сечений поковки почти невозможна, и всегда наблюдаются некоторые отклонения.

Для компенсации предусматривают еще один припуск — X_5 , который добавляют к припускам только сечений А и Б, примы-

кающих к наибольшему сечению M . Припуск на эксцентricность для части A будет $X_5 = 0,1 h_2$, а для части B $X_5 = 0,1 h_1$.

Если поковка имеет вид, представленный на фиг. 213, то наибольшее сечение в ней будет в части M , для которой припуск на эксцентricность не делается. Для части A_1

$$X_5 = 0,1 h_1,$$

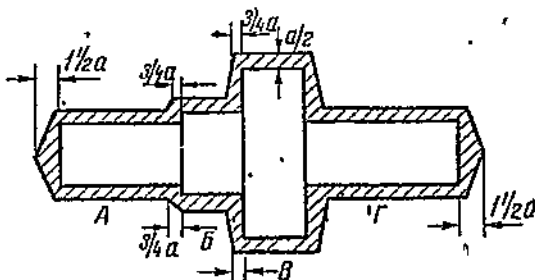
для части B будет

$$X_5 = 0,1 h_1 + 0,1 h_2$$

и для части B будет

$$X_5 = 0,1 h_1 + 0,1 h_2 + 0,1 h_3,$$

т. е. в припуске на эксцентricность для каждого сечения учитываются подобные же припуски для предыдущих сечений.



Фиг. 213а. Вал со всесторонней механической обработкой

Этот метод припусков на эксцентricность имеет особое значение для изделий большого размера, выполняемых под ковочными прессами.

Определение размеров заготовки и слитка. Если требуется изготовить поковку для какой-либо детали, требующей всесторонней механической обработки (например, вал на фиг. 213а), то прежде всего необходимо определить припуски и составить чертеж поковки, после чего определяют объемы частей поковки A , B , B и G . Пусть объемы этих частей будут соответствовать

$$V_1, V_2, V_3 \text{ и } V_4.$$

Сумма этих объемов составит объем поковки:

$$V_n = V_1 + V_2 + V_3 + V_4.$$

Если на обесечку концов положить 8% и на угар при ковке с двух нагревов 3,5%, то объем металла в заготовке

$$V_3 = 1,115 V_n.$$

При ковке из катаного материала уковка (т. е. отношение исходного и конечного сечений) должна быть от 1,1 до 1,3; следовательно, если наибольшее сечение поковки будет F_{\max} , то сечение заготовки должно быть в 1,1—1,3 раза больше. Примем уковку равной 1,3, тогда сечение заготовки $F_z = 1,3 F_{\max}$. Зная объем металла в заготовке V_z и сечение F_z , определяют длину заготовки $L_z = V_z : F_z$. По расчетной площади F_z следует подобрать размеры заготовки по ОСТ, площадь которой была бы равна или близка к расчетной. Тогда, разделив объем V_z на площадь сечения подобранной по ОСТ заготовки, получим длину заготовки. Для кузнечных работ применяется главным образом заготовка квадратного сечения с закругленными углами от блюмингов и от непрерывных прокатных станков.

Если поковка, представленная на фиг. 210, имеет большие размеры и потому должна быть изготовлена из слитка, то необходимо учесть, что при изготовлении поковок из слитка требуется уковка 3—3,5 и что верхняя часть слитка, где расположена усадочная раковина, размером около 30% и нижняя размером 5—7% от веса слитка идет в отход. Ввиду этого при определении веса и размеров поперечного сечения слитка ведется следующим образом.

Объем металла, необходимого для выполнения данной поковки, определяется, как было указано выше, V_p . Если отход при ковке из слитка будет еще до началаковки, положим, 35%, то следовательно, металл, идущий на изготовление поковки, составляет 65%, или 0,65, от всего слитка. Отсюда объем слитка $V_c = V_p : 0,65$, а вес — $V_c \cdot 7,85$ кг. При уковке 3 сечение должно быть $F_c = 3 \cdot F_{\max}$. Если по производственным условиям слиток с такой площадью поперечного сечения не может быть доставлен кузнице, тогда ковку производят из слитка с площадью сечения, меньшей $3 F_{\max}$, но с однократной или двукратной осадкой его по высоте. Если осадка будет произведена до половины первоначальной высоты, то уковка при этом будет равна 2, следовательно, в процессе дальнейшейковки необходимо дать уковку не менее 1,5, что вместе с осадкой и дает общую уковку $2 \cdot 1,5 = 3$.

При проработке технологического процессаковки можно достаточно точно определить объем металла, идущего в обсежку. В кузнице с установившимся производством опытным путем определяют величину обсежки для разного рода деталей. Ниже приведены (в зависимости от веса) размеры обсежки и обрубки металла при ковке (в %).

Покówki простой формы (валики, диски)	5—10
Валики с выступами и буртами	10—25
Тяги разной формы	15—20
Рычаги разной формы	14—25
Дышла паровозные	20—30
Коленчатые валы небольших размеров с фланцами	25—30

Угар металла (стали) следует принимать при одном нагреве — 2—2½%, при двух \approx 3½%, при трех — 4½%. При многократном нагреве угар достигает иногда 7%.

ГЛАВА IX

ВЛИЯНИЕ КОВКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ

Как было указано выше, слиток по своему химическому составу, по структуре и механическим свойствам является неоднородным. Внутренняя крупнокристаллическая структура слитка является причиной более низких механических свойств этой части слитка, и если временное сопротивление разрыву стали из средней и периферийной области столбчатых частей слитка мало отличаются между собой, то показатели вязкости — удлинение и поперечное сжатие — разнятся уже довольно значительно. Например, если образцы из центральной части имеют

$$\sigma_B = 70,7 \text{ кг/мм}^2, \lambda = 12,1\% \text{ и } \psi = 16,5\%$$

то из периферийной

$$\sigma_B = 73,4 \text{ кг/мм}^2, \lambda = 15,5\%, \psi = 22,3\%$$

Эта разница сохраняется и в поковке при обычных коэффициентах вытяжки. Слиток был прокован под прессом и из поковки были взяты девять образцов из центральной зоны и девять — из зоны столбчатых кристаллов. Среднее из девяти испытаний образцов центральной части поковки дало

$$\sigma_B = 46,4 \text{ кг/мм}^2, \lambda = 13,5\% \text{ и } \psi = 22,1\%$$

то же для образцов зоны столбчатых кристаллов:

$$\sigma_B = 50,9 \text{ кг/мм}^2, \lambda = 24\% \text{ и } \psi = 51,2\%$$

Из сравнения показателей вязкости — удлинения и поперечного сжатия — можно видеть, что металл в зоне столбчатых кристаллов обладает большей вязкостью.

Портвен обследовал вопрос относительно механических свойств долевых и поперечных образцов, вырезанных из поковки, в связи с величиной уковки.

В табл. 26 приведены результаты его опытов.

Из табл. 26 можно вывести такое заключение: с увеличением уковки временное сопротивление несколько возрастает как для долевых, так и для поперечных образцов, причем разница незна-

чительная, и практически можно считать его одинаковым для долевых и поперечных образцов.

Что касается показателей вязкости—удлинения и поперечного сжатия, то с увеличением уковки для долевых образцов они превышают таковые для поперечных образцов. Наиболее яркую картину дают показатели ударной вязкости, которые для поперечных образцов с увеличением уковки изменяются очень мало, тогда как для долевых образцов она сильно возрастает. Из табл. 26 можно видеть, что при уковке, равной 18, ударная вязкость для долевых образцов в 2,87 раза больше, чем для поперечных.

Прокатная сталь имеет, как было уже сказано, волокнистую структуру. Поковка после процесса вытяжки также имеет структуру, в которой кристаллы ориентированы в направлении вытяжки. Долевые и поперечные образцы или образцы, вырезанные под некоторым углом к направлению прокатки, при испытании ударом дают весьма различные результаты.

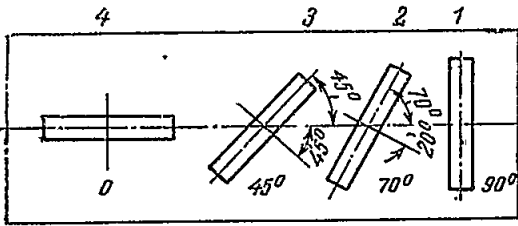
Французский исследователь Шарпи вырезал образцы из полосы катаного материала, при-

Таблица 26

Показатели механических свойств стали в зависимости от величины уковки по опытам Портвена

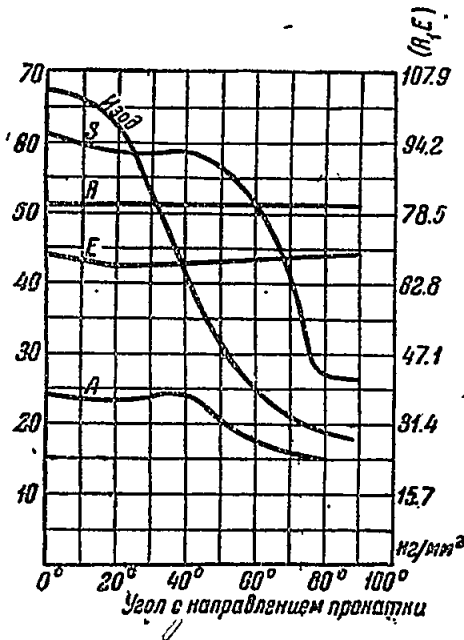
Уковка	σ_B , кг/мм ²			Удлинение λ , %			Поперечное сжатие ψ , %			Ударная вязкость, кг/см ²		
	вдоль	поперек	соотношение между показателями вдоль и поперек	вдоль	поперек	соотношение между показателями вдоль и поперек	вдоль	поперек	соотношение между показателями вдоль и поперек	вдоль	поперек	соотношение между показателями вдоль и поперек
2	71,9	70,6	—	19,8	—	—	67,3	—	—	18,3	7,8	2,34
4	71,2	87,4	1,01	20,8	20,5	1,01	66,3	41,5	1,60	16,1	7,8	2,06
4	88,8	87,4	1,02	14,8	14,8	1,15	62,1	43	1,44	9,3	6,25	1,49
12	87	—	—	17,5	—	—	65	—	—	16,8	7,1	2,37
16	88,2	87,8	1,01	17,8	16	1,11	65,3	47,5	1,38	16	6,6	2,42
18	88,4	—	—	17,4	—	—	68,4	—	—	18,9	6,6	2,87
48	72	—	—	20	—	—	67,3	—	—	18,3	7,6	2,41

чем длина образцов для ударной пробы располагалась под углами 0, 45, 70 и 90° к направлению прокатки, как это представлено на фиг. 214.



Фиг. 214. Образцы Шарпи

к направлению прокатки, как это представлено на фиг. 215. На той же фигуре представлена диаграмма, показывающая зависимость показателей разрывных и ударных испытаний от угла расположения образцов. Из диаграммы видно, что сопротивление разрыву R и предел упругости E изменяются мало, но удлинение A и поперечное сжатие S снижаются у образцов, начиная с расположенных под углом 45° и особенно сильно у поперечных.



Фиг. 215. Влияние направления волокна на механические свойства стали (Брирлей)

Результаты ударных испытаний приведены в нижепомещенной табл. 27.

Подобное же исследование было произведено английским ученым Брирлеем. Он испытывал образцы, вырезанные из полосы прокатанного материала под различными углами

к направлению прокатки, как это представлено на фиг. 215. На той же фигуре представлена диаграмма, показывающая зависимость показателей разрывных и ударных испытаний от угла расположения образцов. Из диаграммы видно, что сопротивление разрыву R и предел упругости E изменяются мало, но удлинение A и поперечное сжатие S снижаются у образцов, начиная с расположенных под углом 45° и особенно сильно у поперечных. Ударная вязкость дает наиболее характерные показатели для долевых и поперечных образцов.

При ковке поковок удлиненной формы из слитков сравнительно большого диаметра вследствие значительной уковки металл поковки имеет в долевом и поперечном направлениях весьма различные механические качества и по прочности неравноценен в направлении длины и в поперечном направлении.

Чтобы уменьшить разницу механических свойств в долевом и поперечном направлениях, ковку производят с осадкой слитка или заготовки по длине.

При ковке из слитка осадка по его оси производится до половины или в более редких случаях до одной трети высоты, пос-

ле чего производят ковку для получения требуемой формы изделия.

Таблица 27

Результаты ударных испытаний

№ образцов	Угол, образуемый осью длины образца с направлением прокатки	кгм/см ²
1	90°	1,3
2	70°	1,5
3	45°	3,4
4	0°	13,5

Портвен произвел интересные опыты для исследования вопроса о влиянии осадки слитка по высоте на механические свойства стали послековки. Опыт заключался в следующем. Были взяты пробы из слитка для испытания ударом в долевом и поперечном направлениях. Затем слитки из той же стали были напеты и подвергнуты осадке по высоте: один до половины, другой до одной трети высоты. После осадки слитки были подвергнуты ковке с вытяжкой и доведены до первоначального размера по высоте. Кроме того, два слитка были прокованы — один с уковкой 3, а другой с уковкой 6.

Из всех прокованных вышеописанным способом поковок были взяты долевые и поперечные образцы и испытаны ударом. Результаты ударных испытаний представлены в табл. 28.

Таблица 28

Сопротивление удару, кгм/см²

Пробы	Литой слиток	Поковка, прокованная с предварительной осадкой до половины высоты	Поковка, прокованная с предварительной осадкой до трети высоты	Проковка без осадки с уковкой	
				3	6
Продольные . . .	6,1	9	12,5	12,7	15,8
Поперечные . . .	6,0	8,3	7,9	6,9	6
Отношение . . .	1,01	1,08	1,58	1,85	2,63

Из этой таблицы видно, что более равномерные механические свойства в долевом и поперечном направлениях имеет металл в поковке, откованной с предварительной осадкой слитка до половины его высоты, что является весьма важным для конструктора при расчете детали. Осадка слитка до одной трети высоты и последующая за этим вытяжка повысили значительно свойство

металла в долевым направлении, но зато увеличили разницу между показателями долевых и поперечных образцов при ударном испытании. Ковка без осадки с вытяжкой при уковке 3 дает в результате металл почти такого качества, как и в предыдущем случае, а ковка слитка с уковкой 6 привела к тому, что ударная вязкость долевых образцов стала в 2,63 раза больше таковой же для поперечных, т. е. в этом случае механические качества металла при испытании в долевым и поперечном направлениях являются весьма различными.

В некоторых случаях требуется, чтобы металл поковки имел по возможности одинаковые механические свойства в направлении трех осей координат. Такое требование предъявляется, например, к откованным кубам и параллелепипедам, из которых изготавливаются штампы для горячей и холодной штамповки. Если металл, из которого изготовлен штамп, имеет ясно выраженную волокнистую в одном направлении структуру, то полость штампа срабатывается неравномерно, и штамп быстро приходит в негодность.

Для выяснения вопроса о влиянии проковки стали по трем осям координат Кайоль произвел следующий опыт (фиг. 216). Были взяты три слитка стали. После нагрева один был прокован в одном направлении, положим, оси координат X . Из него были вырезаны образцы в направлении осей X и Y и подвергнуты испытанию ударом. Результаты приведены во второй графе табл. 29. Другой слиток был после нагрева прокован в направлении осей X и Y , образцы были взяты по осям X , Y и Z . Результаты ударных испытаний приведены в третьей графе таблицы. Третий слиток был последовательно прокован в направлении всех трех осей координат. Результаты ударных испытаний этих образцов приведены в четвертой графе таблицы.

Таблица 29

Результаты ударных испытаний образцов,
кгм/см²

Образцы по оси	Прокован по оси X	Прокован по осям X и Y	Прокован по осям X , Y и Z
X	16	16	14
Y	8	16	15
Z	—	4	17

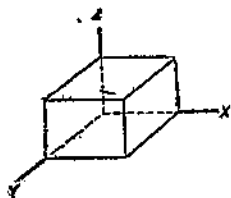
Из приведенных результатов испытания ясно видно, что механические свойства металла, прокованного по трем осям координат, очень близки друг к другу. Благодаря такому качеству

металла, стойкость штампов, изготовленных таким способом, значительно увеличивается.

Из всего изложенного в этой главе можно сделать следующие выводы.

1. Металл, соответствующий зоне столбчатых кристаллов в слитке, будет иметь лучшие показатели механических свойств, чем металл, соответствующий центральной зоне слитка.

2. Ковка повышает механические свойства металла вообще, причем с увеличением уковки показатели долевых образцов увеличиваются до некоторого максимума, после чего они остаются почти без изменения. Показатели временного сопротивления для поперечных образцов сначала немного повышаются, а затем остаются почти без изменения, или уменьшаются. Что же касается относительного удлинения, поперечного сжатия и показателей ударной вязкости для поперечных образцов, то они сначала резко, а потом с увеличением уковки медленно уменьшаются.



Фиг. 216. Проковка стали по трем осям координат

3. Ковка с предварительной осадкой по оси слитка дает металл поковки с почти одинаковыми показателями механических свойств для долевых и поперечных образцов.

4. Ковка металла с осадкой по направлению трех осей координат значительно улучшает качество металла, причем показатели ударной вязкости образцов, взятых в направлении трех осей координат, отличаются между собой незначительно.

ГЛАВА X

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССА И ВЕСА ПАДАЮЩИХ ЧАСТЕЙ МОЛОТА ПРИ СВОБОДНОЙ КОВКЕ

При осадке по высоте слитка или заготовки круглого сечения давление, требующееся для осадки под прессом, определяется по формуле Зибеля:

$$P = F \sigma_{вт} \left(1 + \frac{\mu D}{3h} \right),$$

где F — площадь поперечного конечного сечения, соответствующего диаметру D ;

μ — коэффициент трения, равный 0,2—0,3;

h — конечная высота;

$\sigma_{вт}$ — сопротивление на разрыв осаживаемого металла при температуре t .

Удельное давление

$$K = P : F = \sigma_{Вт} \left(1 + \frac{\mu D}{3h} \right).$$

При осадке призмы квадратного сечения со стороной a можно пользоваться формулой Ункса («Пластическая деформация при ковке и штамповке»):

$$P = a^2 \cdot 2 \sigma_{Вт} \frac{h^2}{\mu^2 a^2} \left[e^{\frac{\mu a}{h}} - 1 - \frac{\mu a}{h} \right],$$

а удельное давление определяется по формуле:

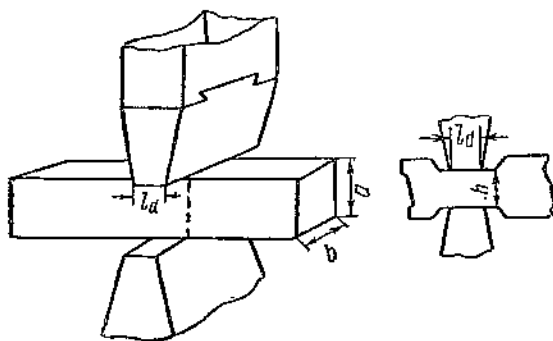
$$K = P : a^2 = 2 \sigma_{Вт} \frac{h^2}{\mu^2 a^2} \left[e^{\frac{\mu a}{h}} - 1 - \frac{\mu a}{h} \right],$$

где e — основание натуральных логарифмов, равное 2,718.

Если производится вытяжка, как представлено на фиг. 217, то давление определяется по формуле:

$$P = 1,15 F \sigma_{Вт} \left(1 + \frac{\mu l_d}{2h} \right),$$

где $F = l_d b$ — площадь соприкосновения поверхности бойка с поковкой; l_d — ширина бойка; h — конечная высота поковки; $\sigma_{Вт}$ и μ имеют те же значения, что и выше.



Фиг. 217. Вытяжка

Ввиду того, что скорость деформации при ковке под молотом значительно больше, чем при ковке под прессом, сопротивление деформации в первом случае будет также больше такового при ковке под прессом.

Определение тоннажа молота (веса падающих частей) может быть произведено различными методами.

К первой группе методов относится метод Жеза, по которому вес падающих частей молота должен составлять 0,75—1,5 веса стальной поковки, а в случае тяжелых поковок — от 0,5 веса поковки до равного ей веса. Эти соотношения могут быть использованы лишь для грубых предварительных расчетов, в настоящее время этими методами почти не пользуются.

Ко второй группе относится метод Фишера. Если обозначить площадь соприкосновения бойка молота с поковкой в конце деформации через F и через σ_{Bt} — сопротивление разрыву при температуре t , то давление, необходимое для деформации, может быть определено по формуле:

$$P = \alpha F \sigma_{Bt}$$

где α — коэффициент, который берется для падающих молотов в пределах 6—7, для паровых молотов в пределах 8—10 и для пресса 1,4—1,7.

Для определения энергии удара Фишер берет среднее давление $\frac{P}{2}$, поэтому энергия удара

$$A = \frac{P}{2} l_1$$

где l_1 — осадка поковки за удар.

Опытом установлено, что величина осадки за один удар зависит от температуры нагрева и качества стали: чем мягче сталь, тем больше может быть осадка. Обычно в началековки, когда температура высокая, осадка может доходить до 10% и больше; в концековки осадка должна быть небольшая — около 3%.

Приняв это во внимание, работа удара может быть представлена в следующем виде:

$$A = \frac{\alpha F \sigma_{Bt} l}{2}$$

Если дляковки применяется падающий молот с весом бабы G и высотой падения H , то

$$A = GH\eta,$$

где η — к. п. д., равный 0,9—0,95.

Таким образом вес падающих частей

$$G = \frac{A}{H\eta}$$

При ковке на паровом молоте следует исходить из конечной скорости падения бабы молота v , тогда энергия удара

$$A = \frac{\alpha \cdot F \cdot \sigma_{Bt} l}{2} = \frac{mv^2}{2} = \frac{G}{9,81} \cdot \frac{v^2}{2},$$

откуда

$$G = \frac{9,81 \cdot 2A}{v^2},$$

где m — масса;

G — вес бабы молота.

Формула Фишера для определения веса бабы молота дает несколько преувеличенное значение.

К третьей группе методов принадлежат такие, в которых в основу расчета берется объем металла, заключенный между бойками молота.

В основу этого метода взят закон подобия Кика, который устанавливает пропорциональность работы, затраченной на деформацию геометрически подобных тел.

К этой группе принадлежит также метод Сонгина, которым обычно и пользуются для определения веса падающих частей молота.

Инж. Сонгин целым рядом опытов, произведенных на б. Путиловском, ныне заводе им. Кирова в Ленинграде, определил количество затрачиваемой работы при ковке на 1 см^3 заключенного между бойками молота металла при обычной дляковки температуре. Эта работа, τ носит название удельной работы и выражается в кгм/см^2 . Наименьшая удельная работа, при которой еще возможна ковка, должна быть не меньше $0,4 \text{ кгм/см}^2$. Ковка выполняется успешно, когда $\tau = 0,65-0,8 \text{ кгм/см}^2$, но при массовом производстве, например при ковке вагонных осей, удельная работа повышается до 1 и даже $1,2 \text{ кг/см}^2$.

Если через a обозначить толщину поковки, через b — ее ширину и через l_d — ширину бойка, то энергия удара бабы молота

$$A = \tau l_d \cdot a \cdot b,$$

где τ — удельная работа в кгм/см^2 . Если конечная скорость падения бабы v , вес бабы молота G , получим следующую зависимость между работой удара и этими величинами:

$$A = \tau l_d \cdot a \cdot b = \frac{G}{9,81} \cdot \frac{v^2}{2},$$

откуда

$$G_{\text{кг}} = \frac{\tau l_d a b \cdot 2 \cdot 9,81}{v^2}.$$

Скорость падения бабы молота для молотов до 2 т можно принимать равной 6—6,5 м/сек, а для молотов свыше 2 т 7—8 м/сек.

Для определения веса падающих частей молота лучше всего пользоваться таблицей, в которой представлены данные о запасе работы молотов различного тоннажа.

В книге Эдуардова и Максарева «Номограммы для определения мощности ковочных и обрезных механизмов» приведена табл. 30, в которой указан запас работы паровых молотов типа Массей, определяемый по формуле:

Таблица 30

Запас работы паровых молотов типа Массей

Паровые молоты типа Массей	Вес падаю- щих частей молота кг	Цилиндр		Ход поршня		Работа за удар при 0,75 H, кгм	Размер бойка (округлен- но) см	Работа, при- ходящаяся на 1 см диам. бойка кгм/см
		D, см	F, см ²	H, см	0,75 H, см			
Одноствоечный	50	13,3	138,9	30,4	22,8	125	19,0 × 10,0	6,5
	100	15,2	181,4	33,0	24,8	186	15,0 × 13,9	12,4
	150	19,0	283,5	43,1	32,4	378	20,3 × 15,2	18,6
	250	22,8	408,2	53,3	40,0	685	25,4 × 17,7	27,0
	500	30,4	725,8	68,5	51,5	1590	30,4 × 22,8	52,3
	750	33,9	902,5	76,2	57,0	2260	35,5 × 25,4	63,7
	1000	36,8	1063,6	83,8	63,0	3000	35,5 × 25,4	84,6
	1000	36,8	1063,6	83,8	63,0	3000	38,0 × 27,9	79,0
	1500	43,1	1458,9	99,0	74,3	5010	44,4 × 30,4	113,0
	2000	45,7	1640,3	114,3	85,5	6650	49,5 × 34,9	134,5
Мостовой	2500	49,7	1924,4	124,4	93,5	8650	54,6 × 34,9	158,5
	3000	53,3	2231,2	137,1	103,0	11150	54,6 × 40,6	204,0
	4000	62,2	3088,5	152,4	115,0	16850	68,5 × 40,6	246,0
	5000	69,8	3826,4	167,6	126,0	23200	71,1 × 40,6	326,0

$$A = F P \frac{H}{E} (1 + \ln E) - P_0 F H + 0,9 G H,$$

где F — площадь поршня молота;

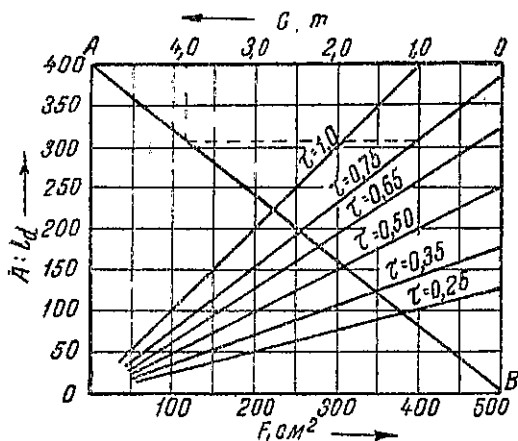
E — степень наполнения на половине хода, и потому $E = 2$;

P — давление пара = 5,75 ат;

P_0 — противодействие, равное 1,25 ат;

G — вес бабы молота.

Если в формуле $A = \tau l_d a b$ разделить обе части на l_d , то получим $\frac{A}{l_d} = \tau a b$, т. е. количество работы, приходящейся на единицу длины бойка. Эдуардов и Максарев построили номограмму, по которой можно очень быстро определить тоннаж молота, требующийся дляковки слитка или заготовки данного сечения. На фиг. 218



Фиг. 218. Номограмма для определения веса падающих частей молота

представлена эта номограмма. По оси ординат отложены значения $A: l_d$, по оси абсцисс — поперечное сечение заготовки в квадратных сантиметрах. На номограмме проведены лучи для различных значений τ .

Объясним, как пользоваться этой номограммой. Предположим, что требуется проковать заготовку сечением 400 см² и что $\tau = 0,75$. Тогда, проведя вертикаль через

деление 400 на абсциссе до пересечения с лучом, соответствующим $\tau = 0,75$, проведем горизонталь до пересечения с линией AB , а из точки пересечения — вертикаль, которая пересечет верхнюю ось номограммы в точке 3,9; следовательно, вес бабы молота должен быть 3,9 т или, округляя, 4 т. В некоторых случаях для определения тоннажа молота пользуются таблицами, в которых указан тоннаж молота в соответствии с размером поперечного сечения поковки.

Известный исследователь по деформации металлов Зибель из целого ряда произведенных им опытов получил следующие данные о зависимости тоннажа молота от размеров поперечного сечения для паровых молотов (табл. 31).

Область ковки для пневматических молотов Беше и Гросс при вытяжке узкими бойками представлена в табл. 32.

Таблица 31

Тоннаж парового молота в зависимости от размеров поперечного сечения

Вес бабы молота, т	Максимальный поперечный размер, мм	Минимальный поперечный размер, мм
0,5	75	15
0,75	115	30
1,0	150	50
1,5	200	80
2,0	250	110
2,5	275	125
3,0	310	150
5,0	500	175

Примечание. Размер поперечного сечения заготовки соответствует диаметру заготовки или стороне квадрата га.

Данные Зибеля следует считать несколько заниженными.

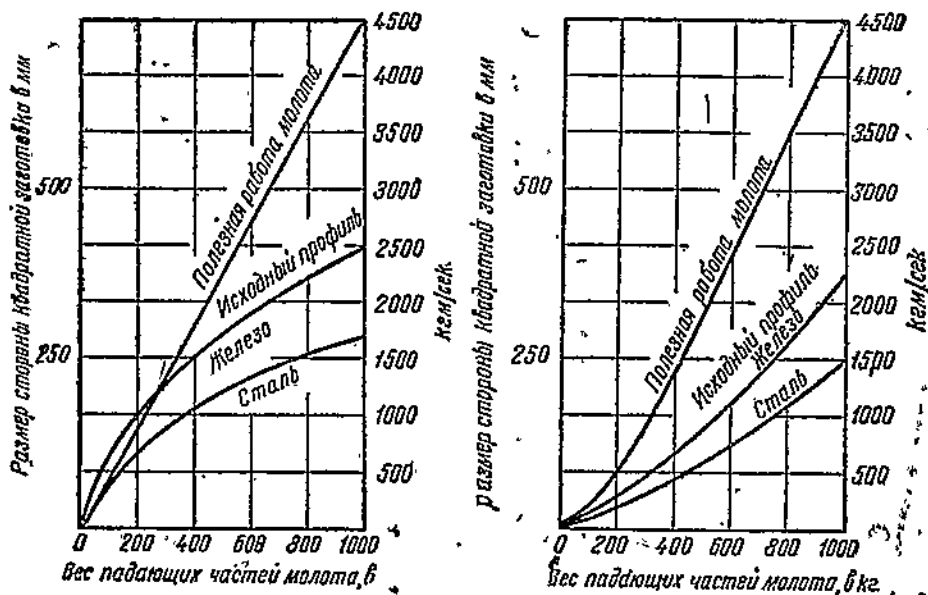
Таблица 32

Областьковки пневматических молотов Беше и Гросс

Вес бабы молота, кг	Максимальный размер поперечного квадратного сечения, мм	Минимальный размер поперечного сечения, мм
50	55	10
75	80	20
100	100	25
150	130	25
200	150	30
250	175	40
300	200	50
400	250	65
500	275	80
600	300	100

Инж. Крон дает диаграммы, по которым можно определить областьковки пневматических и обыкновенных паровоздушных молотов (фиг. 219). Сравнивая диаграммы, можно видеть, что при одинаковом весе бабы пневматические молоты могут проковывать заготовку большего размера, чем паровоздушные.

В табл. 33 приведены областьковки и вес бабы для новых молотов типа Банинг с автоматическим парораспределением.



Фиг. 219. Сравнение областейковки молотов пневматических (слева) и паровоздушных (справа)

Таблица 33

Областьковки новых молотов типа Банинг с автоматическим парораспределением

Вес бабы молота, кг	Размер поперечного сечения, мм	
	машинноподелочная сталь	инструментальная сталь.
200	140×33,	50×5
400	175×40	75×20
600	240×60	105×35
800	250×75	166×55
1000	250×90.	175×75

В табл. 34 (завода Дэви в Англии) приведены данные о соответствии давления пресса, тоннажа молота и диаметра поковки.

Таблица 34

Соответствие давления пресса, тоннажа парового молота и диаметра поковки по данным завода Дэви в Англии

Диаметр поковки см	Пресс, т	Вес бабы молота, т	Диаметр поковки см	Пресс, т	Вес бабы молота,
12	100	0,5	75	1200	15,0
15	150	0,75	90	1500	20,0
20	200	1,0	120	2000	40,0
25	300	2,0	150	3000	80,0
30	400	3,0	180	4000	120,0
35	500	4,0	200	5000	—
40	600	5,0	225	6000	—
50	800	7,0	250	10000	—
60	1000	10,0			

Из приведенных в этой главе данных можно по размерам поперечного сечения поковки определить требующиеся дляковки давление пресса и тоннаж молота.

ГЛАВА XI

ПРИМЕРЫ РУЧНОЙ КОВКИ

Ручнаяковка производится на наковальне ручным кузнечным инструментом при нагреве заготовок в горнах или малых печах.

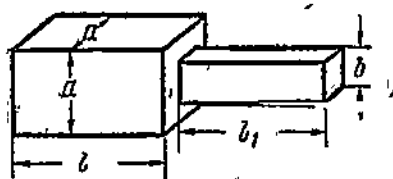
Опишем некоторые кузнечные работы по ручнойковке.

Требуется изковать деталь, изображенную на фиг. 220. Поковка имеет квадратное сечение со стороной квадрата a ; отросток также квадратного сечения со стороной квадрата b . После определения объема поковки и прибавки к нему металла на обсежку и угар получают объем металла заготовки. Так как поковка будет изготавливаться из катаного материала, то уковка составляет 1,1—1,3. Выберем увкушку 1,2. Тогда, зная максимальное сечение поковки, равное a^2 , имеем, что сечение заготовки должно быть $1,2 a^2$, а зная объем металла, требуемый для изготовления этой поковки, включая обсежку и угар, можно определить длину заготовки.

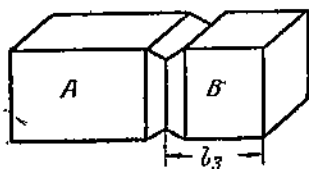
Процесс изготовления будет заключаться в следующем. После нагрева заготовка проковывается на квадрат размера $a \times a$. Затем необходимо наметить то место, от которого будет производиться вытяжка отростка меньшего сечения поковки. Для этого определяют объем отростка, включая обсежку. Если обсежка будет 2 см, то длина отростка будет $l_1 + 2$ см, а объем $b^2(l_1 + 2)$ см. Обозначим этот объем через V_2 . Если разделить

этот объем на площадь a^2 , получим длину l_3 (фиг. 221). Следовательно, если мы на расстоянии l_3 от конца прокованной поковки сделаем наметку, а затем прожимку, как показано на фиг. 221, то получим часть B , объем которой будет соответствовать требуемому объему V_2 . Произведя вытяжку на квадрат b и обсежку поковки по размеру, получим требующуюся форму поковки с заданными размерами.

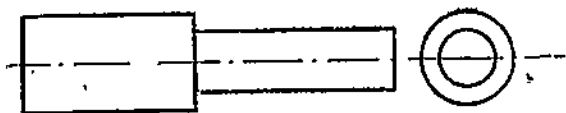
Выполнение поковки, представленное на фиг. 222, аналогично только что описанному. Разница заключается в том, что там



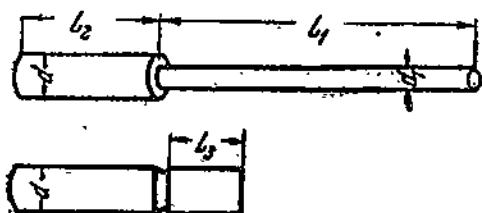
Фиг. 220. Деталь для изготовления ковкой



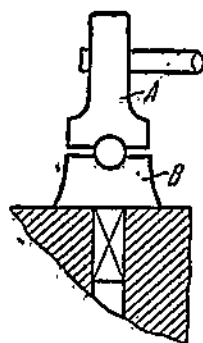
Фиг. 221. Наметка и прожимка поковки



Фиг. 222. Поковка круглого сечения



Фиг. 223. Вытяжка круглой поковки



Фиг. 224. Подкладные штампы

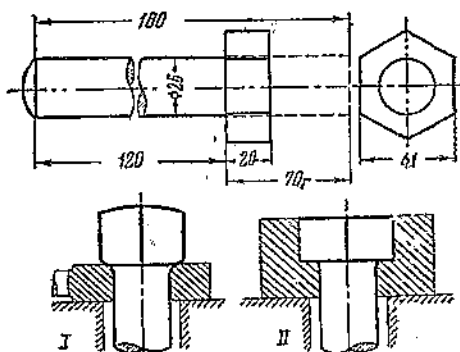
сечение было квадратное, здесь же круглое. И в этом случае необходимо взять исходную заготовку такого сечения, чтобы после проковки на максимальное сечение поковки уковка была 1,1—1,3. После наметки, как показано на фиг. 223, производится вытяжка тонкого конца, и так как конец этот имеет цилиндри-

ческую форму, то вытяжка производится сначала на квадрат, потом на восьмигранник, а затем уже на подкладных штампах, как представлено на фиг. 224, происходит окончательное оформление до цилиндрической формы.

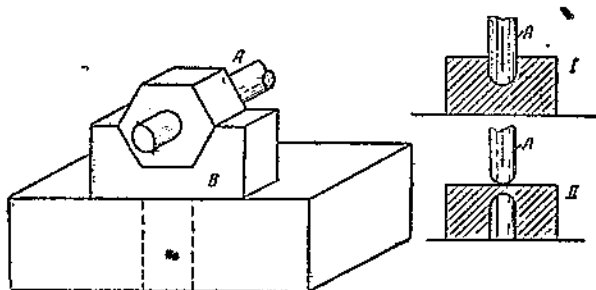
В некоторых случаях требуется изготовлять поковки, у которых стороны не параллельные, а имеют наклон. В этом случае необходимо вести проковку сначала обычными плоскими бойками, а после этого пользоваться подкладными клиньями (см. фиг. 185), которые должны иметь тот же наклон, как изготавливаемая поковка.

Болт с шестигранной головкой. Обыкновенно болты куются из круглого материала, причем диаметр его должен соответствовать диаметру стержня болта. После определения объема головки, а по ней и длины исходного материала, требующегося для

изготовления головки болта, производится резка материала. Для болта диаметром 26 мм со стержнем длиной в 120 мм и высотой головки 20 мм требуется пруток того же диаметра длиной в



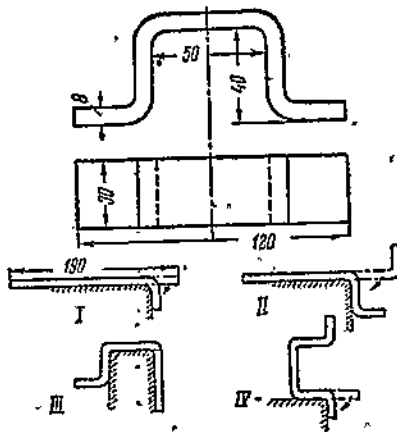
Фиг. 225. Болт с шестигранной головкой



Фиг. 226. Гайка

180 мм. После отрезки нужной длины материал нагревается с одного конца на протяжении около 70 мм, и производится высадка конца до высоты головки, после чего вручную придают головке приблизительную форму. Затем, пользуясь гвоздильней (фиг. 225, I), оформляют переход стержня к головке болта. Чтобы окончательно отковать головку, ее помещают в ручной штамп, как показано на фиг. 225, II. Стержень болта должен быть обрублен по размеру.

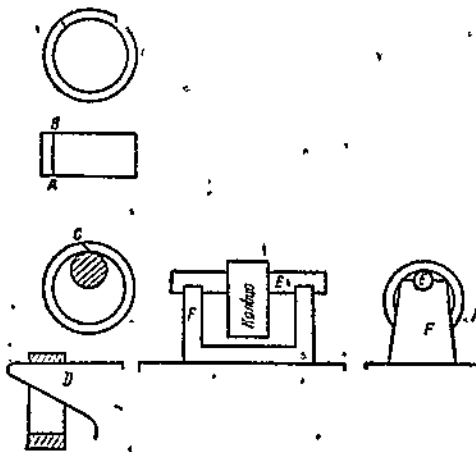
Гайка. Кусок металла соответствующих размеров округляется, затем прошивается дыра, как показано на позициях I и II - фиг. 226. В прошитую дыру вставляется оправка A, а затем, пользуясь подкладным штампом B, оформляют грани гайки.



Фиг. 227. Скоба

Скоба. Дляковки скобы, представленной на фиг. 227, необходим полосовой материал толщиной 8 мм и длиной 190 мм. Резка такого материала производится на ножницах. Материал нагревается и затем производится оформление скобы путем постепенной гибки, как это представлено на фиг. 227. После оформления скоба должна быть проверена по размерам и окончательно выправлена.

Сварное кольцо. Обыкновенное кольцо из полосового материала может быть изготовлено сваркой двумя способами. Первый способ сварки представлен на фиг. 228. Сварка, как это видно из чертежа, проведена по образующей AB кольца. Материал отрезается на ножницах. Длина полосы определяется по средней нейтральной линии кольца, причем добавляют обыкновенно 0,25—0,50^ю толщины материала. Первая операция заключается в нагреве концов заготовки и оттяжке лацканов на концах, как это показано на фигуре. Затем производятся нагрев и загиб кольца. Один лацкан



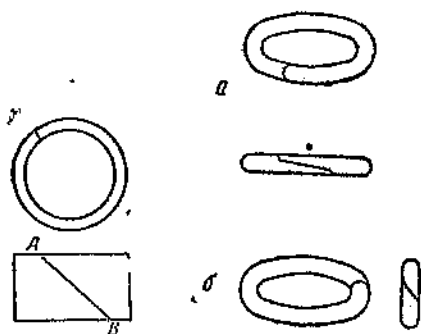
Фиг. 228. Кольцо

должен быть расположен поверх другого C. После нагрева концов кольцо сваривается. Если кольцо достаточно велико, то оно может быть надето на рог наковальни D. В некоторых случаях при малых диаметрах кольца применяется оправка E, которая кладется на скобу F, располагаемую на наковальне. Кольцо

надевается на оправку *E*, и следуют проковка шва и выправка кольца до правильного круга.

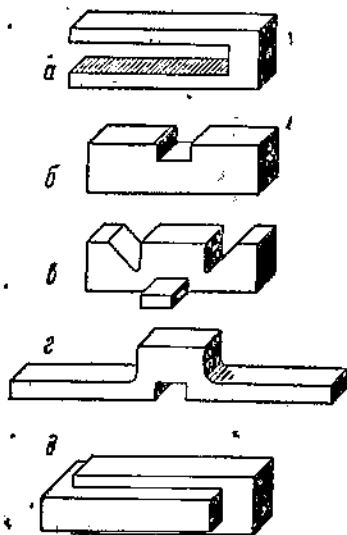
В некоторых случаях сварка производится по косому шву *AB*, как представлено на фиг. 229.

Производство обыкновенных цепей требует чрезвычайно большой работы по сварке, так как каждое звено цепи должно быть сварено. Сварка производится способом, только что описанным при сварке колец. На фиг. 230, а показано звено цепи со сваркой на боковой стороне и на фиг. 230, б — звено цепи со сваркой на закруглении. И в этом случае материал должен быть предварительно нарезан, должны быть оттянуты лацканы, произведена загибка колец на бол-

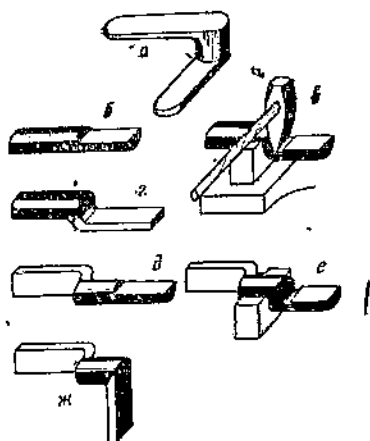


Фиг. 229.
Сварка внакладку

Фиг. 230. Сварка
кольца цепи



Фиг. 231. Скоба (другой вид)



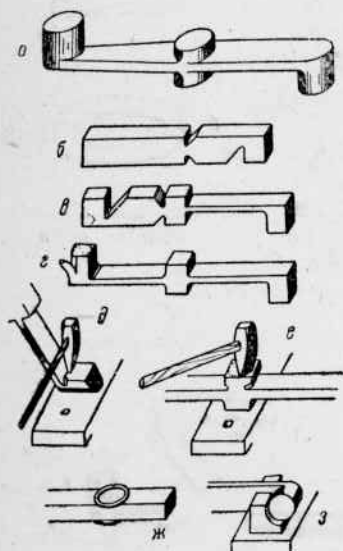
Фиг. 232. Коленчатый рычаг

ванах, после чего уже производится сварка. Для сварки цепей необходимо применять высококачественный легко сваривающийся металл.

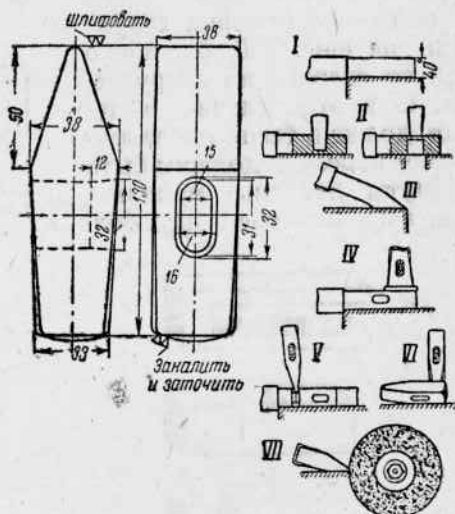
Ковка скобы. На фиг. 231 изображена скоба, которая может быть изготовлена из катаной заготовки квадратного сечения.

Первая операция заключается в том, что середина скобы прожимается и получается углубление. При второй операции в это углубление плотно закладывается оправка, чтобы предупредить ее смятие во время наметки и перебивки концов (фиг. 231, в). Третья операция заключается в протяжке концов, как это представлено на фиг. 231, г. После этого скоба в нагретом же состоянии загибается на оправке и проковывается, как показано на фиг. 231, д.

Коленчатый рычаг (фиг. 232). Коленчатый рычаг имеет плечи под прямым углом. Между ними находится шейка диаметром 50 мм. Процесс ковки заключается в следующем: б — вытяжка



Фиг. 233. Паровозная тормозная подвеска

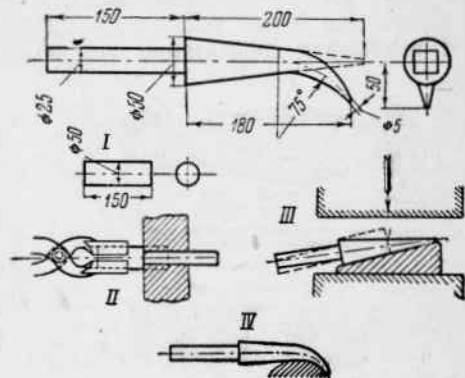


Фиг. 234. Слесарный молоток

конца полосы на длину 75 мм; в — отгибка конца заготовки с помощью нижника и ручника; г — вытяжка одного конца поковки до размера; д — вытяжка другого конца с оставлением, как показано, 75 мм круглого материала; е — гибка конца; ж — проковка аналогично операции фиг. 232, г; последняя операция — изогнуть и проверить правильность расположения плеч рычага под прямым углом.

Паровозная тормозная подвеска (фиг. 233). Материалом для изготовления служит квадратная заготовка сечением 90×90 мм. После проковки на прямоугольное сечение соответственно размерам поковки производится перебивка (фиг. 233, б), затем вытяжка правой части (фиг. 233, в). Для левой части поковки повторяется тот же процесс, т. е. происходят наметка, надрубка

или перебивка, а затем вытяжка второго конца, после чего поковка приобретает вид, представленный на фиг. 233, г, причем все места шарниров будут иметь призматическую, а не цилиндрическую форму. Цилиндрическая форма придается рубкой, как показано на фиг. 233, д и е. Так как после рубки поверхность имеет вид многогранника, то чтобы выгладить грани, применяют небольшой подкладной штамп (фиг. 233, з). Чтобы сразу получить круглую форму среднего шарнира, иногда применяют пружимные кольца (фиг. 233, ж).



Фиг. 235. Шперак

Ручной молоток (фиг. 234). Молоток куется из стальной заготовки квадратного сечения средней крепости. Операцияковки молотка заключается в следующем: *I* — оттяжка конца бруска на квадрат 40 мм; *II* — пробивка отверстия для ручки молотка; *III* — оформление клиновой части молотка; *IV* — окончательная проковка молотка с доведением до нужных размеров (для получения гладкой поверхности применяется гладилка); *V* — обрубка откованного молотка от бруска и *VI* — отделка фасок молотка. Клиновая концевая часть молотка обычно обтачивается еще на наждачном круге (фиг. 234, *VII*). Обычно боек и носик верхней клиновой части молотка подвергаются закалке с отпуском, причем носик молотка должен быть отпущен мягче, чем боек, т. е. при более высокой температуре.

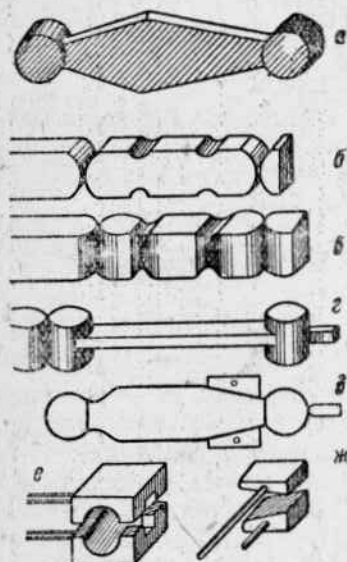
Шперак (фиг. 235). Ковка его производится из круглой стали диаметром 50 мм и длиной 150 мм. После нагрева на расстоянии 50 мм от конца производятся наметка и небольшая зарубка с четырех сторон, а затем проковка квадратного хвоста, который должен быть пригнан к отверстию наковальни. Другой конец поковки выковывают на клин (фиг. 235, *III*). После отделки и проверки размеров производят гибку (фиг. 235, *IV*).

ГЛАВА XII

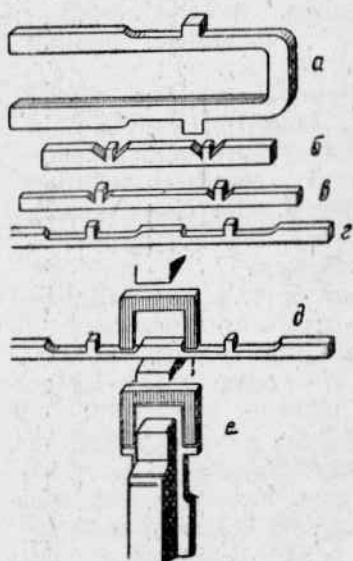
ПРИМЕРЫ КОВКИ ПОД МОЛОТАМИ

В настоящее время для свободнойковки применяются молоты преимущественно до 3 т. Молоты в 5 т в новых кузницах заменяются прессами с давлением 800—1000 т.

Приведем ниже несколько примеровковки под молотами.
Паровозная тормозная подвеска. На фиг. 236 представлена



Фиг. 236. Паровозная тормозная подвеска



Фиг. 237. Скоба головки паровозного шатуна

тормозная паровозная подвеска, которая изготавливается из квадратной полосы сечением 65×65 мм. Длина подвески 261 мм, диаметр утолщений шарниров 65 мм при толщине 60 мм. Наибольшая ширина средней части 75 мм, а в концах 45 мм, толщина 25 мм.

После нагрева заготовки до соответствующей температуры производятся следующие операции. При помощи фасонных раскаток придают требуемую форму конечным головкам (фиг. 236, б), причем на одном конце оставляется необходимый для захвата клещами хвостовик (фиг. 236, г). После этого производят перебивку заготовки в двух местах, отстоящих одно от другого на 135 мм, и вытягивают среднюю часть, как представлено на фиг. 236, д. Средняя часть подвески оформляется посредством клиновидных раскаток ж (фиг. 236, д). Окончательное оформле-

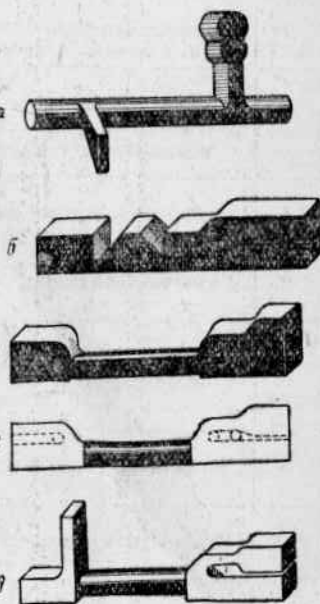
ние головок паровой подвески производится посредством подкладного штампа (фиг. 236, е).

Скоба головки паровозного шатуна (фиг. 237). Скоба головки представлена на фиг. 237, а. Ковка ее производится из стали квадратного сечения 115×115 мм. Операции ковки следующие: 1) перебить заготовку; 2) произвести вытяжку поковки в; 3) произвести вытяжку по наименьшему размеру в требуемых местах г; 4) загибка скобы на оправке д, е.

Паровозный тормозной вал (фиг. 238). Ковка паровозного тормозного вала производится из заготовки квадратного сечения 200×200 мм. Первая операция заключается в вытяжке заготовки до размера 200×100 мм. Затем (фиг. 238, б) часть заготовки на протяжении 375 мм вытягивается на сечение 150×100 мм, после чего следуют наметка и прожимка. В границах наметки производится вытяжка и подкатка на круглое сечение диаметром 85 мм (фиг. 238, в) и оформление правой части, как показано на том же рисунке. В дальнейшем (фиг. 238, г) производят сверловку дыр и прорезку автогеном, после чего производятся отгибка и окончательное оформление поковки (фиг. 238, д).

Контркривошип паровоза по методу стахановца Костычева. Бригада кузнеца т. Костычева добилась выполнения 81 контркривошипа паровоза серии Су в смену (норма 10). Для достижения указанной выше производительности была введена вспомогательная бригада из двух рабочих, из которых один в процессе ковки работает у преса третьим подручным по подаче бригадиром инструмента и приспособлений, а также по уборке отходов, второй же наблюдает за нагревом заготовки и обслуживает подъемно-транспортные средства. На обязанности этой вспомогательной бригады была немедленная доставка следующей заготовки ко времени, когда обработка предыдущей подходила к концу. Таким образом прекратились простои между концом ковки одной и началом ковки следующей детали (фиг. 239 и 240 и табл. 35).








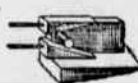



Гаечный ключ (фиг. 241). Ковка производится из полосового или квадратного материала в штампах б, в которых заготовке придается форма с шарообразными утолщениями. Дальнейшее оформление ключа производится при помощи штампов г с пуансоном в, которым прошивается зев ключа, когда головка ключа находится в штампе.





Фиг. 238. Паровозный тормозной вал

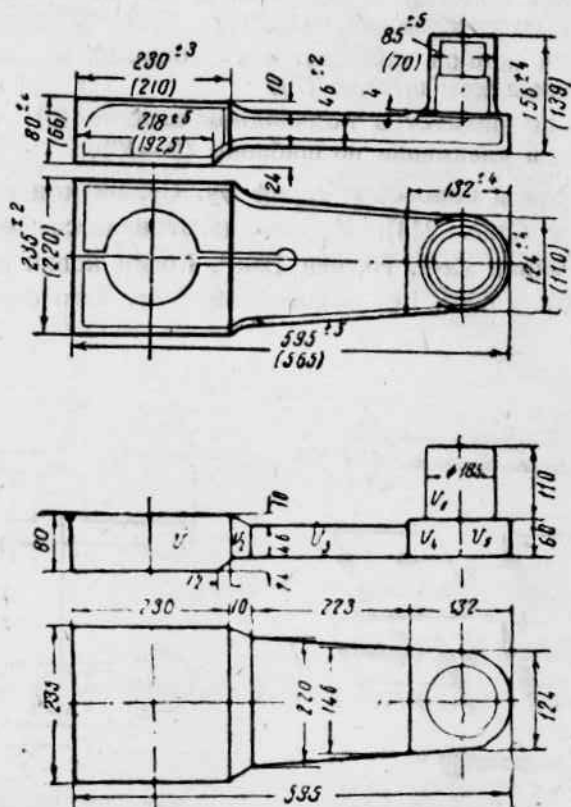
Таблица 35

**Операционная картаковки контркривошнна по методу стахановца
г. Костычева (фиг. 240)**

№ опера- ций	Наименование операций и пере- ходов	Фактическая затрата времени сек.	Эскиз перехода
1	Подать заготовку из печи под бой- ки и надеть клещи	20	
2 3	Прожать бойками цапфу Оттянуть и подкатать цапфу по контрольному кубику	22 50	
4 5 6	Отрубить излишек длины цапфы . . Надрубить отвалом квадрат для щеки Разогнать бойками щеку	16 23 24	
7	Закруглить бойками острый угол под цапфой	15	
8	Загнуть обжимкой цапфу	7	
9	Обжать бойками плоскости щеки	11	
10 11	Обжать цапфу подкладкой в оп- равке и снять деталь Обжать плоскость щеки	18 10	
12	Обжать на бойках клиньями кони- ческую плоскость щеки	18	
13	Прожать разгонкой середину щеки	17	
14	Обжать накладкой в контрольной оправке цапфу	25	
15	Отрубить излишек металла около цапфы	15	

Продолжение табл. 35

№ опера- ций	Наименование операций и пере- ходов	Фактиче- ская затрата времени сек.	Эскиз перехода
16	Подправить клиньями по контрольному кубику коническую часть цапфы	17	
17	Отрубить топором по шаблону излишек металла и уложить поковку в штабель	30	
Итого		5 мин. 37 сек.	



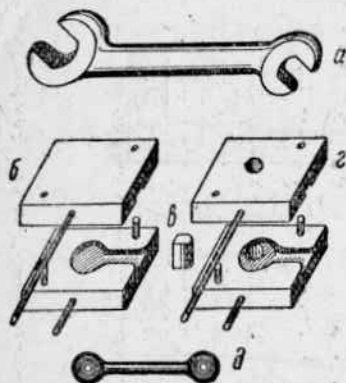
Фиг. 239—240. Контркривошип паровоза

Щека кулисы паровоза ИС (фиг. 242). Вес поковки кулисы 80 кг. На угар и кузнечный отход в виде обсежки полагают около 12%. Таким образом вес всей заготовки равняется приблизительно 89 кг. Ковка щеки кулисы может производиться под паровым молотом или парогидравлическим прессом давлением 600 т. Кулисы изготавливаются из стали 5, в соответствии с чем и производится нагрев металла.

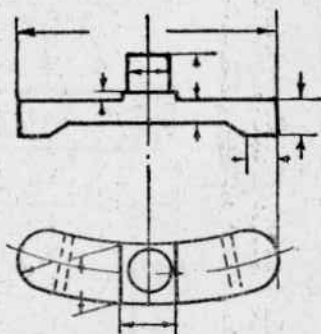
Операцииковки представлены на фиг. 243 и заключаются в следующем:

- 1) нагрев блюмсов (заготовки);
- 2) рубка блюмсов на мерную заготовку (1—2);
- 3) прожим пальца кулисы и доведение его диаметра осадкой до 110 мм (3);
- 4) обрубка пальца по шаблону на длину 120 мм (4);
- 5) осадка поковки (5);
- 6) разгонка поковки по длине (6), причем толщина кулисы выполняется по требуемому размеру;
- 7) обрубка концов полукруглым топором и заглаживание концов в подкладном штампе (7);
- 8) гибка по радиусу в подкладном штампе (8);
- 9) правка и клеймение по шаблону (9—10).

Ковка кулисы паровозов серий Эу, Су, Эт под паровым молотом в 2 т (фиг. 244). Кулиса изготавливается из углеродистой стали марки Ст-2. Нагрев 1200°. Конец ковки при температуре, близкой к 800°. Вес поковки 196,5 кг. Заготовка для изго-

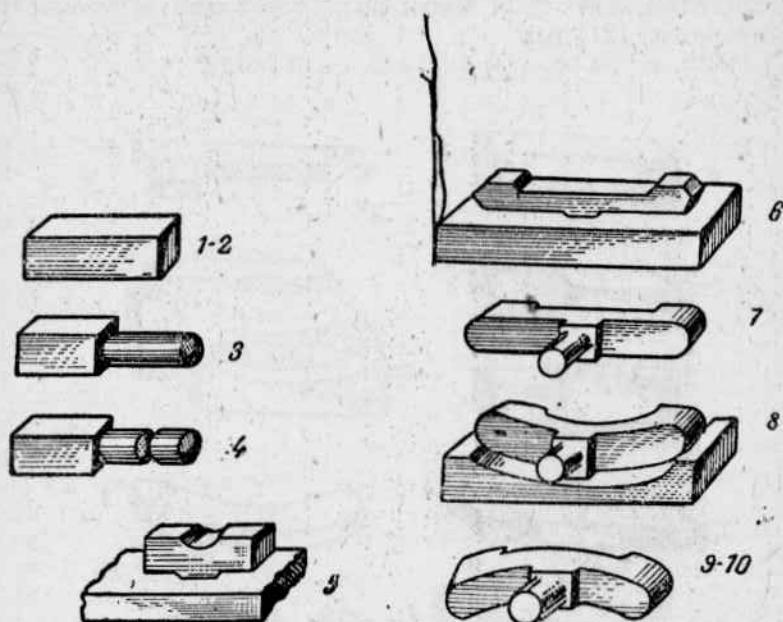


Фиг. 241. Гаечный ключ

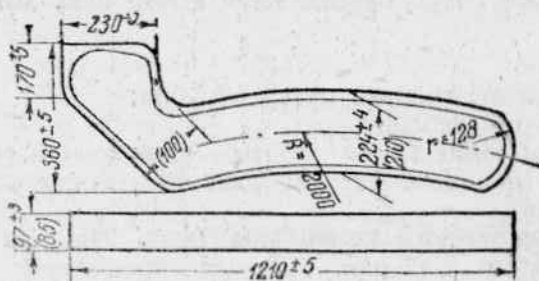


Фиг. 242. Щека кулисы паровоза ИС

товления кулисы имеет размеры 200×200 мм при длине 725 мм. Вес заготовки с учетом угара 2% и отходов при обрубке в размере 9,8% доходит до 223 кг.



Фиг. 243. Технологический процессковки щеки кулисы паровоза ИС



Фиг. 244. Кулиса паровозов Эу, Су и Эт

Технологический процесс (фиг. 244а) заключается в следующем:

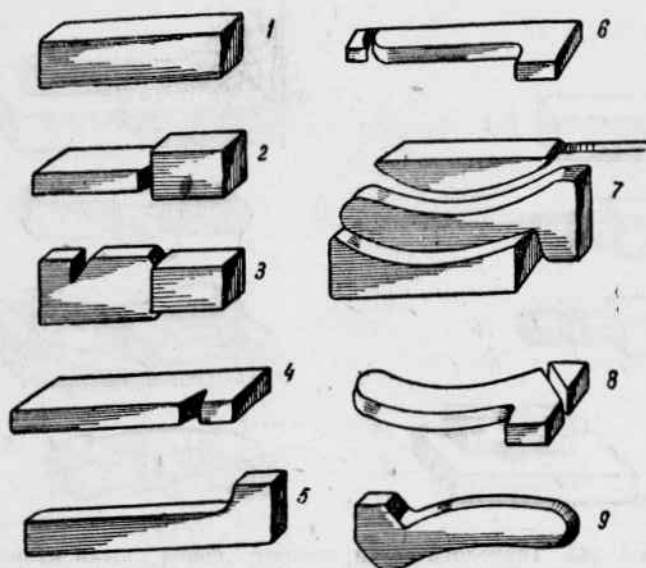
- 1) нагрев заготовки;
- 2) протяжка первого конца на пластину сечением 360×97 мм;
- 3) прожим конца для головки на протяжении 235 мм;

4) поворот поковки и протяжка второго конца на пластину сечением 360×97 мм;

5) протяжка хвостовой части поковки на пластину сечением 97×225 мм;

6) обрубка хвостовой части по шаблону полукруглым топором на длине 1215 мм;

7) гибка по радиусу в подкладном штампе;



Фиг. 244а. Процессковки кулисы (фиг. 244)

8) оформление головки путем обрубки;

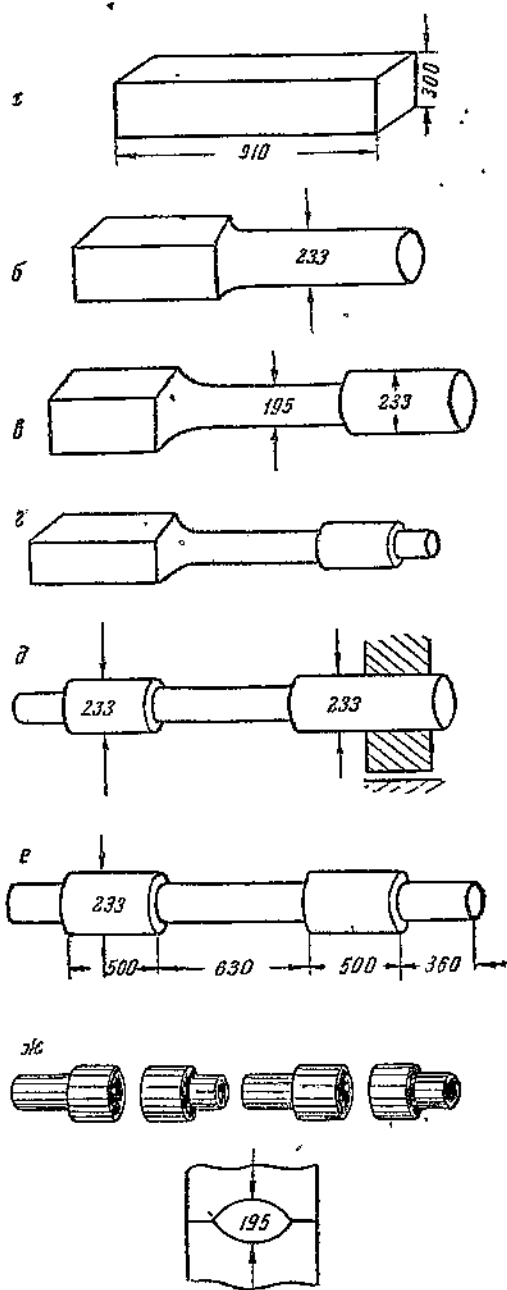
9) правка по шаблону.

Указанный выше метод работы применяется стахановской бригадой т. Чибирева, которая дает 18—19 кулис в смену при норме в 10 шт.

Палец паровозного кривошипа (фиг. 245). На паровозоремонтных заводах в редких случаях приходится производить ковку более чем одного пальца кривошипа. На паровозостроительных же заводах налажено массовое производство пальцев кривошипа и одновременно производится ковка четырех пальцев. Заготовка берется квадратного сечения 300×300 и длиной 910 мм. После нагрева до температуры 1150° производится вытяжка (б) на вырезных бойках на круглое сечение. После этого следует вытяжка (в) средней части на диаметр 195 мм, каковой соответствует диаметру отростка пальца, кривошипа. Ковка производится на тех же бойках, но без применения прокладки.

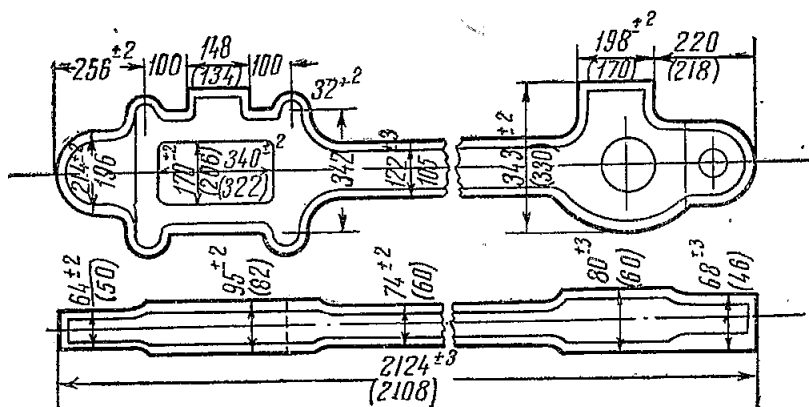
За четвертую операцию идет оформление правого конца поковки путем подкатки (г) отрезка пальца кривошипа до диаметра 195 мм. После этого поковка переворачивается (д) и производится ковка другого конца с превращением квадратного сечения в круглое диаметром 233 мм.

Далее, за шестую операцию производится оформление отрезка пальца кривошипа другого конца поковки (е) до диаметра 195 мм. В таком виде поковка посылается в механический цех, где она вначале обрабатывается на токарном станке, а затем разрезается, в результате чего получаются четыре пальца кривошипа. Как уже было сказано, ковка производится при помощи вырезных бойков з. При соприкосновении верхнего бойка с нижним, наибольший размер соответствует 195 мм. При ковке отрезка пальца кривошипа доводят до полного соприкосновения верхний боек с нижним и, поворачивая поковку, получают круглое сечение диаметром 195 мм. При ковке же части пальца кривошипа размером 232 мм ковка производится с прокладками в 38 мм между бойками, что гарантирует получение поковки круглого сечения диаметром 233 мм.



Фиг. 245. Палец кривошипа

Паровозные дышла. Ковка паровозных дышел производится как под молотами, так и под ковочными прессами, причем отдают предпочтение последним. Дышло представляет собой поковку сравнительно сложного контура, что можно видеть из фиг. 246, на которой показаны (в скобках) номинальные размеры чистых деталей, которые она будет иметь после холодной механической обработки. Кроме того, указаны также размеры поковки и допуски. Поковка должна быть выполнена таким образом, чтобы



Фиг. 246. Дышло паровоза

колебание в размерах не превышало допусков, установленных для данного размера дышла. Как видно из чертежа, дышло состоит из более тонкой средней части, носящей название стебля, и двух головок, размеры которых в значительной мере отличаются от размера средней части.

Дышло может быть изготовлено различными способами из катаной заготовки. Головки дышла могут быть оформлены путемковки и обрезки фасонными топорами, или же путем обрезки на автоскопе — станке для обрезки огнерезом (автогенном) по копиру.

Изготовление поковки дышла с применением автогенной резки. Ниже приводим операционную карту изготовления второго сцепного дышла паровоза серии Эу из слитка, причем оформление головок производится на автоскопе.

На операционной карте можно видеть, что изготовление сцепного дышла по методу, применяемому стахановской бригадой Комбарова, производится более чем в два раза скорее по сравнению с прежним способом.

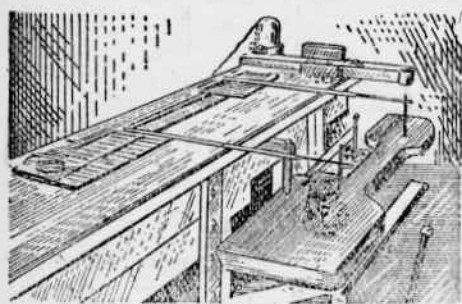
Для производства поковок дышел с оформлением головок путем резки на автоскопе требуется, кроме молота или прессы, еще дополнительное устройство в виде автоскопа. Выгода применения этого способа заключается в том, что является возможность оставлять для механической обработки припуск всего в

Таблица 36

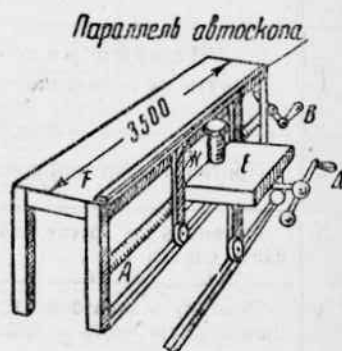
Операционная карта изготовления второго сцепного дышла паровоза серии Эу

№ по пор.	Наименование операций и переходов	Норма времени	Фактическое время	Эскизы переходов
		мин.	мин.	
1	Первый нагрев Вынуть из печи и подать к прессу	3,5	1,35	—
2	Протянуть верхний конец слитка	4,25	1,6	
3	Оттянуть и раскатать нижнюю часть слитка	4,25	1,6	—
4	Повернуть заготовку и отрубить прибыльную часть	2,5	1,2	—
5	Прожать головку и протянуть стебель	6	2,7	
6	Обжать головку, оттянуть конец	7	3,9	—
7	Подать заготовку на подогрев .	1,8	0,9	—
Второй нагрев				
1	Подать заготовку под пресс . .	1,8	0,9	—
2	Обжать малую головку, вырубить полость масленки и протянуть стебель	8	3,5	
3	Отделать малую головку, обрубить лишний металл и отделать стебель	3,5	1,5	
4	Править и отделать по шаблону	4,3	1,7	—
5	Снять поковку и уложить в штабель	1,7	0,8	—
6	Обрезка на автоскопе	—	—	—
Итого		48,6	21,8	

5 или 8 мм, что в значительной мере облегчает и ускоряет механическую обработку. Для обрезки применяют верстак, представленный на фиг. 247. Верстак состоит из стола *F* длиной в 3,5 м, на котором помещается копир, а на передвигающейся вдоль стола площадке *E* помещается поковка *Ж* (фиг. 248). Вращая рукоятку *B*, можно винтом *A* перемещать платформу *E*. Кроме того, эта платформа *E* может быть установлена в требуемом положении



Фиг. 247. Установка дышла и копира перед обрезкой



Фиг. 248. Верстак автоскопа

нии как по вертикали, так и в направлении расстояния от стола рукояткой *D*. Копир для обрезки головок второго сцепного дышла паровоза серии Су представлен на фиг. 249.

Поковка дышла подвергается разметке, как показано пунктиром на фиг. 250, и укладывается на платформу *E*.

На фиг. 251 представлен процесс обрезки автогеном. Горелки прикрепляются к стержням, другие концы которых перемещаются по копиру и занимают такое положение, при котором получается требуемый контур вырезки.

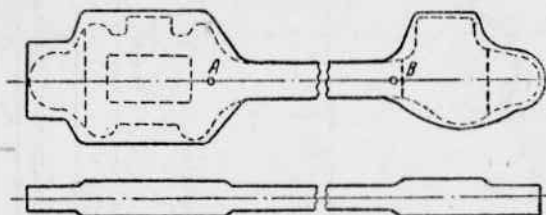
Таблица 37

Расход газа и времени для резки автоскопом (при чистоте кислорода не менее 99%)

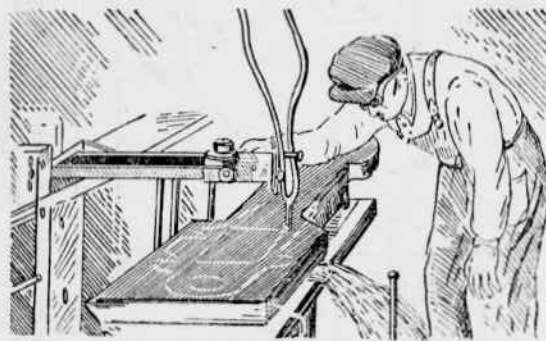
Толщина металла, мм	5	10	20	30	40	60	80	100	150
Расход кислорода на 1 пог. м, л . . .	48	80	170	300	400	800	1100	1200	2100
Время на 1 пог. м, мин.	2,3	3,0	4,0	4,25	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Расход ацетилена на 1 пог. м, л . . .	10	16	25	38	60	80	95	110	150
Давление кислорода для резки, ат . .	1,5	2	3	3,5	3,8	4,0	4,4	5	7
Ширина реза, мм	1-2	—	—	—	—	—	2-3	—	3-4
Расстояние сопла от поверхности реза, мм	2	3	—	—	—	—	4	—	6

Необходимо отметить, что поковка дышла кладется не непосредственно на платформу *E*, а на подкладку толщиной 50—70 мм для облегчения обдувания поковки и предохранения стола от повреждений при резке.

В табл. 37 представлен расход газа и времени для резки автоскопом.



Фиг. 250. Поковка дышла после разметки




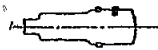
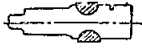
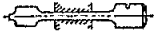
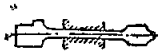

Фиг. 251. Обрезка дышла автоскопом

Необходимо отметить, что при пользовании методом резки автоскопом необходимо производить предварительно отжиг поковки при температуре 900° с выдержкой в течение 5—6 час. и с медленным охлаждением. Кроме того, после обрезки дышло должно быть помещено в металлический кожух с асбестовой изоляцией для медленного охлаждения. Эти мероприятия предотвращают появление трещин под головками и в местах резких переходов контура дышла.

Ковка поршневого дышла из блюмса без применения автоскопа. Ковка поршневого дышла может производиться под молотом свесом бабы 3—5 т, или же под ковочным прессом. Материалом для подобной поковки служит блюмс размером $300 \times 300 \times 800$ мм. На паровозостроительных заводах, где налажено массовое производство паровозов, нагрев подобных блюм-

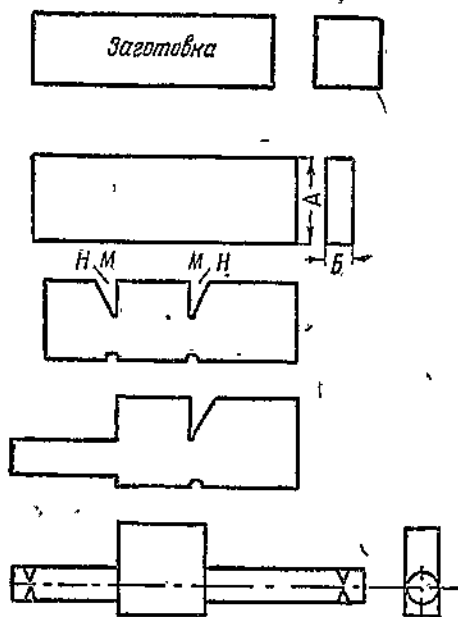
Таблица 38

Операционная картаковки поршневого дышла паровоза Эу из бجومса без применения автоскопа

№ операций	Наименование операций	Продолжительность мин.—сек.	Эскиз перехода
1	Выдать из печи и подать под пресс .	1—30	—
2	Раздать бойками под малую головку и пережать под клещи	0—55	
3	Надеть клещи и развернуть заготовку.	0—20	—
4	Раздать разгонкой под большую головку	2—15	—
5	Засечь под масленку отвалом и топором	1—00	
6	Пережать подкладками под большую головку	0—30	
7	Протяжка стебля	2—20	
8	Промер	0—10	
9	Отрубить излишек	0—30	
10	Вырубить масленку	0—50	—
11	Прогладить стебель, оправить большую головку, набить клеймо	1—00	—
12	Развернуть поковку	0—25	
13	Протяжка стебля—удлинение	2—30	
14	Промер	0—10	
15	Пережать подкладкой под малую головку	1—00	
16	Пережать для масленки	0—30	—
17	Прогладить малую головку	0—45	
18	Промер	0—25	
19	Отрубить фасонным топором излишек	0—30	—
20	Отделать деталь бойками	1—00	
21	Промер	0—20	
22	Уложить в штабель	0—40	
Итого		20—00	

сов может производиться в методической печи. Если же производительность не так велика и характер производства разнообразный, то для нагрева применяют обыкновенные камерные печи. Ниже приведена операционная карта ковки поршневого дышла бригадой стахановца Ковалевского, которая достигла производительности 15 дышел в смену при норме 2,5.

На приведенной операционной карте можно видеть, что оформление дышла производится более грубо, чем посредством резки автоскопом, вследствие чего требуется большая механическая обработка, чем в первом случае.

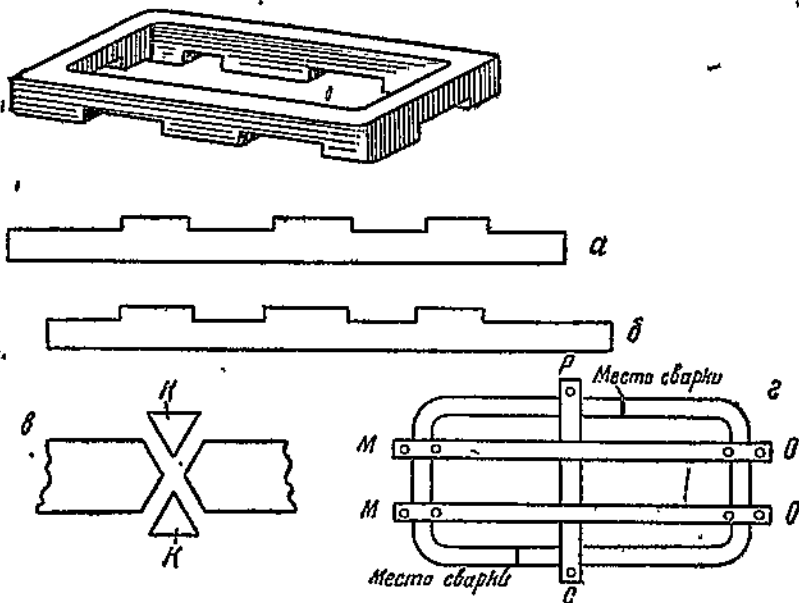


Фиг. 252. Одноколенчатый вал

Одноколенчатый вал (фиг. 252). Обычно валы изготовляются из стали Ст.5 или же в редких случаях из слаболегированных сортов стали, с примесью никеля. Для изготовления чертежа для поковки коленчатого вала необходимо определить все требующиеся припуски и определить контур и размеры поковки. Исходя из 3% на угар и 10% на обесечку концов, определяют объем требуемого металла, а по нему, учитывая необходимую уковку, находят размеры поперечного сечения и длину заготовки. Вал небольшого размера изготовляется из катаного материала; если же вал имеет значительные размеры, то он изготовляется из слитков. Как в том, так и в другом случае первая операция после нагрева стали заклю-

чается в протяжке пластины, толщина которой B соответствует толщине колена, а ширина A —ширине поковки по колену вала. После протяжки пластины производят в соответствующих местах M прожим наметками и прожим или вырубку металла в местах H , после чего производится вытяжка одного и другого концов вала. Если концы вала имеют различные диаметры, мало отличающиеся по своим размерам, то ковка ведется с напуском. При ковке такого одноколенчатого вала из слитка значительного размера необходимо прежде всего произвести билетировку слитка, отрубку нижней части слитка и со стороны прибытия и оттяжку хвоста для захвата поковки клещами или патроном.

Рама для топки котла паровоза. Подобные рамы имеют значительный размер — до 3 м в длину и около 1,8 м в ширину. Рама изображена на фиг. 253. Как видно на чертеже, рама имеет утолщения в углах и посередине. Рама куется из катаного материала (блумса) в развернутом виде из двух частей *а* и *в*. Затем производятся загибка рамы, оформление концов и сборка рамы для сварки путем скрепления ее планками в долевом на-



Фиг. 253. Топочная рама паровозного котла

равлении *МО* и в поперечном *РС* (*г*). После скрепления производят нагрев стыка, где должна быть сварка, причем отдельно нагреваются два куса металла *К* в форме треугольных призм (*в*), носящих название шашек. После нагрева до белокалийного жара стыка рамы и шашек *К* их быстро вынимают из горна, очищают от шлака, кладут на наковальню сначала одну шашку, на нее раму и поверх другую шашку, затем быстро подвергают ударам молота. Обычно сварка производится под паровым молотом. Таким образом производится сварка рам в двух местах. После сварки обычно стыки проковываются с боков вручную. Таким же образом, применяя сварку, изготавливается и рама другого назначения.

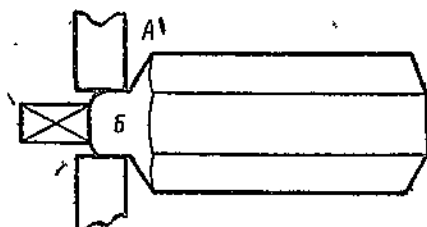
ГЛАВА XIII

ПРИМЕРЫ КОВКИ ПОД КОВОЧНЫМИ ПРЕССАМИ

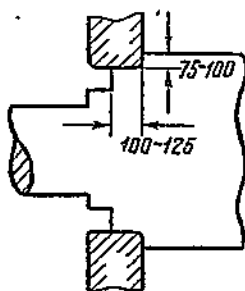
Приемы ковки под прессами. Приемы ковки под прессами несколько отличаются от приемов при ковке под молотами, что обуславливается главным образом большими поперечными сече-



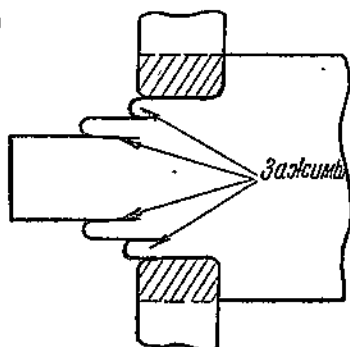
Фиг. 254.
Биллетировка
слитка



Фиг. 255. Резкий переход
при обжатии



Фиг. 256. Схема ступенчатого обжатия
слитка

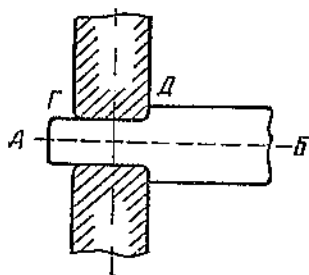


Фиг. 257. Образование
зажимов

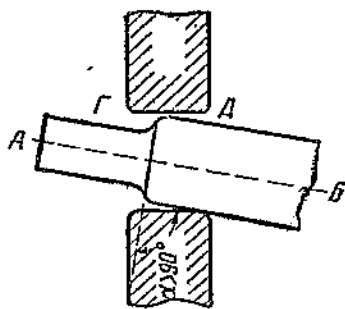
ниями поковок и формой первичного материала. Обыкновенно материалом для тяжелой ковки служит слиток, имеющий шестигранную, восьмигранную или десятигранную форму поперечного сечения. Первым приемом при передаче слитка под пресс является биллетировка или превращение многогранника в цилиндрическую форму (фиг. 254). Биллетировка производится легкими нажимами бойка, так как при сильных и больших нажимах могут раскрываться и появляться новые трещины на поверхности. Если

слиток нагрет до сварочного жара и грани его имеют подкорковые трещины и газовые пузыри, полученные при отливке и не имеющие сообщения с атмосферой, то при легких нажимах происходит их заварка.

Нажатие бойка за один ход должно быть небольшое. При большом нажатии на слиток получается в результате наклонная



Фиг. 258. Правильное положение поковки

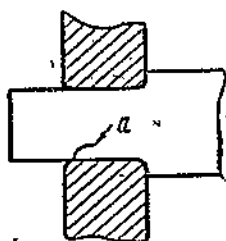


Фиг. 259. Неправильное положение поковки

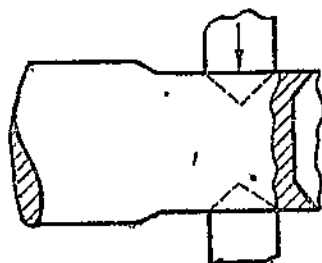
плоскость слитка на боках, как это показано на фиг. 255. Во избежание этого нажим бойка за один ход не должен превышать 75—100 мм, а захват бойком поковки в горизонтальном направлении не должен превышать 100—125 мм (фиг. 256). При таком способековки получается ступенчатая форма перехода от одного поперечного размера поковки к другому. Если производить большое нажатие, то получаются зажимы (фиг. 257). Кроме того, поверхность поковки будет состоять из иссеченных перерезанных волокон. Металл, непосредственно прилегающий к бойку, течет в свободную сторону, образуя выступ, который затем под нажимом бойка прилегает к поверхности рядом расположенной части. Получается зажим, который обнаруживается лишь при механической обработке и является причиной брака.

При обжиме слитков необходимо следить, чтобы ось слитка всегда была параллельна поверхности бойков (фиг. 258). Если же ось слитка $АБ$ не будет параллельна (фиг. 259) поверхности бойка $ГД$ и угол поперечного сечения слитка в месте нажима образует с поверхностью бойка тупой угол, то в $а$ образуется так называемый зажим (фиг. 260).

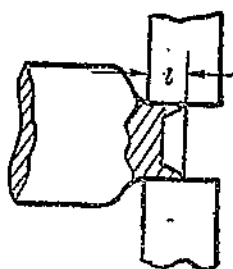
В случае, когдаковка куска металла большого поперечного сечения производится под прессом, развивающим недостаточно сильное давление, происходит поверхностный наклеп металла, причем образуются у краев выступы, как представлено на фиг. 261. Эти выступы носят название «голенщи». Голенища могут появиться также в том случае, когда захват поковки бойками



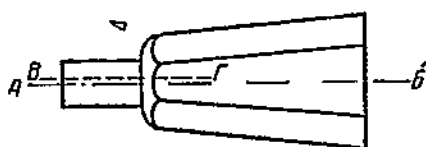
Фиг. 260. Образование шейки (а)



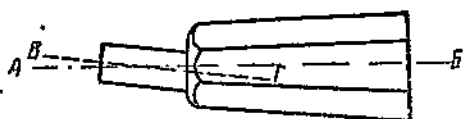
Фиг. 261. Образование «голешицы»



Фиг. 262. Образование «голешицы»



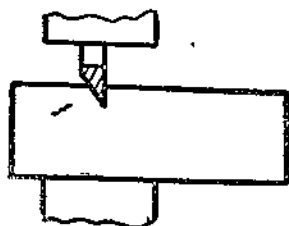
Фиг. 263. Неправильная оттяжка хвоста (оси хвоста и слитка не совпадают)



Фиг. 264. Неправильная оттяжка хвоста (оси хвоста и слитка пересекаются)



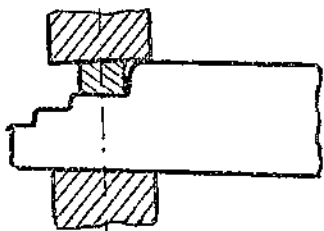
Фиг. 265. Поковка прямоугольного сечения с цилиндрическим отростком



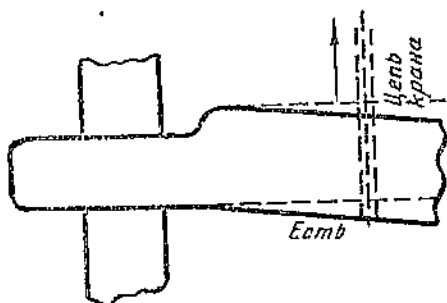
Фиг. 266. Надрубка поковки

является слишком малым (фиг. 262). Тогда металл течет по линии наименьшего сопротивления в сторону конца и образует закраину, которая также носит название голенища.

Одной из первых операций, которая производится при тяжелой ковке, является оттяжка хвоста для патрона. Несмотря на кажущуюся простоту операции оттяжки хвоста, она является чрезвычайно ответственной и трудной потому, что хвост должен иметь ось, совпадающую с осью слитка, т. е. он не должен быть посажен эксцентрично. В некоторых случаях неопытные кузнецы производят оттяжку хвоста так, как это показано на фиг. 263, где ось хвоста *ВГ* не совпадает с осью слитка *АБ*, или же, как показано на фиг. 264, где ось хвоста составляет некоторый угол с осью слитка. И в том и в другом случае необходимо исправить положение хвоста и придать ему положение, при котором ось строго совпадает с осью слитка.



Фиг. 267. Разгонка



Фиг. 268. Выравнивание поковки цепью

При тяжелой ковке очень часто требуется вести одностороннюю осадку металла при вытяжке, например, если требуется произвести поковку вида, представленного на фиг. 265, когда к пластине прямоугольного сечения примыкает отросток цилиндрической формы. В этом случае производят сначала надрубку, как показано на фиг. 266, а затем разгонку металла вдоль при помощи квадрата, как показано на фиг. 267.

В некоторых случаях разгонку производят таким образом, что поковка располагается вдоль нижнего бойка, а верхний боек ставится в направлении, перпендикулярном к нижнему. Подобная комбинация возможна при ковке на прессе, у которого имеется нижний подвижной стол. При разгонке (см. фиг. 267) очень часто прямоугольная часть поковки принимает неправильное положение или она искривляется в месте перехода от тонкой части к толстой. Исправление производится под тем же прессом при помощи цепи крана.

На фиг. 268 представлена зажатая в бойках тонким концом поковка. Сплошной линией показано положение части поковки,

которая подтягиванием цепи крана приводится в положение, обозначенное пунктиром.

При тяжелой ковке имеет большое значение операция рубки, так как зачастую приходится производить отрубку прибыльной части слитка большого размера. Если поковку расположить совершенно горизонтально, а топор для рубки — совершенно вертикально, то срез никогда не образует вертикальной плоскости. Поэтому поковку располагают наклонно вниз под углом 3—4° посредством цепи крана (фиг. 269), а топор — таким образом, чтобы он составлял с поковкой угол приблизительно в 94°, т. е. дают искусственно направление топору несколько внутрь поковки (штриховой линией показано правильное положение).

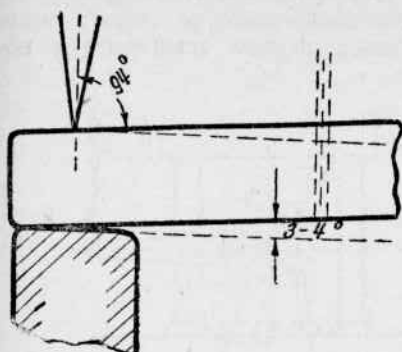
Необходимо еще отметить, что при тяжелой ковке имеет большое применение патрон, который играет ту же роль, что и клещи при обыкновенной ковке. Патрон изображен на фиг. 270. Он состоит из кованого стержня *A*, на одном конце которого закреплен стальной патрон *B*, куда вставляется хвост слитка. На стержне *A* закрепляется барабан *B* для цепи Галля. Если же краны или кантователи имеют не цепь Галля, а простую, то вместо зубчатого барабана надевается гладкий барабан, который охватывается цепью для подвески к крану. На другом конце стержня *A* надевается контргруз *Г*. Контргруз должен быть такого веса, чтобы слиток уравнивался и равномерно действующая проходила через цепь, на которой подвешен патрон.

На фиг. 271 показан патрон с поковкой, причем поковка поддерживается цепью, проходящей через так называемый кантователь *A*, приводимый в движение от находящегося на нем же электромотора *M*, провода к которому (не показаны на фигуре) идут в будку машиниста. Бесконечная цепь кантователя свешивается вниз, охватывает поковку и в зависимости от потребности может поворачивать ее в ту или другую сторону.

Кантователи делаются различной подъемной силы — от 10 до 200 т.

При вывертке колен коленчатого вала применяется люнет (фиг. 272). Он состоит из стойки *B* с крышкой *B*, где расположены выступающие внутрь ролики *A*. Люнет находится в месте шейки при вывертке вала на прессе. Назначение люнета заключается в удержании вала от выгибания при поворачивании, вследствие чего сохраняется правильное положение оси вала. Для различных диаметров валов предусмотрены сменные ролики различного диаметра.

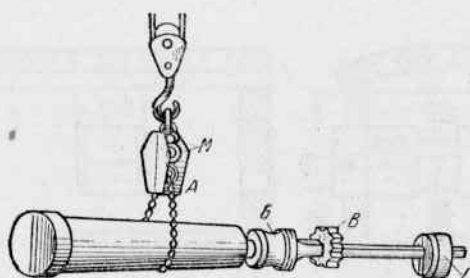
Для поворачивания вала пользуются рычагом, который действует на храповое колесо, надеваемое на квадратный конец вала, специально для этой цели оттягиваемый. Подобный рычаг показан на фиг. 273. Рычаг прикрепляется к крюку подъемного крана. При подъеме конца *A* храповик *B*, упираясь в зуб колеса *Б*, производит его поворот. После этого рычаг опускается. При следующем подъеме происходит опять некоторый поворот.



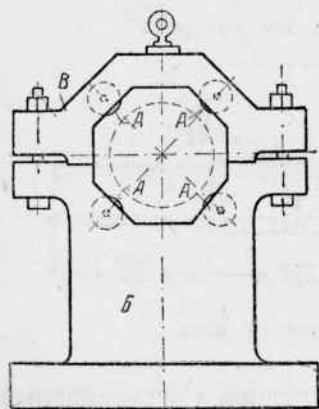
Фиг. 269. Резка топором



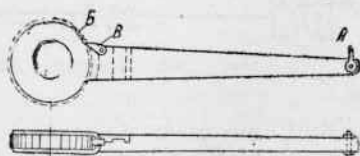
Фиг. 270. Патрон



Фиг. 271. Кантователь

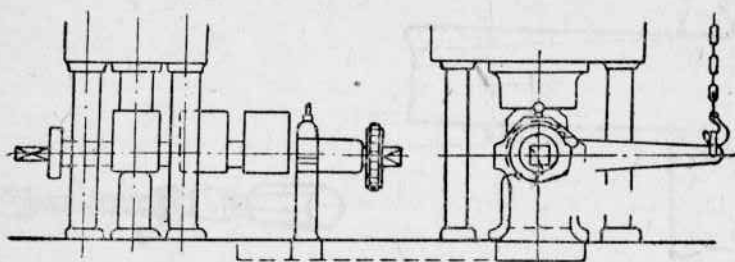


Фиг. 272. Люнет

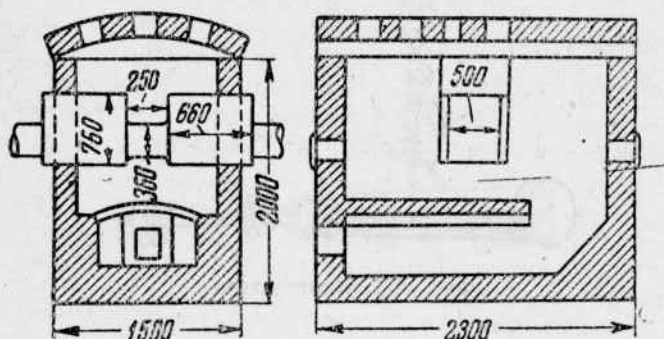


Фиг. 273. Рычаг

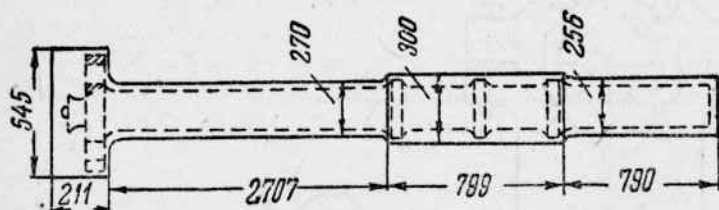
Таким образом постепенно можно производить вывертку вала. При этом способе не приходится изменять положения вала, и поэтому процесс идет быстрее, а следовательно, и самый поворот может быть произведен при более низкой температуре на-



Фиг. 274. Общий вид установки при вывертке колена вала рычагом под прессом



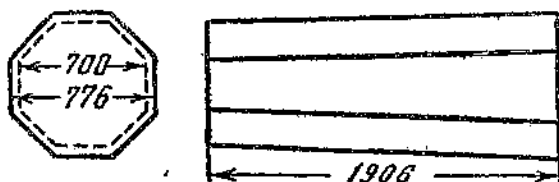
Фиг. 274а. Нагрев шейки вала для поворота



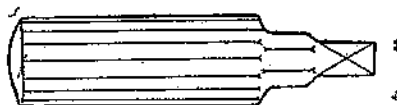
Фиг. 275. Поковка для бортового вала

грева шейки, т. е. с наименьшими вредными последствиями. Общий вид установки при вывертке колена вала рычагом представлен на фиг. 274. На фиг. 274а показан нагрев шейки вала для поворота.

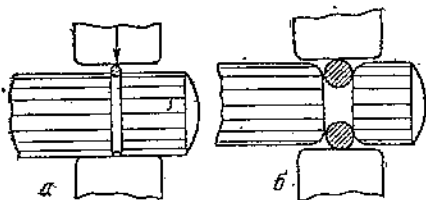
Бортовой вал изображен на фиг. 275. Ковка производится из слитка, размеры которого приведены на фиг. 276. После нагрева слитка производятся билетировка и оттяжка хвоста (литка (фиг. 277). Размер поковки определяется размером диаметра фланца 545 мм с прибавкой 50—70 мм. При ковке слитков сначала производят ковку на квадрат, сторона которого должна быть равна наружному диаметру заготовки. Затем происходит обжатие



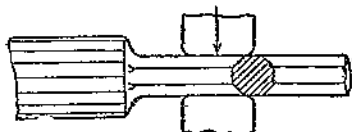
Фиг. 276. Слиток для бортового вала



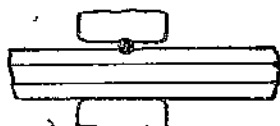
Фиг. 277. Оттяжка хвоста у слитка



Фиг. 278. Наметка слитка



Фиг. 279. Протяжка на восьмигранник

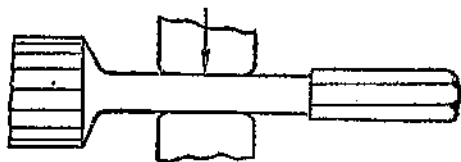


Фиг. 280. Наметка для подкатки

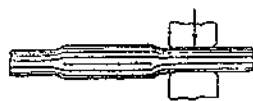
углов до тех же размеров. Обжатие производится с двух проходов и получают заготовку восьмигранного сечения, каковую подвергают еще обжатию и придают форму шестнадцатиугольника.

В следующую операцию производится наметка для определения места фланца путем прожимки раскаткой диаметром 50 мм, а затем двумя раскатками диаметром 75 мм, как представлено на фиг. 278, а и б. При обжатии фланца необходимо следить, чтобы его ось была параллельна бойкам.

После прожимки раскатками производится протяжка на восьмигранник по наибольшему диаметру бортового вала, как показано на фиг. 279. Затем следует наметка границы, от которой должна быть произведена подкатка на меньший диаметр 270 мм (фиг. 280). После наметки идет закатка на диаметр 271 мм, как представлено на фиг. 281. Потом производится закатка восьмигранника на диаметр 300 мм и оформление конца вала на диаметр 256 м. Далее следует отрубка на пробу и на мерность дли-

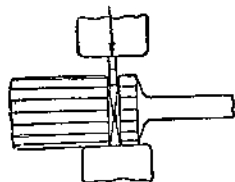
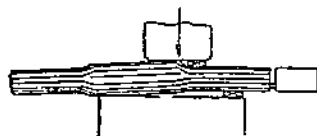


Фиг. 281. Закатка вала

Фиг. 282. Обработка
другого конца вала

ны, вал развертывается, и приступают к обработке другого конца (фиг. 282), для чего необходимо произвести подогрев.

Первая операция после подогрева заключается в обрубке со стороны фланца лишнего металла, содержащего усадочную раковину (фиг. 283). После отрубki подкатывают фланец, фланец,

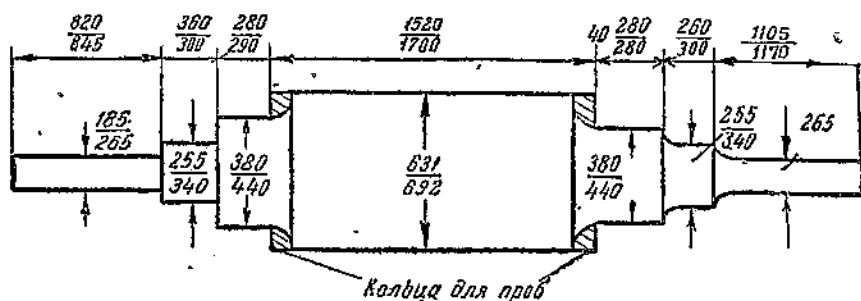
Фиг. 283. Обрубка
усадочной раковиныФиг. 284. Правка под
прессом

как было указано, делается по диаметру несколько большего размера, чем требует чертеж поковки. Послековки вал должен быть проверен на плите; если будет замечена кривизна, он должен быть выправлен под прессом, как показано на фиг. 284.

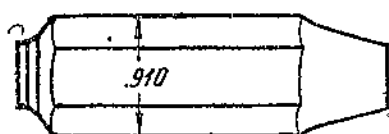
Ротор (фиг. 285). Размеры в числителях являются чистыми размерами изделий, а в знаменателях — размерами поковки. Ротор куется из стали, которая имеет временное сопротивление от 50 до 60 кг/мм² и ударную вязкость 4 кгм/см². Для анализа металла от средней бочковидной части ротора отрезаются пробные кольца.

Анализ стали: 0,3% C; 0,2% Si; ,35% Mn; 0,09% Cr; 1,1% Ni; 0,012% P; 0,022% S.

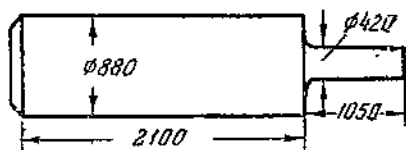
Сталь, основная мартеновская. Вес кузнечной болванки 11,6 т, диаметр ее 91 см, сечение восьмигранное. После нагрева производится первый вынос поковки к прессу, во время которого она округляется до диаметра 880 мм. При этом отрубается нижний конец болванки, а прибыльный конец отковывается до диаметра



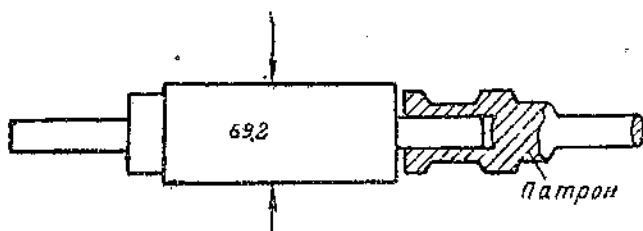
Фиг. 285. Ковка ротора



Фиг. 286. Болванка для ротора



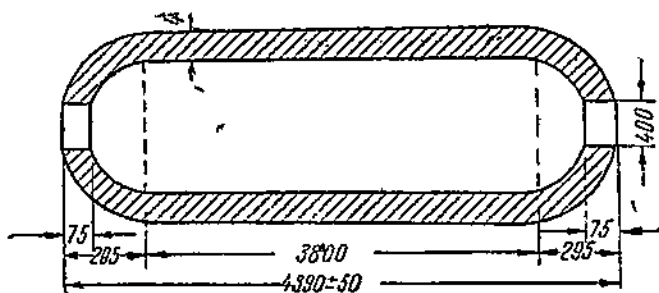
Фиг. 286а. Болванка после первой проковки

Фиг. 286б. Проковка на \varnothing 692 мм

метра 420 мм и по длине до 1050 мм. Этот отросток и является хвостом для вставки в патрон. Излишек прибыли после отковки хвоста, около 400 кг, отрубается. После этого идет осадка заготовки. Осадка производится до диаметра 1100 мм. После осадки происходит обжимка барабана ротора до диаметра 780 или 800 мм большими бойками длиной 800 мм, после чего обжим производится легкими частыми нажимами, уже при температуре 700—650° до требуемого размера, т. е. 692—700 мм (фиг. 286б). После этого следует обжатие одной шейки ротора, которая не обжимается до требуемого размера, а значительно толще, так

как патрон переводится затем на откованную шейку, а после этого происходит отковка другого конца ротора. Ковка ротора заканчивается при температуре около 700° . Продолжительность первого нагрева 9 час. и первого выноса 1,5 часа; продолжительность второго нагрева 8 час. и второго выноса 3,5 часа. Работа может производиться под прессом в 3 000 т. Наибольшее давление, которое должен развивать пресс, будет во время осадки до размера 1100 мм при высоте 1160 мм.

Принимая во внимание, что площадь круга диаметром 110 см равняется 9498 см^2 , то в случае, если сопротивление металла будет принято нами в 300 кг/см^2 , давление пресса должно быть в

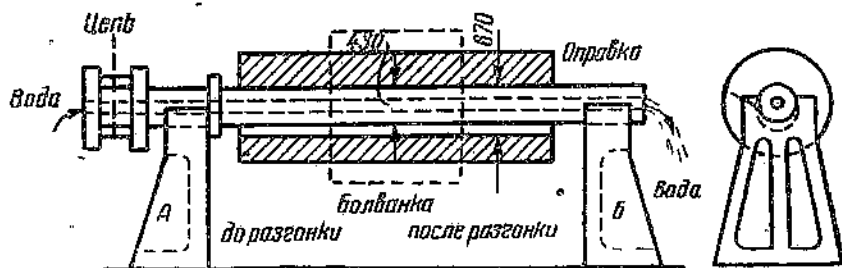


Фиг. 287. Пустотелый котельный барабан

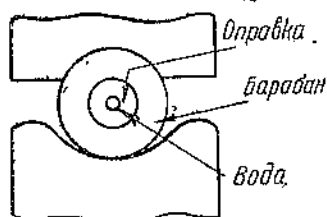
2 849 000 кг, или 2849 т. Обычно подобные поковки производятся под прессом не в 3 000, а в 5 000 т. Осадка слитка должна производиться после второго нагрева.

Котельный барабан (фиг. 287). Барабан имеет сферическое отштампованное днище. Ковка барабана производится без днищ, которые заштамповываются после механической обработки. Ковка подобного барабана производится из кузнечной болванки весом в 16 т. Сечение болванки восьмигранное — 100 см, длина — около 260 см. Сталь обыкновенная, углеродистая с 0,34% С. Болванка после нагрева биллетуруется и превращается в цилиндрической формы слиток диаметром 950 мм. При этом производится отрубка прибыльной и нижней частей болванки. Предварительно производится наметка раскатками диаметром 50 мм, а затем рубка топорами с вращением слитка. Вторая операция заключается в осадке слитка высотой в 2000 мм до 1300 мм. После этого идет сквозная прошивка; прошитое отверстие диаметром 430 мм выравнивается и разгоняется до диаметра 670 мм. Операция эта производится на пустотелой оправке, охлаждаемой водой (фиг. 288 и 289). Пунктиром показана болванка до разгонки. Конец оправки обычно соединяется с цепью кантователя, чтобы можно было вращать оправку, а вместе с ней и поковку. Как

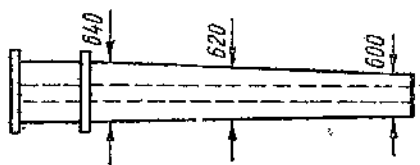
уже было указано выше, для увеличения диаметра боек ставится в направлении образующей проковываемого цилиндра. Если же требуется увеличить его в длину, то боек ставят в направлении, перпендикулярном оси оправки. За четвертую операцию заготовка поковки вытягивается в длину до 3 м: при этом применяется оправка несколько конической формы (фиг. 290). Наибольший диаметр конуса — 640 мм, наименьший — 600 мм.



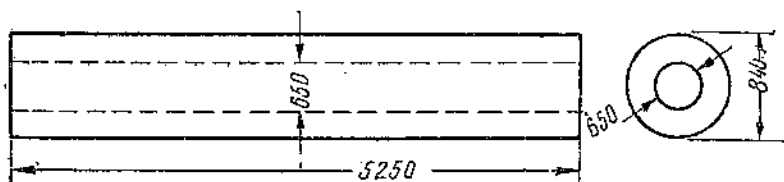
Фиг. 288. Ковка на оправке



Фиг. 289. Ковка на оправке



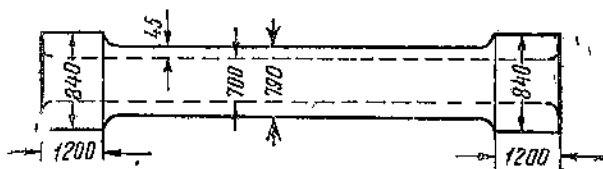
Фиг. 290. Коническая оправка



Фиг. 291. Окончательный вид поковки

За пятую операцию производится окончательная проковка барабана до размеров, показанных на фиг. 291. Внутренний диаметр поковки 650 мм, наружный 840 мм, длина 5250 мм. Далее барабан подвергается отжигу в прессо-ковочном цехе при температуре 650—700° с медленным охлаждением в печи, после чего отправляется в механическую мастерскую для обдирки и подготовки к заштамповке днищ. После обточки барабан приобретает

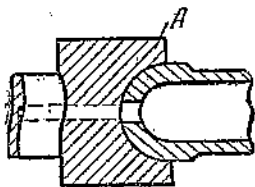
вид, представленный на фиг. 292. Внутренний диаметр 700 мм, толщина стенки 45 мм. Концы делаются несколько толще. Для заштамповки днищ конец барабана нагревается до 1000—1100°. После этого барабан переносится на горизонтальный пресс с



Фиг. 292. Барабан после обточки

давлением в 2000 т, и здесь посредством штампа А (фиг. 293) производится за один или несколько приемов заштамповка днища.

При весе болванки в 16 100 кг были следующие отходы: с нижнего конца 1300 кг, или 8,1%, с прибыльного конца 3550 кг или 22%, при прошивке отверстия 100 кг, или 0,6%, угаф 650 кг, или 4%. Таким образом вес поковки составляет 65,3% веса болванки и равен 10 500 кг.



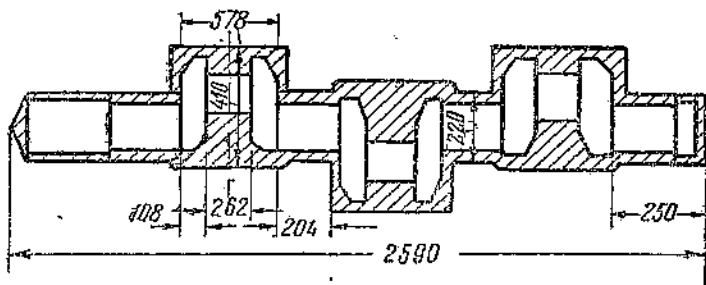
Фиг. 293. Заштамповка днища барабана

Количество выносов: первый вынос — 2 часа, второй — 1,5 часа, третий — 1,5 часа, четвертый — 2 часа и пятый — 3,5 часа. Всего работа на прессе производилась в течение 10,5 часов.

Нагрев болванки: первый — 8 час., второй — 7 час., третий — 5 час., четвертый — 6 час., пятый — 6 час.

Работа производилась под прессом в 5000 т. Рабочее давление котла — 67 ат.

Трехколенчатый вал (ковка с передачей материала) (фиг. 294). После нагрева производится биллетировка слитка, отрубка донной части его и части прибыли. Из остальной части прибыли затягивается хвост для патрона и

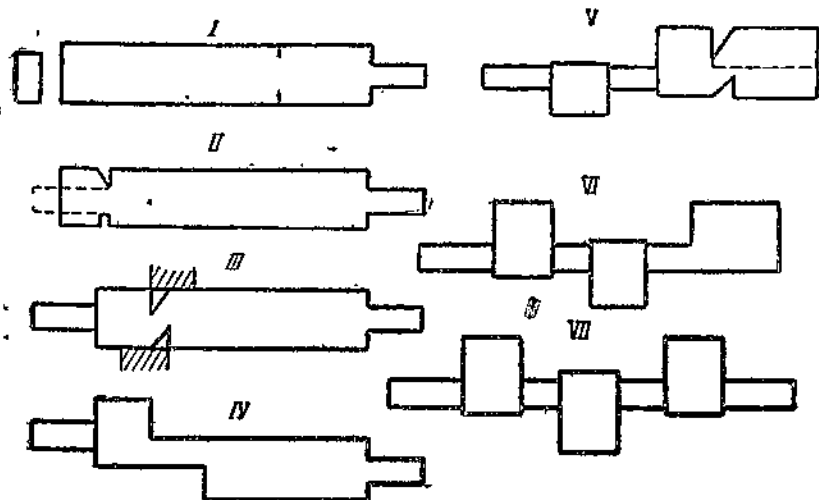


Фиг. 294. Поковка для трехколенчатого вала

производится проковка на пластину, причем ширина пластины обыкновенно бывает на 50 мм больше ширины колена вала (фиг. 294).

На фиг. 295—299 показано последовательное формоизменение поковки.

В готовой поковке все колена расположены в одной плоскости, но второе колено находится по одну сторону, а колена первое и третье по другую сторону оси вала. Если требуется

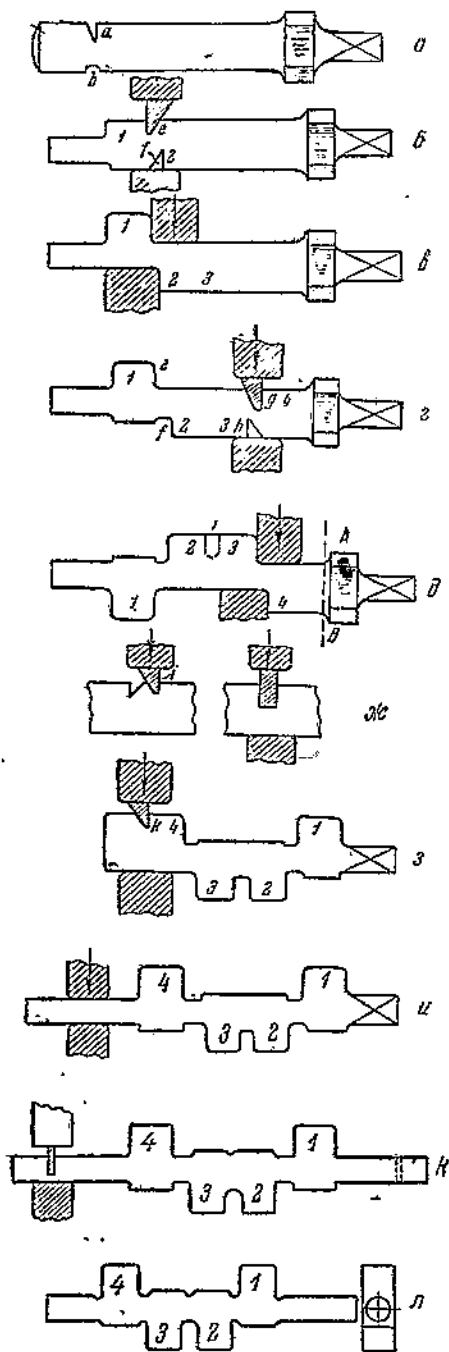


Фиг. 295—299. Этапы ковки трехколенчатого вала

разместить колена под углом 120° друг к другу, то оставляют без изменения положение второго колена, а первое колено поворачивают на 60° влево и третье колено на 60° вправо, чем и достигаются требуемые положения колена вала.

Четырехколенчатый вал (фиг. 300). Ковка может производиться из слитка, причем, как и в предыдущем случае, после биллетировки. После отрубки части доньевой и части прибыльной стороны слитка производится проковка на пластину (фиг. 300, а), размеры поперечного сечения которой были бы равны размерам поперечного сечения колена в поковке вала, включая и припуск на механическую обработку. Затем следуют сначала наметка, а потом засечка, как показано на фиг. 300, а, причем объем металла от конца пластины до засечки должен равняться объему круглого конца вала и объему обсежки, производимой обычно в конце ковки вала.

Засеченный конец пластины обжимается на цилиндр, после чего производятся засечка в местах *f* и *e* (300, б) и передача металла (300, в); при этом оформляются колена 1 и объем шейки вала между коленами 1 и 2.



Фиг. 300. Этапыковки
четырёхколенчатого вала

Далее делается зарубка *h* (фиг. 300, *г*) в таком расстоянии от края *f* второго колена, чтобы объем металла между *f* и *h* был равен объему двух колен, шейке между ними и вырубке *i* между коленами 2 и 3.

Зарубка *g* производится на таком расстоянии от *h*, чтобы объем металла между ними был равен объему шейки, после чего производят передачу материала (фиг. 300, *д*), отрубку по плоскости *AB* прибыльной части слитка и подкатывают шейку между коленами 3 и 4.

Отделение колена 2 от 3 может быть произведено или путем вырезки огнемрезом или ковкой. Сначала делают прожимку косником, потом прожимку раскаткой прямоугольного сечения, как показано на фиг. 300, *ж*. На фиг. 300, *з* показана зарубка в месте *k*, определяющем границу колена 4, а на фиг. 300, *и* — обжимка конца вала на цилиндр.

После правки и проверки шаблонами излишек металла на концах вала отрубается. Отрубленные куски должны быть такого размера, чтобы из них можно было изготовить пробы для механического испытания металла.

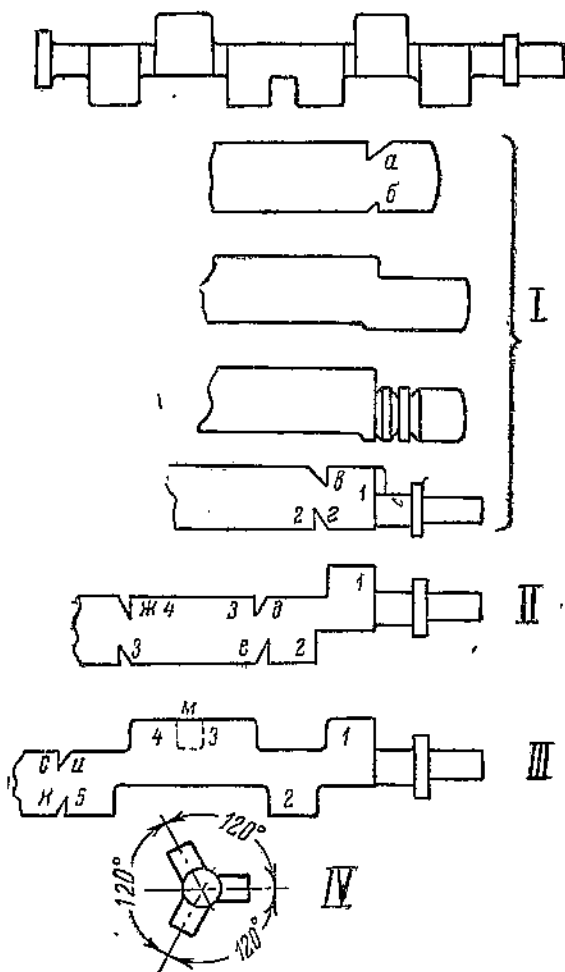
На фиг. 300, *л* представлен четырехколенчатый вал. В этом валу все колена расположены в одной плоскости, но колена 1 и 4 находятся по одну сторону, а колена 2 и 3 — по другую сторону оси вала. В случае необходимости развертки с целью получения угла между коленами в 90°

колено 1 поворачивается в левую сторону на 45° , а колено 4 — в правую сторону также на 45° . Колена 2 и 3, соответственно каждое из них, поворачиваются (на угол 45° , но в разные стороны. После этого между коленами будет угол в 90° .

Шестиколенный вал с коленами под углом 120° (фиг. 301). Ковка производится из слитка. Первоначальные операции те же, что были указаны выше, после чего производится ковка на пластину, толщина которой равняется толщине колена, а ширина приблизительно на 20% больше ширины колена. Ковка производится с патроном. Следовательно, предварительно должен быть оттянут хвост соответствующих размеров.

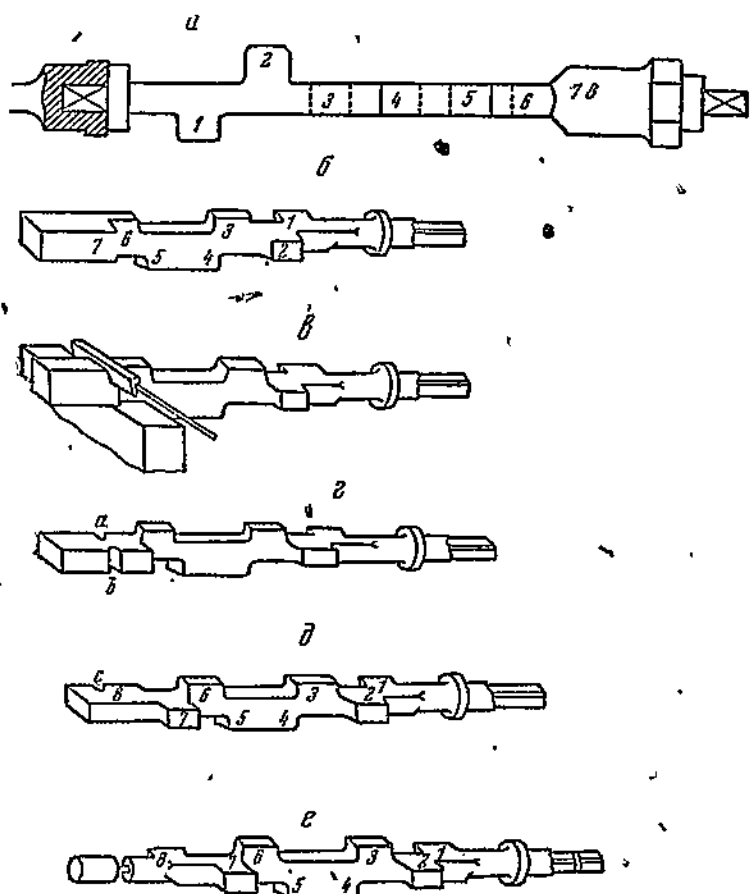
На фиг. 301, I показаны зарубка в местах а—б, передача материала и оттяжка круглой части конца вала. Затем после зарубки в местах в и г производится передача металла для образования шейки между коленами 1 и 2 (фиг. 301, II). Далее делают зарубки д и е, затем после зарубки в местах ж и з путем передачи получают конфигурацию колен 3 и 4. После этого производится прошивка материала для образования шейки м между коленами 3 и 4 (фиг. 301, III).

Затем следуют зарубка в местах и и к и передача материала для образования шейки между коленами 5 и 6 (фиг. 301, III), зарубка и оттяжка и подкатка концевой части вала, как было



Фиг. 301. Этапы ковки шестиколенного вала

описано выше, после чего вал принимает вид, представленный на фиг. 301. Потом производится частичный нагрев шейки между коленами 1 и 2 и вывертка колен, каждое на 60° , но в разные

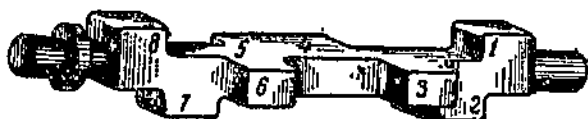


Фиг. 302. Восьмиколеччатый вал

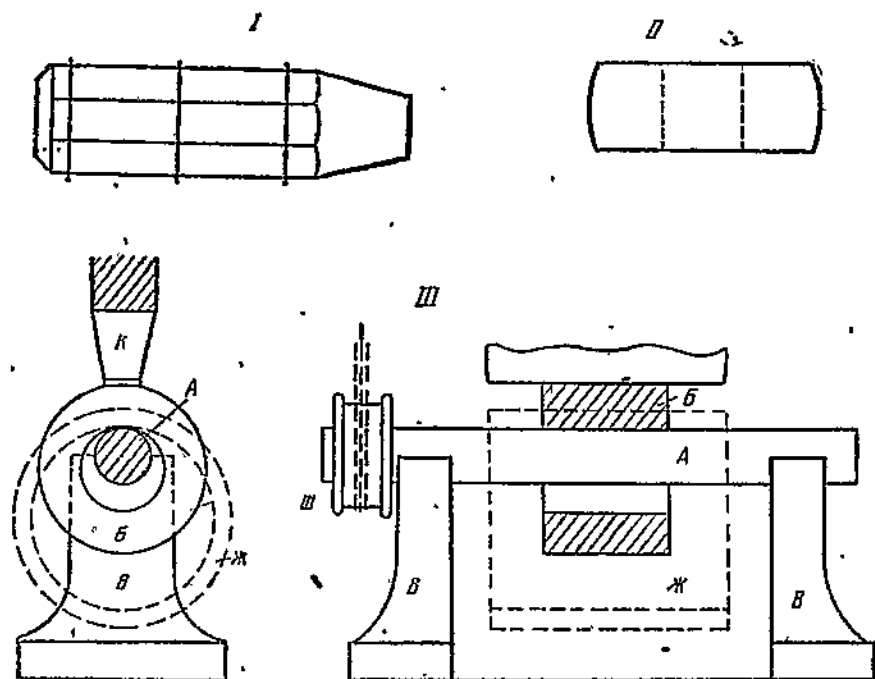
стороны. Схема вывертки колен показана на фиг. 301, IV. По этой схеме колена 1 и 5 будут находиться в одной плоскости, колена 2 и 6—в другой плоскости под углом в 120° к первой, а колена 3 и 4—в плоскости, расположенной под углом в 120° в отношении последней.

Восьмиколеччатый вал. Ковка восьмиколеччатого вала может производиться с выверткой и без вывертки колен (фиг. 302). Ковка ведется с передачей материала, как было описано выше.

Если колена должны быть расположены друг к другу под углом 90° ; то поковка будет иметь вид, представленный на фиг. 303. В этом случае вывертка не производится.



Фиг. 303. Восьмиколенчатый вал
(перспективный вид)



Фиг. 304. Ковка турбинной обечайки на оправке

Турбинная обечайка диаметром около 2 м. Турбинные обечайки должны быть изготовлены из высококачественного материала, ввиду чего слитки, предназначенные для изготовления из них обечаек, обрабатываются с наружной стороны на станке для снятия наружного слоя, затем из слитка отрезаются куски требуемой длины (фиг. 304, I). После нагрева производятся осадка, прошивка (фиг. 304, II) и расковка обечайки. Расковка эта производится на оправке А, установленной на двух подставках В—В, которые закреплены на выдвижном столе пресса. Оправка А

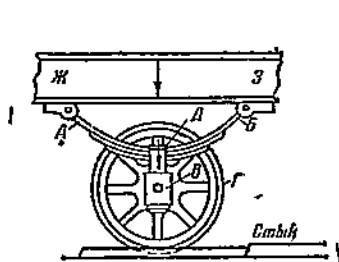
с одного конца имеет шкив *Ш*, через который проходит бесконечная цепь от кантователя. Таким образом при вращении цепи оправка вращается, а вместе с нею вращается и расположенная на оправке поковка *Б*. Так как проштампанная поковка *Б* должна быть увеличена главным образом в диаметре, а попутно и по длине, то ковка производится бойками *К*, расположенными параллельно оси оправки. После каждого нажима бойка поковка поворачивается. В результате такойковки получается обичайка *Ж* требуемого размера. Ковка такой обичайки производится под прессом в 2000 т, после чего обичайка обычно подвергается термической обработке. В этом случае ковка производится с осадкой металла по оси слитка, вследствие чего механические свойства в долевых и поперечных образцах в значительной мере выравниваются.

ГЛАВА XIV

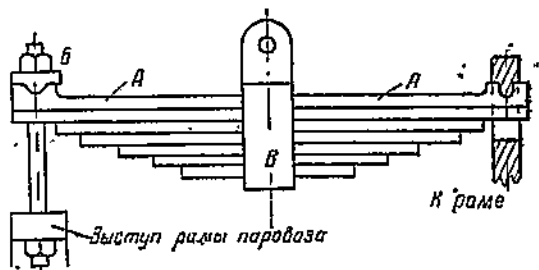
ПРОИЗВОДСТВО РЕССОР И ПРУЖИН

Производство рессор и пружин является одной из важных отраслей кузнечного дела.

Паровозы, вагоны, платформы, автомашины и значительная часть гужевых транспортных средств снабжены рессорами, на-



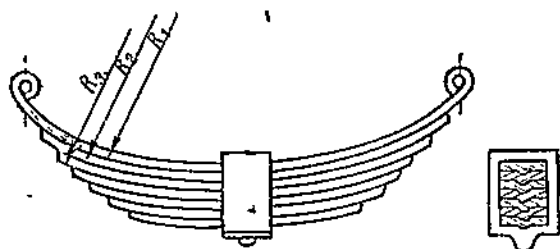
Фиг. 305. Вагонная рессора



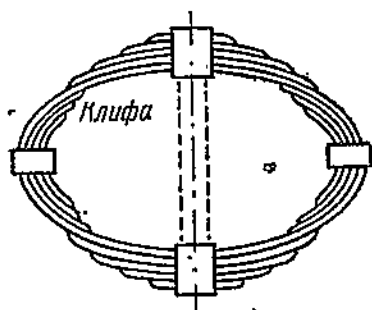
Фиг. 306. Паровозная рессора

значение которых заключается в смягчении ударов, которые получает колесо при движении. Даже при движении по рельсам, как это, например, имеет место в железнодорожном транспорте, при проходе колес паровозов и вагонов через стыки колесо получает удар о выступ рельса (фиг. 305). Кузов имеет рессоры *АБ*, которые связаны хомутом *Д* с буксой *В* вагонного полуската. Удар, полученный колесом *Г*, передается рессоре, по-

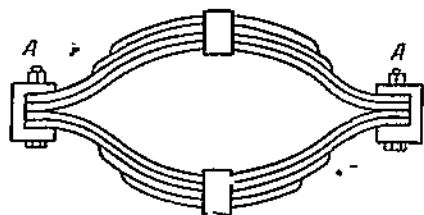
следняя под влиянием энергии удара сжимается, уменьшая стрелу прогиба, и поэтому только небольшая часть энергии удара будет передана балкам ЖЗ и далее кузову вагона, благодаря чему кузов получает уже ослабленные толчки, что способствует большей продолжительности службы вагона.



Фиг. 307. Вагонная рессора



Фиг. 308. Рессора Клифа

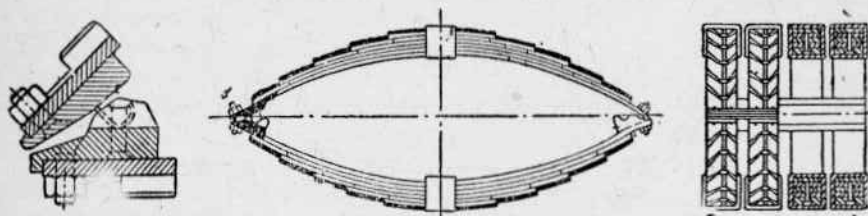


Фиг. 309. Рессора Брауна

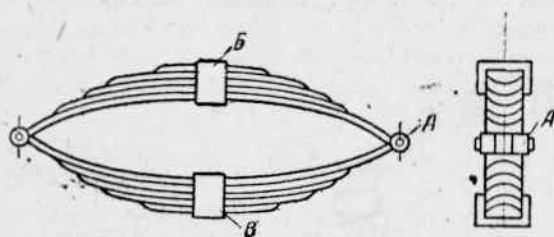
Рессоры в зависимости от назначения имеют различные размеры и форму. Паровозная рессора (фиг. 306) состоит из толстых листов рессорной стали, стянутых хомутом В. Верхний коренной лист А имеет на концах утолщения с выемками, в которые входит выступ скобы, прикрепленный к раме паровоза. Иногда вместо скобы через отверстие в коренном листе проходит болт Б, прикрепленный другим концом к раме паровоза. Хомут В подвешен к буксе полуската. Паровозные рессоры могут иметь листы прямые и изогнутые.

На фиг. 307 представлена простая вагонная рессора, которая имеет коренной лист с ушками. При помощи подвесок она прикрепляется к основным балкам вагона, а шаровым выступом нижней части хомута упирается в буксу полуската. Форма вагонных рессор довольно разнообразна. На фиг. 308 представлена рессора Клифа, а на фиг. 309 — рессора Брауна, применяемые для пассажирских вагонов. В рессоре Брауна концы листов

скреплены скобами и болтами А. У нас в СССР (имеет значительное распространение рессора Галахова для пассажирских вагонов, аналогичная рессоре Брауна, но вместо скрепляющих концы скоб у нее имеются на концах шарниры (фиг. 310). Листы в рессоре имеют различную длину.



Фиг. 310. Рессора Галахова



Фиг. 311. Автомобильная рессора

Обыкновенная рессора для автомашин и экипажей гужевого транспорта представлена на фиг. 311; коренные листы этих рессор имеют на концах утолщения с отверстием, которые образуют шарниры А. Хомутом В рессора прикрепляется к кузову экипажа, а нижним В — к оси.

Материалы для изготовления рессор. Для листов рессор употребляется специальная рессорная сталь, которая, согласно ОСТ 971, для железнодорожного транспорта должна соответствовать одной из марок, поименованных в табл. 39.

Таблица 39

Марка стали	Расчетное напряжение K при изгибе после закалки и отпуска, $\text{кг}/\text{мм}^2$	Применение рессор
А	95	Для товарных вагонов • паровозов и тендеров • пассажирских вагонов • рессор высокого качества
Б	100	
В	110	
Г	125	

Химический состав углеродистых сталей для рессор, в зависимости от марки колеблется в следующих пределах (в %):

углерода	0,47—0,55
кремния	0,4—0,6
марганца	0,6—1,0
серы — не больше	0,05
фосфора >	0,04

Механические свойства в незакаленном состоянии:

Временное сопротивление разрыву . . .	70—85 кг/мм ²
Удлинение нормальное	8 %
повышенное	10 %
пониженное	6 %

Рессорная сталь в некоторых случаях изготавливается с повышенным содержанием кремния и марганца, а также с примесью таких металлов, как хром, никель, ванадий. Специальные рессорные стали имеют повышенные механические свойства, и после закалки структура их получается более однородной.

Анализы легированных рессорных сталей, применяемых у нас в СССР и в других странах, представлены в табл. 40.

Таблица 40

Страна	Содержание, %					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	V
СССР	0,4	1,0	0,6	—	3,2	—
	0,5	1,2	0,6	—	3,2	—
	0,5	0,8	0,9	—	—	—
	0,6	1,0	1,0	—	—	—
	0,6	1,4	0,4	0,5	—	—
	0,7	1,6	0,5	0,6	—	—
Англия (BESA) .	0,55—0,65	0,5	0,5—0,8	0,45—0,7	—	—
	0,45—0,55	0,5	0,5—0,8	0,8—1,2	—	0,15
США	0,5—0,6	1,8—2,2	0,6—0,9	1,0—1,2	—	—
Германия	0,5—0,58	0,3—0,4	1,65—1,9	—	—	—
	0,46—0,52	0,2—1,7	0,8—0,95	1,0—1,2	—	—

Рессорная сталь с содержанием марганца от 1 до 1,1% и с повышенным содержанием кремния носит название кремнемарганцовистой. Достоинство этой стали заключается в том, что при закалке в воде она не дает трещин.

Научно-исследовательские работы в области металловедения показали, что наилучшая для данного времени рессорная сталь

содержит небольшое количество бериллия (1%). По произведенным в Америке исследованиям и испытаниям рессорной стали на усталость обычная нормальная рессорная сталь при длительных испытаниях выдерживает 680—850 тыс. толчков, и затем в результате усталости металл ломается. В местах излома было обнаружено типичное явление усталости.

Рессорная сталь с присадкой 1% бериллия выдерживает от 10 до 14 млн. толчков, и после этого никаких признаков изнашиваемости не обнаружилось. Пружины из бериллиевой рессорной стали не теряют упругости даже при красном калении.

В отношении профиля поперечного сечения сталь разделяется на гладкую и желобчатую. Эти профили применяются при изготовлении паровозных и вагонных рессор.

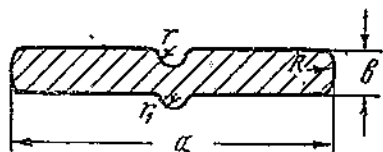
Размеры и форма рессорных стале́й по ОСТ $\frac{7257}{498}$ представлены в табл. 41 и 42.

Таблица 41

a	b	r	r_1
63	10	4,5	3,75
63	13	4,5	3,75
76	7	4,5	3,75
76	10	4,5	3,75
76	11	4,5	3,75
76	13	4,5	3,75
89	10	4,5	3,75
89	13	4,5	3,75
100	13	4,5	3,75
110	13	4,5	3,75

Таблица 42

a	b
76	7
76	8
76	10
76	13
89	10
89	13
102	10
102	13
114	7
114	10



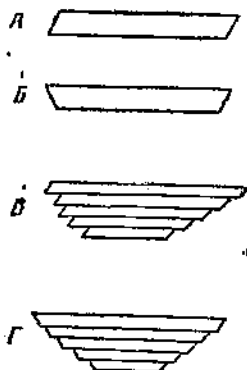
Фиг. 312. Рессорная сталь

Основные операции при изготовлении рессор

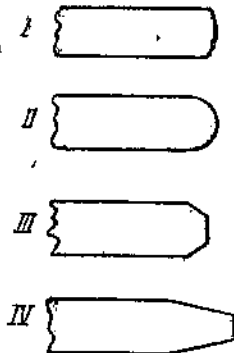
1. Резка на ножницах полос на куски, требующиеся для изготавливаемой рессоры.
2. Обрезка концов листов рессор по форме трапеции.
3. Завивка ушек у коренных листов или образование уголщений (для паровозных рессор).

4. Сверловка и зенковка отверстий.
5. Нагрев листов и их гибка.
6. Закалка листов с предварительным нагревом или без него, если гибка и закалка будут производиться с одного нагрева.
7. Отпуск закаленных листов.
8. Правка листов и сборка рессор.
9. Насадка и обжимка хомутов.
10. Статическое и динамическое испытания.
11. Окраска.

Эллиптические вагонные рессоры устанавливаются по четыре на одной тележке и для этого требуется слесарная сборка.



Фиг. 313. Резка рессорной стали

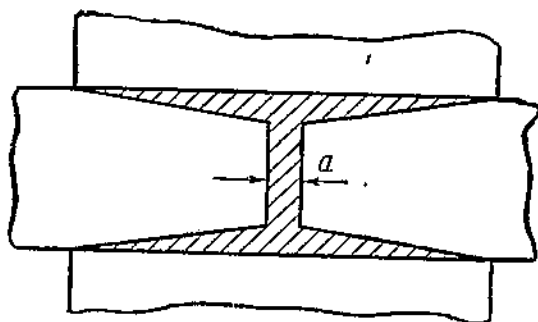


Фиг. 314. Концы листов рессор

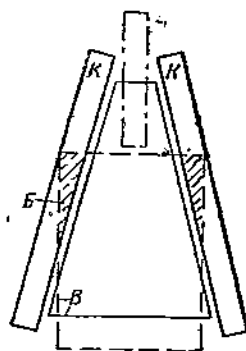
Резка стали производится на обычных ножницах; при резке поверхность среза имеет некоторый наклон, как показано на фиг. 313. Рессора, сложенная из таких нарезанных листов, показана на фиг. 313, В. Все торцы листов имеют наклон в одну сторону, и рессора поэтому имеет некрасивый вид. Если производить резку с поворотом полосы на 180° по оси полосы, то отрезанные куски будут иметь вид, представленный на фиг. 313, Б. Собранная рессора изображена на фиг. 313, Г.

Концы рессорных листов имеют различную форму, как это показано на фиг. 314. Обычно листы режутся на обыкновенных ножницах со срезом (торцом), расположенным перпендикулярно длине листа, после чего уже производится оформление конца на специальном вырубном штампе.

Если производить одновременно разрезку и оформление концов, то получается больший отход металла, чем в первом случае, что видно на раскрое листов (фиг. 315). Расстояние a не может быть сведено к нулю, так как пуансон должен иметь определенную толщину. На фиг. 316 показана схема устройства отрезного



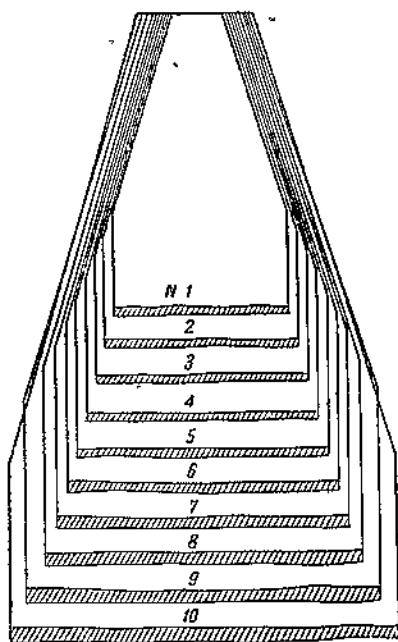
Фиг. 315. Раскрой листов



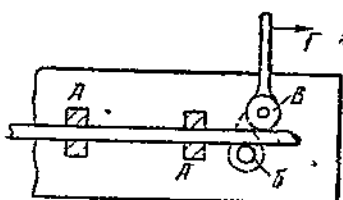
Фиг. 316. Схема устройства обрезающего штампа

штампа. От полосы *В* пуансонами *К* и *К* отрезаются углы *Б* и конец получает трапецидальную форму. На фиг. 317 представлены концы рессор различной ширины.

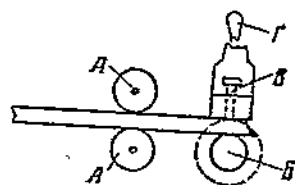
Рессоры для автомобилей. Рессоры для автомобилей и конных экипажей делаются из листов неодинаковой толщины,



Фиг. 317. Концы рессор различной ширины



Фиг. 318. Станок для завивки ушек

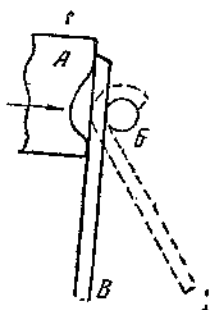


Фиг. 319. Станок для завивки ушек

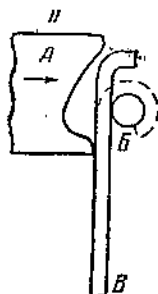
постепенно уменьшающейся от середины к концам листа. После проковки листов в целях утонения концам придается обрезкой трапециевидальная форма или полукруглая.

Необходимо отметить, что более крепкую рессорную сталь режут с подогревом до температуры 200—400° во избежание появления трещин в местах среза.

Оформление концов коренных листов. Для рессор паровоза концы коренных листов утолщаются горячей высадкой и ковкой. Если коренной лист имеет ушки, то предварительно производят косой срез концов листа, затем после нагрева конца до 1000°



Фиг. 320. Схема пресса для за-
вивки ушек



Фиг. 321.
Перестановка
листа

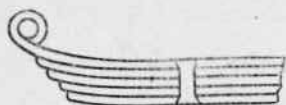
помещают лист на станок для завивки ушек между упорами АА (фиг. 318). Оправка В имеет диаметр, равный диаметру ушка. На конец листа нажимает ролик В, закрепленный на рычаге Г, поворотом которого в направлении стрелки производится завивка ушка.

На фиг. 319 представлен другой станок завивки ушек, в котором лист укладывается между упорами или роликами АА. Конец листа прижимается планкой В к могущей вращаться оправке Б. Поворотом рычага Г, на котором закреплена и планка В, производится, как показано пунктиром, завивка ушек.

На фиг. 320 показана схема небольшого пресса для завивки ушек рессор. Нагретый конец листа В помещается между оправкой В и штемпелем А. При перемещении его вправо происходит частичная загибка, как показано пунктиром. При отходе ползуна влево лист В переставляется, как показано на фиг. 321, и при обратном ходе штемпеля А происходит дальнейшая загибка. После трех-четырёх перестановок происходит полное оформление ушка.

Сверловка и зенковка дыр и обработка концов коренных листов. Во многих случаях вагонные рессоры имеют посредние дыры, через которые пропускается заклепка, как показано на

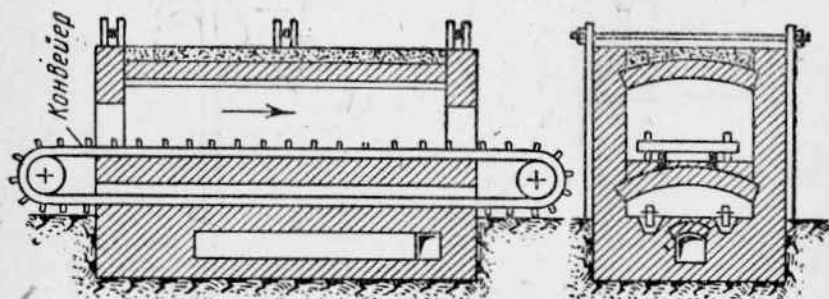
фиг. 322. Эти дыры должны быть просверлены, а у коренного и у нижнего листа еще и раззенкованы для потайной головки заклепки. На листах А паровозных рессор протрогивается посре-



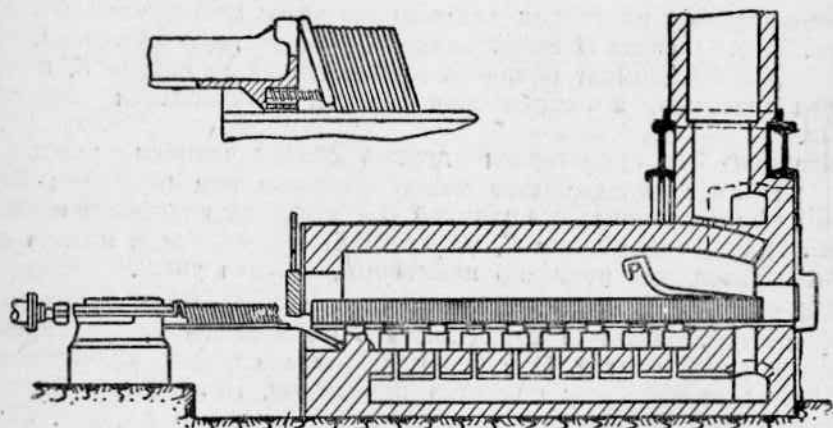
Фиг. 322. Дыры на листах для вагонных рессор



Фиг. 323. Выемка для хомута



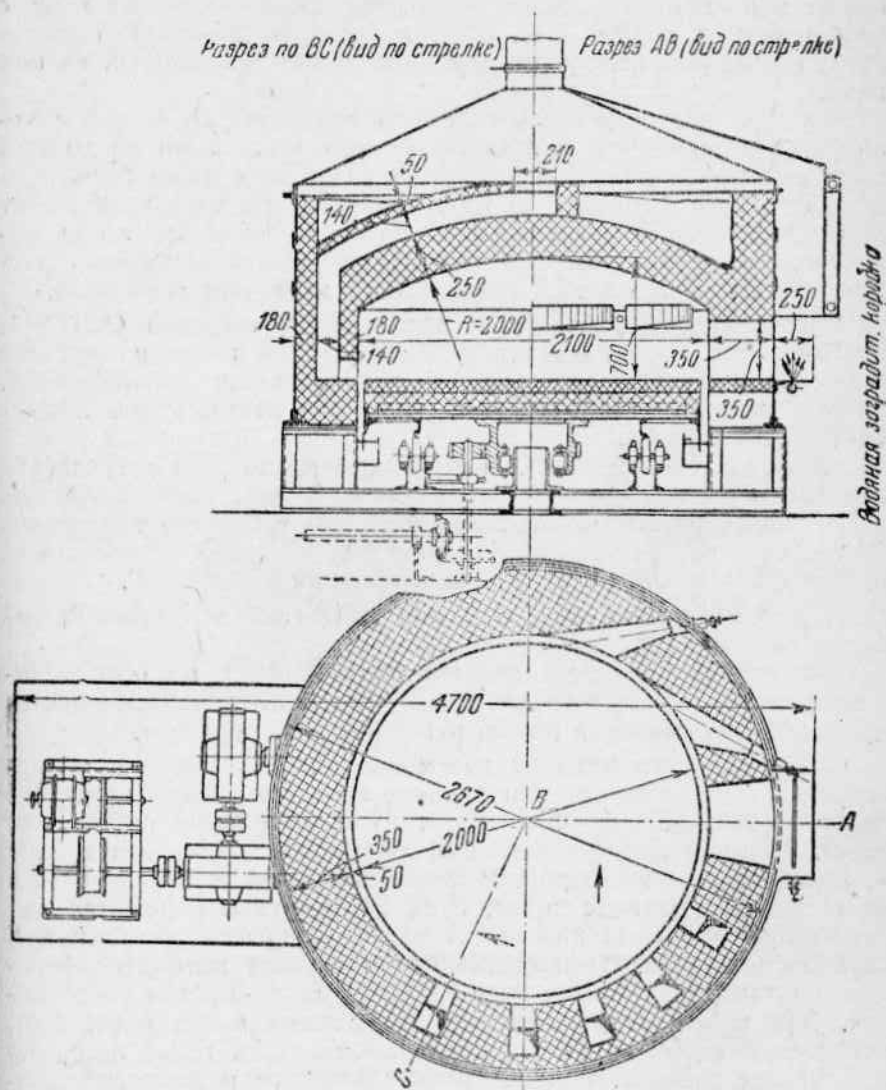
Фиг. 324. Нагревательная печь с конвейером



Фиг. 325. Нагревательная печь с толкателем

дине выемка небольшой глубины, в которую входит после обжимки в горячем состоянии хомут Б (фиг. 323). Кроме того, подвергаются обработке концы коренных листов паровозных рессор: сверлятся дыры и оформляются концы.

Нагрев рессорных листов под гибку и закалку. Нагрев производится в обыкновенных камерных печах, отопляемых газом или мазутом, что в значительной мере облегчает уход за печью и



Фиг. 326. Нагревательная печь с вращающимся подом

возможность хорошо регулировать температуру. В этом отношении печи, работающие на газовом и жидком топливе, имеют преимущества перед печами, отопляемыми каменным углем.

При массовом производстве применяются механизированные печи, в которых рессорные листы перемещаются конвейером, как представлено на фиг. 324, или толкателем (фиг. 325), или гагающим механизмом. Кроме того, применяются круглые печи с вращающимся подом (фиг. 326), в которых движение горячих газов направлено навстречу движению листов, уложенных на под печи.

Так как рессорная сталь содержит сравнительно большое количество углерода, то при нагреве температура печи не должна быть высокой, а пребывание листа в печи не должно быть продолжительным (не более 25 мин.), так как при этом происходит поверхностное обезуглероживание стали и твердость листа получается неравномерной. Во избежание обезуглероживания листов рессоры рекомендуются посыпать их угольным порошком.

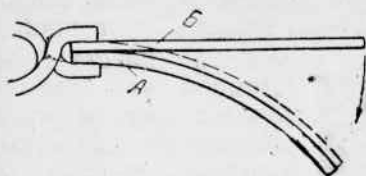
Нагрев углеродистой стали под закалку, согласно ОСТ 971, производится до температур 800—830°. Если гибка и закалка происходят с одного нагрева, то нагрев ведут до 850—870°. Отпуск может производиться в таких же печах, какие применяются для нагрева.

Гибка листов и закалка. В настоящее время лист нагревается для гибки до температуры более высокой, чем температура закалки, но настолько, чтобы после процесса гибки его температура соответствовала температуре закалки, что дает возможность производить закалку с этого же нагрева при 800—830°.

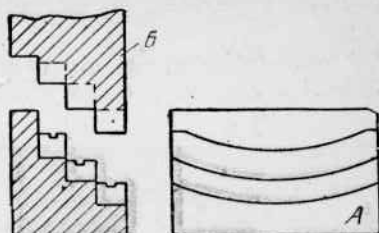
В редких случаях лист остывает после гибки и вновь нагревается под закалку.

Каждый лист рессоры должен быть изогнут по определенному радиусу, ввиду чего для гибки каждого листа должны быть изготовлены отдельный штамп и шаблон для проверки.

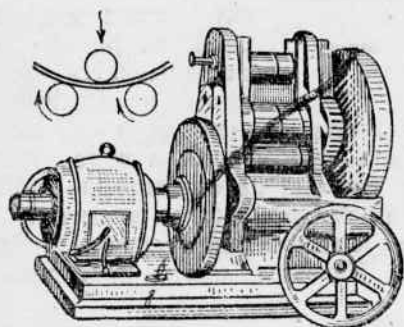
Самым простым методом гибки рессорного листа при мелкосерийном производстве или ремонте является гибка нагретого листа Б (фиг. 327) по шаблону А, изготовленному из той же стали. Ударами молотка нагретый лист прижимается к шаблону А, как показано пунктиром. В некоторых случаях гибку ведут в многоручьевом штампе (фиг. 328). Штамп устанавливается на фрикционном прессе: нижний А на столе пресса, а верхний Б на ползуне пресса. На представленном штампе можно одновременно штамповать три листа с различными радиусами закругления. Для гибки листов применяются также валки (фиг. 329). Установкой верхнего валка можно производить изгиб листа по требуемому радиусу. Нижние валки активные и получают движение от электромотора. Гибка листов может производиться на фрикционном винтовом прессе, представленном на фиг. 330. Иногда применяют для гибки листов гибочную машину (фиг. 331), у которой один штамп представляет собой цепь 1, а другой имеет вид изогнутой полосы 2 определенного радиуса: поперечина соединена с плунжером гидравлического цилиндра. Нагретая полоса кладется между штампом 1 и полосой 2,



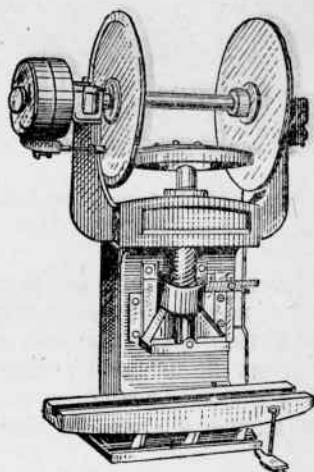
Фиг. 327. Гибка листа по шаблону



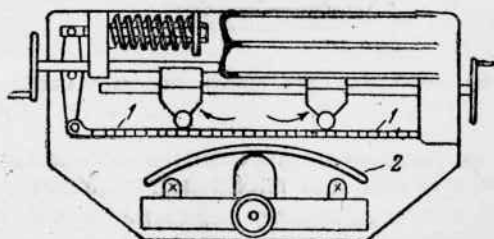
Фиг. 328. Гибка листа в многоручьевом штампе



Фиг. 329. Валки для гибки листов



Фиг. 330. Фрикционный винтовой пресс для гибки листов

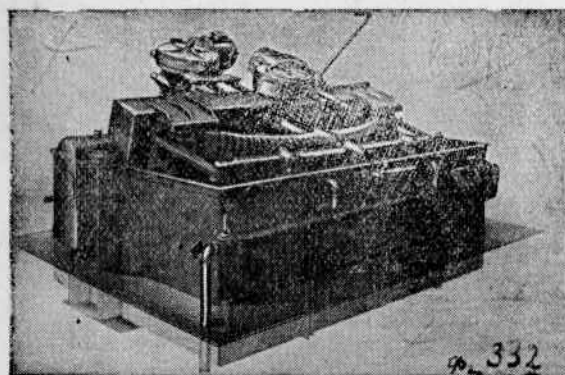


Фиг. 331. Гибочная машина

при нажиме штампа 2 цепь облегает нагретый лист и прижимает его к штампу 1, вследствие чего он получает требуемую форму.

В последнее время почти повсеместно применяют метод гибки и закалки листов с одного нагрева, причем закалка листа производится

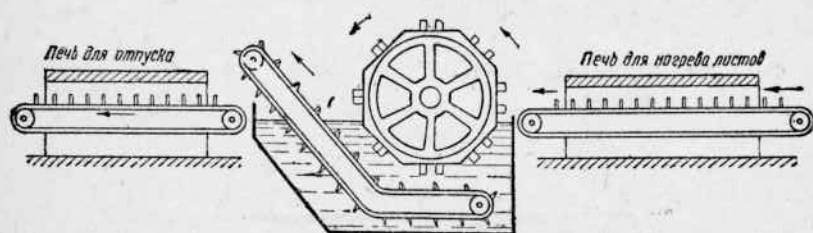
вместе со штампом, что в значительной степени предупреждает происходящее при закалке коробление листа. На фиг. 332 изображена гибочно-закалочная машина системы Колетт-Энгельгард. Верхний штамп в виде зубчатой рейки имеет соответствующую кривизну, а нижний штамп имеет вид цепи. Нагретый лист закладывается между ними и зажимается,



Фиг. 332. Гибочно-закалочная машина системы Колетт-Энгельгард

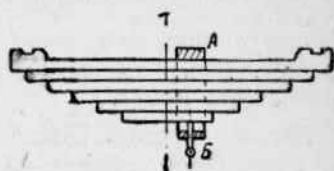
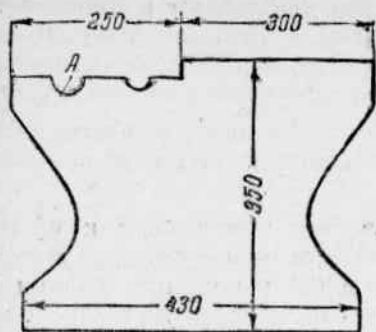
после чего вся система поворачивается на цапфах и опускается в бак с водой. Продолжительность пребывания в воде может быть установлена любая, и вся система автоматически поднимается из воды через определенный промежуток времени.

При производстве рессор для автомобилей рессорные листы нагреваются в конвейерной печи. Нагретые листы поступают на

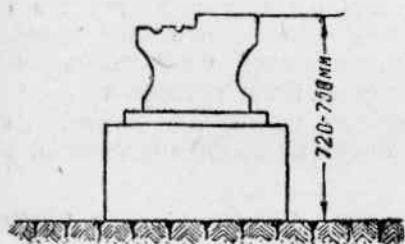
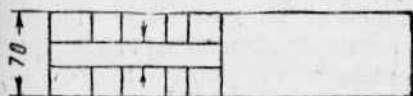


Фиг. 333. Схема установки для гибки листов с машиной Гогена

машину Гогена, состоящую из восьмигранного барабана, на котором установлены штампы для гибки листов. Уложенный в штамп лист зажимается и при повороте барабана погружается в воду. Через определенный промежуток времени штамп раскрывается, загнутый и закаленный лист выпадает на цепь конвейера, который выносит его из бака с водой и переносит на конвейер второй печи для отпуска. Схема установки представлена на фиг. 333.



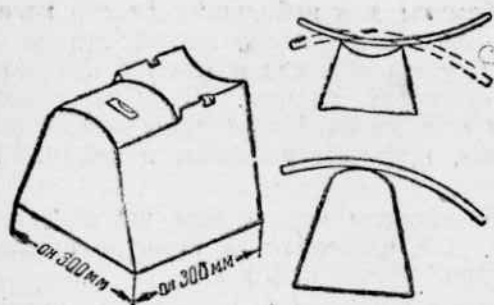
Фиг. 336. Хомут на собранной рессоре



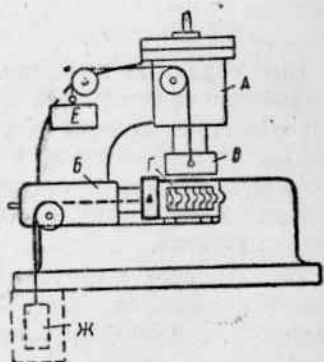
Фиг. 334. Наковальня для правки рессор



Фиг. 337. Хомут



Фиг. 335. Наковальня для правки рессор



Фиг. 338. Гидравлический пресс для обжимки хомута рессор

Правка листов. После отпуска закаленных листов необходимо проверить правильность формы листов шаблонами и произвести, если требуется, их правку. Для правки в Англии применяются наковальни (фиг. 334). В местах, отмеченных буквой *A*, показаны пазы, соответствующие размерам и профилю рессорной стали.

Для правки применяют еще наковальню вида, изображенного на фиг. 335. Правка на ребро производится на обыкновенной правильной плите.

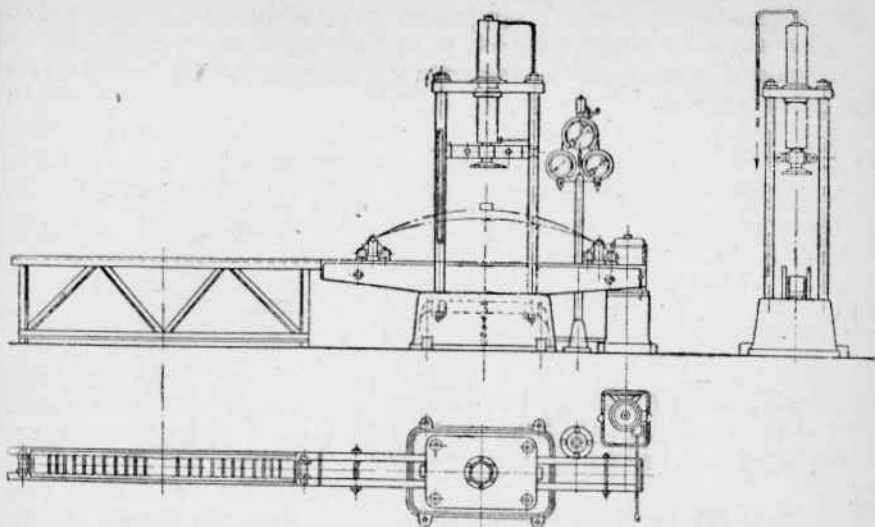
Сборка рессор. После правки листов приступают к сборке рессоры. Лист тщательно пригоняется к прилегающим листам; зазоры между листами допускаются в 0,2 мм на протяжении не более 200 мм. На собранную рессору надевается временный хомут *A* (фиг. 336), закрепляемый винтом *B*. После пригонки листов вагонные рессоры типа фиг. 322 склепываются, после чего надевается в горячем состоянии хомут (фиг. 337) и обжимается на гидравлическом прессе, представленном на фиг. 338. Пресс имеет один вертикальный *A* и один горизонтальный *B* гидравлические цилиндры. На выступающих концах плунжеров закреплены бойки *B* и *Г*. Рессора укладывается на нижнюю плиту прессы, и надетый на нее в горячем состоянии хомут подвергается обжатию бойками *B* и *Г*. Обратный ход плунжеров осуществляется посредством контргрузов *E* и *Ж*, соединенных через блоки канатами или цепями с головками плунжеров. Если рессора не подвергается склепыванию, то она скрепляется временным хомутом, который, после того как на рессору будет насажен постоянный хомут, снимается.

Испытание рессор. После насадки хомута каждая рессора подвергается испытанию определенным грузом согласно техническим условиям, причем допускается остающийся прогиб после первого испытания, но при повторных испытаниях остающегося прогиба быть не должно. Прибор для испытания рессор представлен на фиг. 339.

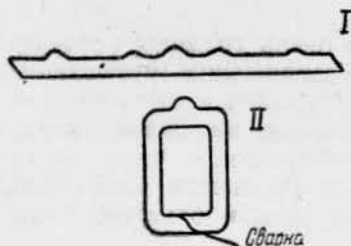
Изготовление хомутов. Хомуты для небольших рессор изготавливаются сваркой. На фиг. 340 представлено последовательное изготовление хомута для вагонной рессоры и полосы. Вначале полоса проковывается, как показано на фиг. 340, *I*; на концах полосы отковывают лацканы под сварку. После гибки полосы на оправке производятся сварка, проверка размеров и формы и правка хомута.

Паровозные хомуты изготавливаются ковкой или штамповкой. Хомут показан на фиг. 341. Для изготовления хомутов применяется машиноподелочная сталь $\sigma_B \approx 50 \text{ кг/мм}^2$.

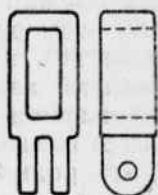
Пружины. В машиностроении пружины играют весьма существенную роль, большое применение имеют они и в железнодорожном транспорте. Пружины работают на сжатие (фиг. 342, 343 и 344), на растяжение (фиг. 345) и на скручивание (фиг. 346). Пружины изготавливаются холодным и горячим способом.



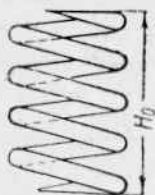
Фиг. 339. Прибор для испытания рессор



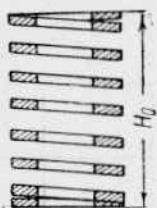
Фиг. 340. Сварной хомут



Фиг. 341.
Штампованный хомут



Фиг. 342.
Пружина,
работающая
на сжатие



Фиг. 343.
Пружина,
работающая
на сжатие



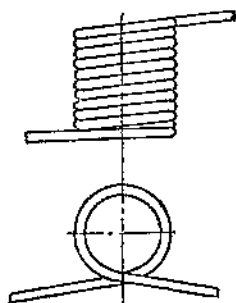
Фиг. 344.
Пружина,
работающая
на сжатие

Пружинная сталь. Пружины изготавливаются из прутковой стали разнообразного профиля: круглого, квадратного, прямоугольного. Обычная длина прутка 4—5 м, но доходит до 12 м.

Пружины небольшого размера изготавливаются из проволоки круглого сечения.



Фиг. 345. Пружина, работающая на растяжение



Фиг. 346. Пружина, работающая на кручение

Так как пружина работает в очень трудных условиях и испытывает при этом разного рода напряжения (растяжение, сжатие, кручение, изгиб), то к пружинной стали в отношении ее механических свойств, химического анализа, наружного вида и размеров предъявляются высокие требования.

Для изготовления пружин применяются следующие сорта стали: 1) углеродистая, 2) высокомарганцовистая, 3) кремнистая, 4) хромованадиевая и др.

Химический состав пружинной стали, принятой в СССР, представлен в табл. 43.

Таблица 43

Наименование	Марка	Содержание, %						
		C	Mn	Si	Cr	V	P	
Углеродистая	1045	0,4—0,5	0,6—0,9	0,2—0,3	—	—	0,04	0,04
То же	1365	0,6—0,7	0,8—1,0	0,2—0,3	—	—	0,04	0,04
„	ПКУ	0,6—0,8	0,6—1,0	0,15—0,35	—	—	0,04	0,04
„	НКУ-1	0,5—0,7	0,5—0,8	0,15—0,35	—	—	0,04	0,04
Хромованадиевая	6150	0,45—0,55	0,5—0,8	0,2—0,3	0,8—1,1	0,15—0,2	0,04	0,04

Все ответственные пружины, которые подвергаются большим переменным динамическим нагрузкам и испытывают напряжения выше $6500\text{--}7000\text{ кг/см}^2$, изготавливаются из кремнистой стали.

Кремнистая сталь для пружин имеет следующий химический состав (в %):

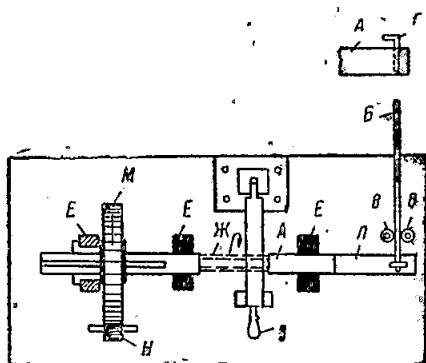
углерода	0,55—0,65
марганца	0,5 —0,8
кремния	1,3 —1,8
серы, не более	0,05
фосфора, не более	0,045

Температура закалки для этой стали 875° и отпуска 470° . После термообработки сталь имеет временное сопротивление 140 кг/мм^2 , предел упругости 130 кг/мм^2 и, удлинение 5%.

Обыкновенная углеродистая пружинная сталь после прокатки имеет временное сопротивление $65\text{--}70\text{ кг/мм}^2$, а после отжига— $50\text{--}55\text{ кг/мм}^2$. Для пружин малого размера применяется холоднотянутая проволока, которая после холодной прокатки становится жесткой и хрупкой. Для восстановления вязкости проволоку подвергают термической обработке, называемой патентированием, которая заключается в протяжке проволоки со скоростью $2\text{--}5\text{ м/мин}$ через длинную трубку, помещенную в нагревательной печи, причем происходит нагрев до $800\text{--}1000^\circ$, после чего проволока попадает в свинцовую ванну с температурой $340\text{--}340^\circ$.

Пружины из тонкой проволоки завиваются в холодном виде, а пружины из материала большего сечения — в горячем. Печи для нагрева прутков для завивки из них пружин имеют соответствующую длину; загрузка и выгрузка из печи производятся с торцевых сторон.

Завивка производится на специальных станках различного устройства. На фиг. 347 представлена схема простого станка для завивки пружин. В подшипниках *Е* помещен шпindelь *А*, который посредине имеет нарезку *Ж*, шаг которой должен соответствовать шагу навиваемой пружины. Передняя часть шпинделя *А—Л* сменная, и ее диаметр равен внутреннему диаметру пружины. Задняя часть шпинделя имеет шпоночную канавку. Шестерня *М*, получающая вращение через шестерню *Н* и редуктор от электромотора, не должна перемещаться по направлению оси шпинделя *А*. В отверстии шестерни *М* имеется шпонка, входящая в шпоночную канавку шпинделя *А*, вследствие чего враще-



Фиг. 347. Схема станка для завивки пружин

ние шестерни передается шпинделю. Проводка или прут *Б* проходит в нагретом состоянии через направляющие ролики *В*, *В*. Конец прута закрепляется крючком *Г* на шпинделе. Если опустить закладку *З*, как показано на фиг. 347, и ее шип войдет в углубление нарезки, то при вращении шпинделя по стрелке шпиндель будет перемещаться вправо за один оборот на величину шага нарезки *Ж*, и проволока или прут *Б* начнет навиваться на шпиндель *Л*. Когда процесс завивки закончится, пружина снимается со шпинделя и подвергается проверке и правке, при которой стремятся придать пружине требуемую высоту и равномерный шаг виткам.

Весьма важны надлежащий нагрев пружины для закалки и температура отпуска после закалки.

Для углеродистых сталей с 0,7—0,8% С температура закалки должна быть в пределах 740—800°, а температура отпуска 370—455°. Для стали с 0,9—1,05% С нагрев под закалку производится при 830—840°, а отпуск при 455—565°. Чем выше температура нагрева под закалку, тем большей крепостью будет обладать сталь. Чем выше температура отпуска, тем мягче будет пружина, и, наоборот, при более низкой температуре отпуска пружина будет более жесткой. Закалка производится в воде, в масле или в растворах солей. В последнем случае для температуры отпуска 300—350° применяют ванну из равных частей калийной и натриевой селитры, а для отпуска при температуре 400—500° ванна состоит из двух частей свинца и одной части олова. Вышеприведенные составы расплавляют в металлической ванне, и они являются средой, в которую погружают подвергаемую отпуску пружину.

В более редких случаях пружину при закалке охлаждают настолько, чтобы после того, как она будет вынута из воды или масла, отпуск мог произойти за счет внутренней теплоты пружины.

Производство пружин в части закалки и отпуска требует большого внимания со стороны термистов и тщательного соблюдения температур нагрева под закалку и температур отпуска для каждого рода стали.

РАЗДЕЛ III

ШТАМПОВКА

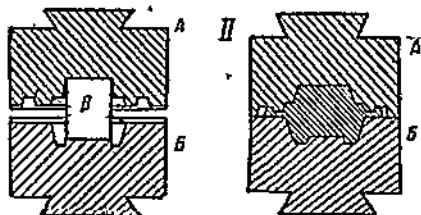
ГЛАВА XV

ГОРЯЧАЯ ШТАМПОВКА

В процессе горячей штамповки происходит главным образом осадка металла и раздача его от середины к периферии в плоскости, перпендикулярной к направлению внешнего давления. Следует различать следующие два рода деформации при горячей штамповке.

1. Метод деформации, при котором нагретый кусок металла определенной формы и размеров помещается в полость нижней части штампа и под влиянием давления на него верхнего штампа деформируется путем сжатия в вертикальном направлении и раздачи по всем направлениям, перпендикулярным к направлению давления.

Разрез штампа представлен на фиг. 348, I: А — верхний, Б — нижний штамп, В — заготовка. На фиг. 348, II представлен разрез штампа по окончании штамповки. Излишек металла вытекает из полости через щель между верхним и нижним штампом.



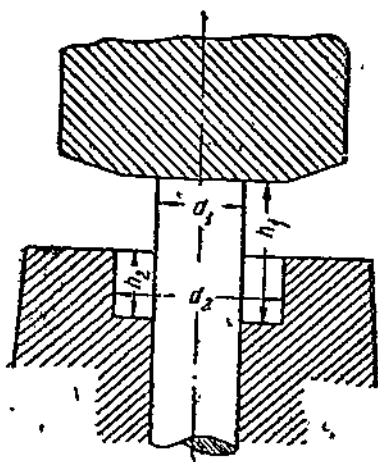
Фиг. 348. Разрез штампа до и после штамповки

2. Метод штамповки из прутка или полосы поперечного сечения, при котором часть полосы зажата между матрицами штампа и не подвергается деформации, а выступающая в полость штампа часть подвергается деформации путем давления на него пуансона. Общий вид штампа представлен на фиг. 349. Штамповка по этому методу производится на горизонтальных ковочных машинах и подробно описана в гл. XIX.

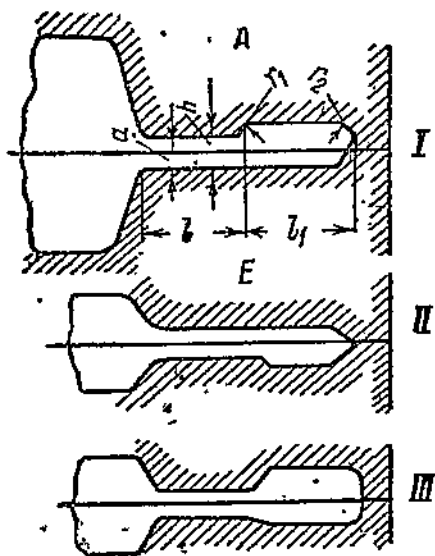
Первый метод штамповки преобладает. Штамповка производится под падающими и паровоздушными молотами, гидравлическими, эксцентриковыми и кривошипными прессами.

Для этого метода штамповки требуется мерная заготовка определенного объема, причем для получения правильной осадки необходимо, чтобы длина заготовки была не больше $2\frac{1}{2}$ диаметров или поперечных размеров.

Нагретая заготовка, помещенная в полости штампа, под влиянием наносимых верхним штампом ударов расплющивается, увеличиваясь в своем поперечном сечении, и заполняет полость штампа. Металл при штамповке течет от центра к периферии полости штампа и вытекает за границу полости, образуя облой в виде тонкой полосы металла, прилегающей к периметру поперечного сечения штампуемой детали. Облой от соприкосновения со сравнительно холодными штампами остывает гораздо быстрее, чем поковка. Поэтому и металл облоя оказывает более сильное сопротивление деформированию, чем имеющий более высо-



Фиг. 349. Штамповка



Фиг. 350. Формы облоя

кую температуру металл самой поковки. Вследствие этого при ударе верхнего штампа в первую очередь деформируется металл в полости штампа. Сопротивление облоя повышает давление в полости штампа, что способствует лучшему заполнению полости металлом.

Штамповка без получения облоя в обычных разъемных штампах не может быть произведена, поэтому горячая штамповка всегда сопровождается потерей металла на угар и облой, который отрезается после штамповки детали.

Если штамп имеет очень высокую щель для вытекания металла в облой, то происходит неполное заполнение полости штампа металлом, что ведет к браковке изделия.

Форма и размер канавок для облоя. Канавка для облоя имела прежде довольно разнообразные формы. В настоящее время она сведена к трем формам, представленным на фиг. 350, I, II и III.

Канавки делаются преимущественно по форме I. Как видно на фиг. 350, I и III, правильный размер штампуемой детали по высоте получается в том случае, когда верхний штамп придет в соприкосновение с нижним; при таком положении толщина облоя будет наименьшая, равная $2a$. Ширина самой тонкой части облоя равна l , а утолщенной до крайней точки высоты h равна l_1 . Часть канавки с большей высотой носит название магазина, куда собирается вытесненный из полости металл через щель высотой $2a$. Обычно излишек металла в заготовке (против потребного для собственно детали) должен покрывать расход его на угар и на образование облоя, причем при расчете принимают, что облой в магазине займет всего две трети его объема.

Толщину облоя при горячей штамповке, согласно предложению Гофмейстера, можно определять в зависимости от площади изделия по плоскости разреза на основании данных следующей таблицы (табл. 44).

Размеры канавки можно определить из следующих расчетов: $a=0,03 H$, где H — высота штампуемого изделия; $l=10a$, $l_1=20a$ и $h=6a$, где a равно половине толщины облоя в шейке.

В США на основании практических данных были определены размеры канавок для облоя в зависимости от тоннажа молота, под которым производится

Таблица 44

Площадь изделия по плоскости разреза, см ²	Толщина облоя $2a$
	мм
До 225	3
400	4
625	5
900	6
900—1100	7
1100—1300	8
Свыше 1300	9

Таблица 45

Тоннаж молота т	Обрезка							
	холодная			горячая				
	a	h	r_1	a	h	r_2	l	l_1
0,445	0,3	2	1	—	—	—	8	20
0,645	0,3	3	1	0,5	3	1	8	20
0,910	0,4	3	1	0,8	3	1,5	8	25
1,137	0,5	3	1	0,8	3	1,5	8	30
1,363	—	—	—	1	4	1,5	10	30
1,59	—	—	—	1	4	1,5	10	35
1,82	—	—	—	1,5	5	1,5	10	35
2,175	—	—	—	1,5	5	1,5	10	35
3,41	—	—	—	2	6	2,5	10	40
4,55	—	—	—	2	6	2,3	12	40
5,45	—	—	—	2,5	8	3	12	40
6,36	—	—	—	2,5	8	3	12	40

штамповка. Определение этих размеров, однако, создает затруднение при расчете и определении тоннажа молота, так как в формулы входит площадь или размеры облоя. В табл. 45 приведены размеры канавки для облоя, которые применяются при конструировании штампов, главным образом, для автотракторных деталей (см. фиг. 350).

Как видно из табл. 45, при холодной обрезке облоя толщина его берется меньше.

Отход металла в облой в зависимости от способа штамповки весьма различен и может колебаться от 15 до 200%.

Последняя цифра относится к штамповке мелких изделий из прутка, когда в облой идет почти в два раза больше металла, чем на изделие.

Определение тоннажа молота и давления для прессы при штамповке (ковка в штампах)

Метод Фишера. Самой простой формулой для определения необходимого для штамповки давления является формула Фишера:

$$P = 2 \alpha F \sigma_t,$$

где P — давление в кг;

α — коэффициент, равный при штамповке под падающим молотом 6—7 и при штамповке под паровоздушным 8—10;

F — площадь горизонтальной проекции изделия;

σ_t — временное сопротивление разрыву при температуре окончания штамповки.

Работа, затрачиваемая на штамповку при осадке за один удар,

$$A = \frac{P}{2} \cdot l,$$

где $P/2$ будет среднее давление, изменяющееся от нуля до P . Величину осадки l можно принять по Куландину:

$$l = 0,0517 \sqrt[3]{F},$$

где F — площадь поперечного сечения изделия по плоскости разъема в мм².

Если обозначим через G вес падающих частей молота и через H — высоту падения бабы, то, приняв к. п. д. удара ввиду потерь на трение бабы молота о направляющие в 0,95, получим:

$$A = 0,95 G \cdot H.$$

Если в формуле Фишера принять $\alpha = 8$, то, подставив значение P , получим, что:

$$\frac{2 \cdot 8 \cdot F \cdot \sigma_t \cdot 0,0517 \sqrt[3]{F}}{2} = 0,95 G \cdot H,$$

откуда вес падающих частей молота:

$$G = \frac{8 \cdot F \cdot \sigma_t \cdot 0,0517 \sqrt[3]{F}}{0,95 H}$$

В этой формуле G —в кг, σ_t —в кг/мм², F —в мм² и H —в м. Можно принять высоту падения бабы H от 1,5 до 1,75 м.

Паровоздушные штамповочные молоты работают с верхним паром, и поэтому энергия удара при одном и том же весе бабы больше, чем у падающих молотов, в 1,8 раза, и вес бабы у них при одинаковом с последними развитии энергии удара будет в 1,8 раза меньше, т. е.

$$G = \frac{8 \cdot F \cdot \sigma_t \cdot 0,0517 \sqrt[3]{F}}{1,8 \cdot 0,95 \cdot H}$$

Работу деформации можно определить как:

$$A = \frac{mv^2}{2},$$

где v —конечная скорость падения и m —масса падающих частей (бабы молота, поршня и штока). Исходя из этого, можно написать:

$$\frac{mv^2}{2} = 8 \cdot F \cdot \sigma_t \cdot 0,0517 \sqrt[3]{F}$$

Заменив массу m через вес падающих частей, разделенный на ускорение силы тяжести 9,81, получим, что

$$G = \frac{8 \cdot F \cdot \sigma_t \cdot 0,0517 \sqrt[3]{F} \cdot 2 \cdot 9,81}{v^2}$$

Скорость v в зависимости от мощности молота можно принять равной 6—6,5—7 м/сек.

Метод инж. Шнейдера. Шнейдер предлагает определять требуемое для штамповки давление по следующей формуле:

$$P = P_1 + P_2,$$

где P_1 —давление, необходимое для деформации поковки, и P_2 —давление, потребное для деформации облоя.

Эта формула может быть представлена в следующем виде:

$$P = C \cdot \sigma_t \cdot F_1 + C \cdot \sigma_{t2} \cdot F_2,$$

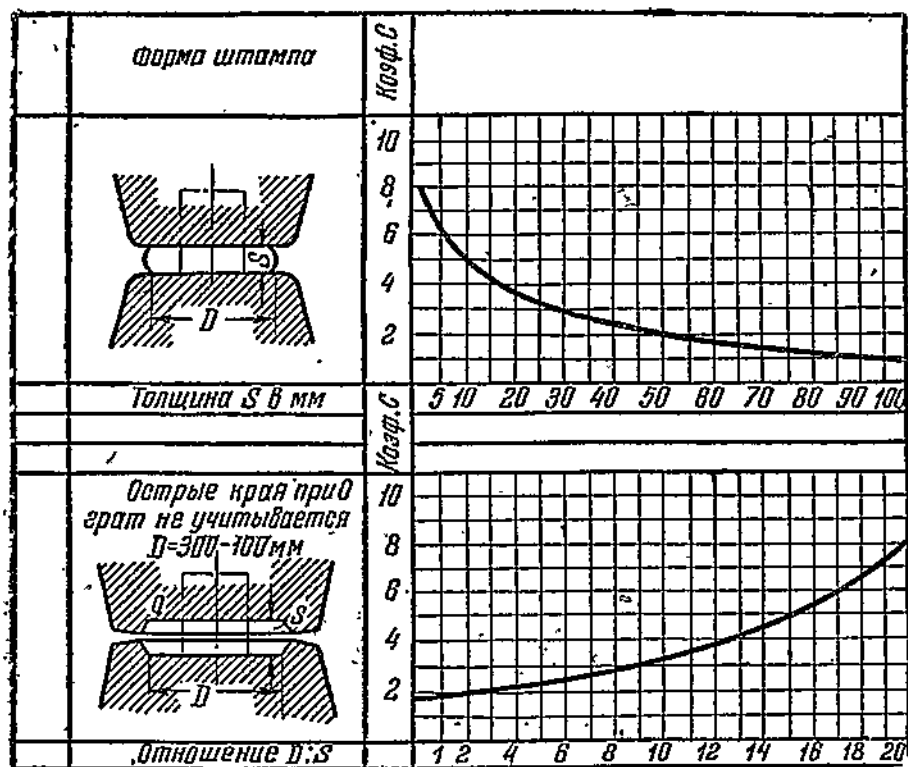
где C —коэффициент для осадки штамповкой определяемый из нижеприводимых диаграмм;

- σ_t — временное сопротивление разрыву при температуре конца штамповки;
 F_1 — площадь поперечного сечения поковки по плоскости разъема штампа;
 C' — коэффициент для облоя;
 F_2 — площадь облоя;
 σ_{t_2} — временное сопротивление разрыву при температуре t_2 , которая будет более низкой, чем t — температура поковки.

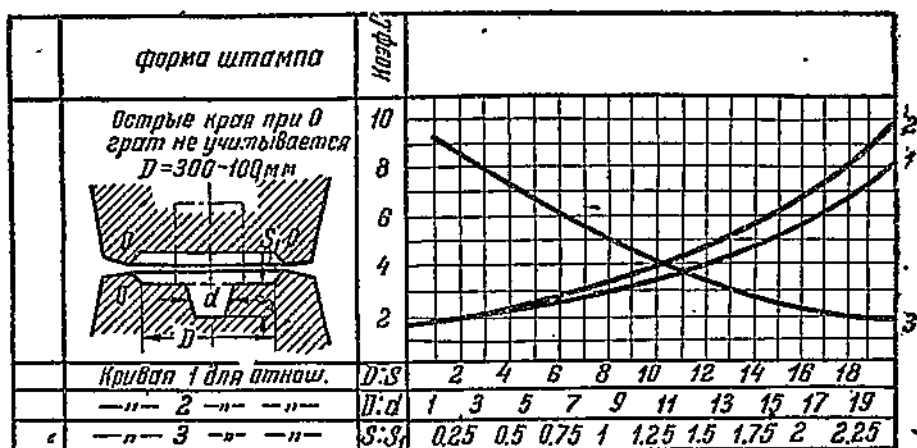
При определении площади облоя берется площадь самой тонкой его части, прилегающей к поковке. Площадь облоя, заключенного в магазине, может в расчет не приниматься.

Значение коэффициентов C и C' определяется из нижеприводимых диаграмм в зависимости от диаметра изделия, отношения диаметра к толщине, отношения различных размеров поковки и т. д.

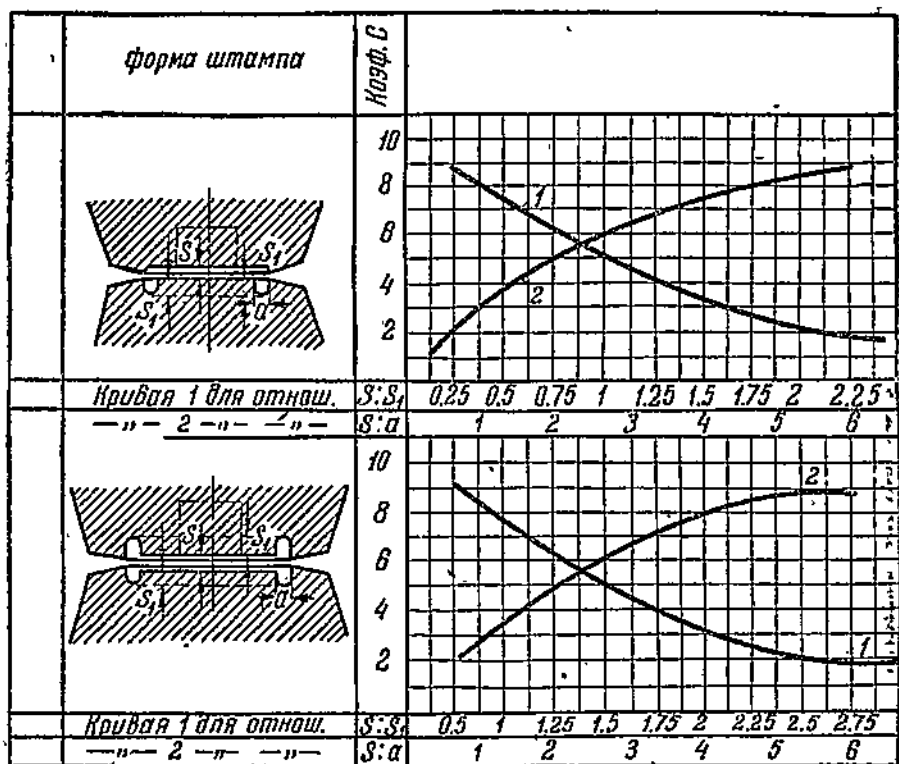
На фиг. 351—352 представлены две диаграммы, из которых первая дает значение коэффициента C для свободной осадки в за-



Фиг. 351—352. Диаграмма для коэффициента C (по Шнейдеру)



Фиг. 353. Диаграмма для коэффициента С



Фиг. 354—355. Диаграмма для изделий с буртами

висимости от толщины изделия, а вторая—значение коэффициента C —для осадки в штампе в зависимости от отношений диаметра поковки к ее толщине в пределах от 1 до 20. Так, например, при отношении $D : S = 13$ коэффициент $C = 4$.

На фиг. 353 кривая 1 дает значение коэффициента C для различных отношений диаметра к толщине, кривая 2—значение C для отношения наибольшего диаметра поковки к диаметру ее отрезка и кривая 3—значение C при определенных отношениях толщин.

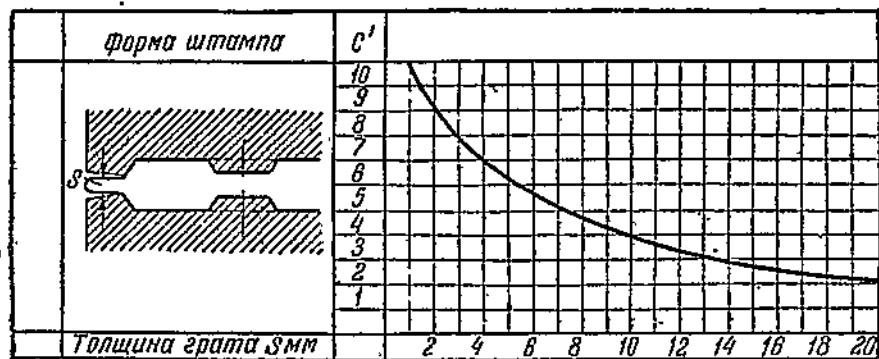
Так как определение происходит по трем кривым, то получают три значения для коэффициента C , и следует для расчета брать больший коэффициент. Если $D = 200$ мм, $d = 50$, $S = 50$ и $S_1 = 50$, то $D : S = 4$, $D : d = 4$ и $S : S_1 = 1$. Тогда по кривой 1 $C = 2,5$, по кривой 2 $C = 2,5$ и по кривой 3 $C = 5,25$. Следовательно, для расчетов следует взять $C = 5,25$.

На фиг. 354—355 представлены диаграммы для изделий с одним и двумя буртами на торцевой части.

На фиг. 356 представлена диаграмма для определения значения коэффициента C' в зависимости от толщины облоя.

Отсюда можно определить давление, необходимое для штамповки, причем Шнейдер считает, что значение C по предложенным им диаграммам возможно определить для поковок диаметром до 300 мм.

Для определения веса падающих частей молота Шнейдер предлагает следующий метод. Самым мощным ударом молота является последний, когда поковка имеет самую низкую температуру, а следовательно, и самое большое сопротивление деформации. Последняя осадка является наименьшей и принимается Шнейдером в 0,5 мм. Кроме того, под влиянием удара происходит осадка наковальни, каковая принимается в 2,5 мм. Таким образом общая осадка будет 3 мм, или 0,003 м.



Фиг. 356. Диаграмма для коэффициента C' в зависимости от толщины облоя

Работа, которая должна быть затрачена на деформацию,

$$(C \cdot \sigma_t \cdot F_2 + C \cdot \sigma_{t2} \cdot F_1) \cdot 0,003.$$

Энергия удара при конечной скорости v будет $A = \frac{mv^2}{2}$ или, заменяя массу через G —вес падающих частей, разделенный на 9,81—ускорение силы тяжести, и, приравнявая к работе, требующейся на деформацию, получим:

$$\frac{G \cdot v^2}{9,81 \cdot 2} = (C \cdot \sigma_t \cdot F_2 + C \cdot \sigma_{t2} \cdot F_1) \cdot 0,003,$$

откуда вес падающих частей

$$G = \frac{(C \cdot \sigma_t \cdot F_2 + C \cdot \sigma_{t2} \cdot F_1) \cdot 0,003 \cdot 9,81 \cdot 2}{v^2}.$$

Здесь G —в кг, а v —в м, σ_t и σ_{t2} —в кг/мм², F_1 и F_2 —в мм²

Метод Шнейдера для поковок определенной формы и размеров дает результаты, соответствующие потребностям практики.

Метод Гофмейстера по определению веса падающих частей молота

Гофмейстер провел целый ряд штамповок различных по форме изделий, при выполнении которых измерялись затраченная на штамповку каждой детали работа и число ударов молота. Затем определялась удельная работа на 1 см² поверхности поковки. Опыты производились под падающим молотом.

Если обозначим вес падающих частей молота через G , через H —высоту падения, через n —число ударов молота, через F_0 —площадь полной поверхности штампуемой детали и через a —удельную работу в кг/см², то, согласно предложению Гофмейстера,

$$0,95 \cdot G \cdot h \cdot n = a \cdot F_0.$$

Отсюда можно определить

$$a = \frac{0,95 \cdot G \cdot h \cdot n}{F_0} \text{ кг/см}^2.$$

В зависимости от формы поковки величина удельной работы колебалась в опытах Гофмейстера от 18,6 до 32,5 кг/см².

Для расчетов Гофмейстер предлагает принимать число ударов $n=4$, а удельную работу равной 24,5 кг/см² и высоту падения бабы молота в 1,75 м. Тогда вышеприведенная формула примет вид:

$$0,95 \cdot G \cdot 1,75 \cdot 4 = 24,5 \cdot F_0,$$

где F_0 —в см², а G в кг.

Отсюда

$$G = \frac{24,5 \cdot F_0}{0,95 \cdot 1,75 \cdot 4}$$

Если молот паровой с верхним паром, то

$$G_n = \frac{24,5 \cdot F_0}{0,95 \cdot 1,75 \cdot 4 \cdot 1,8}$$

или же вес падающих частей молота определяется, задавшись конечной скоростью падающих частей v .

Тогда

$$24,5 \cdot F_0 = \frac{mv^2}{2} = \frac{G \cdot v^2}{9,81 \cdot 2}$$

Отсюда

$$G = \frac{24,5 \cdot F_0 \cdot 9,81 \cdot 2}{v^2}$$

Построение номограмм для определения веса падающих частей молота

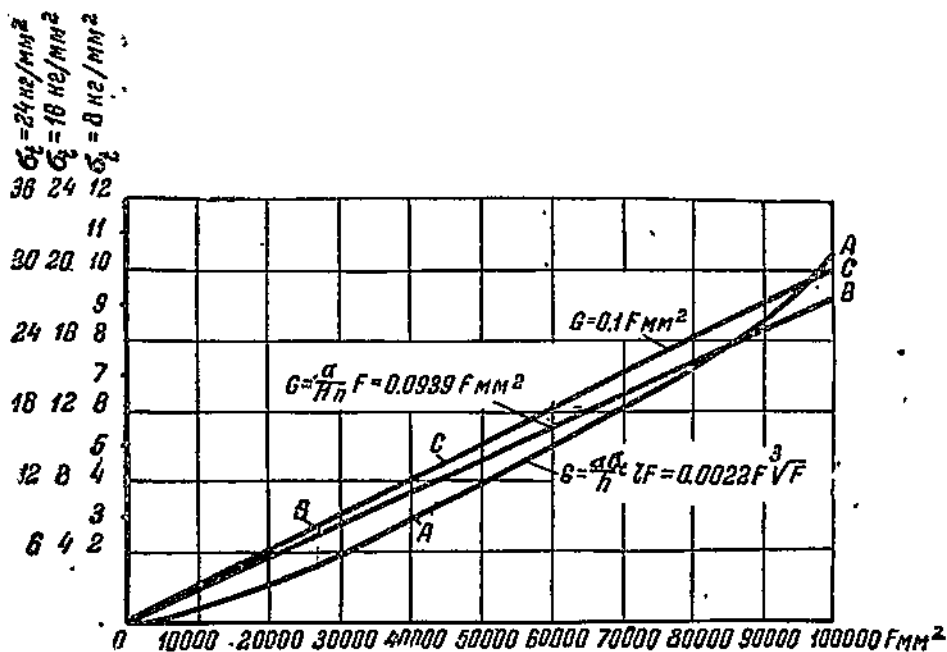
В брошюре инж. Эдуардова и Моксарева описаны составленные ими номограммы для определения веса падающих частей молота для штамповки, по методам Фишера, Гофмейстера и ими разработанному.

Номограмма изображена на фиг. 357, где кривая A соответствует методу Фишера, кривая B —методу Гофмейстера, кривая C —методу вышеуказанных авторов.

При определении зависимости между весом падающих частей и площадью поперечного сечения штампуемого изделия были приняты для построения кривой A (фиг. 357), следующие положения.

1. Энергия удара падающего молота $A = G \cdot h = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \sigma_l \cdot F \cdot l}{2}$.
2. Величина осадки l принята равной $0,0517 \sqrt[3]{F}$.
3. Площадь поперечного сечения поковки 100 000 мм².
4. Материал—мягкая сталь с $\sigma_B = 40$ кг/мм².
5. Температура окончания штамповки 750—800°.
6. Сопротивление разрыву при 800°—8, 16 и 24 кг/мм² при более низких температурах.
7. Высота падения бабы молота 1500 мм.
8. Коэффициент $\alpha = 8$.
9. Вес падающих частей определяется по формуле:

$$G \cdot h = \alpha \cdot \sigma_l \cdot F \cdot 0,0517 \cdot \sqrt[3]{F}$$



Фиг. 357. Номограмма для определения веса падающих частей молота

При этих условиях

$$G \cdot 1500 = 8 \cdot 8 \cdot 0,0517 \cdot F \cdot \sqrt[3]{F},$$

откуда

$$G = 0,0022 F \cdot \sqrt[3]{F}.$$

По этой формуле построена кривая А. Результаты получаются несколько заниженные (примерно на 5%), так как энергия, развиваемая бабой молота при падении, принята $G \cdot h$, а не $0,95 G \cdot h$.

Те же данные послужили и для построения кривой В номограммы для определения веса падающих частей молота по методу Гофмейстера.

Из формулы

$$A = G \cdot H \cdot n = a \cdot F_0$$

получим:

$$G = \frac{a \cdot F_0}{H \cdot n}.$$

Из различных опытных данных получена зависимость между

полной площадью поверхности поковки F_0 и площадью поперечного сечения по плоскости разреза штампов F , а именно:

$$F_0 = 2,25 - 2,5 F.$$

Если принять в среднем, что $F_0 = 2,3F$ и $l=4$, а $H=150$ см, то

$$G = \frac{24,5}{4} \cdot \frac{2,3 F}{150}$$

или, после преобразования для перевода G в т и F в мм,

$$G = 0,0939 F.$$

По этой формуле построена кривая B номограммы. И в этом случае не учтены потери на трение бабы молота в направляющих, т. е. принята энергия удара $G \cdot H$, а не $0,95 G \cdot H$.

Эдуардов и Моксаров предлагают считать вес бабы молота G равными $0,1 F$, где F — площадь поперечного сечения поковки в мм, т. е. $G=0,1 F$.

По этой формуле построена кривая C . По оси абсцисс отложены размеры поперечного сечения, а по оси ординат — вес падающих частей в тоннах для различных значений $\sigma_t = 8$ и 24 кг/мм².

Если поковка будет иметь площадь сечения в плоскости разреза штампа в $60\,000$ мм², то по Фишеру вес падающих частей должен составлять (кривая A) 5 т, по Гофмейстеру $5\frac{1}{2}$ т (кривая B) и по Эдуардову и Максарову (кривая C) — 6 т.

Определение веса падающих частей по методам Шнейдера и Гофмейстера дает удовлетворительные результаты.

Для подбора тоннажа парового молота можно пользоваться таблицами, в которых указана работа падения бабы молота (энергия удара) для определенного тоннажа молота. В табл. 47 указан запас работы паровых штамповочных молотов американских заводов Чемберсбург и Йри, причем при определении запаса работы величина хода поршня составляет только $0,9$ от нормального хода. Вес падающих частей показан в английских фунтах. Для перевода в метрические меры следует умножить указанный в таблице вес на $0,4536$, так как английский фунт равен $0,4536$ кг.

Определив по одному из вышеприведенных методов работу, необходимую для деформации данной поковки за один удар, находят в табл. 47 соответствующую ближе всего вычисленной работу падения падающих частей молота, а по ней в первом столбце — вес их в английских фунтах. Если, например, вычисленная работа для производства деформации будет 950 кгм, то ближайшее большее число к нему будет 1030 кгм, а это соответствует молоту в $1,14$ англ. тонны, или 2500 англ. фунтов¹, или $1,184$ т.

¹ англ. (длинная) тонна = 2240 англ. фунтов.

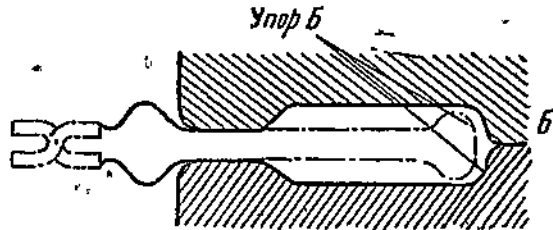
Во всякой кузнице следует обследовать все находящиеся в ней молоты и определить для каждого запас работы при работе с полным наполнением, при работе с нажимом и при работе с отсечкой на четверть и половину хода и заполнить соответствующие графы паспорта молота.

Данные паспорта молота в значительной мере оолегчат работу при переработке технического процесса.

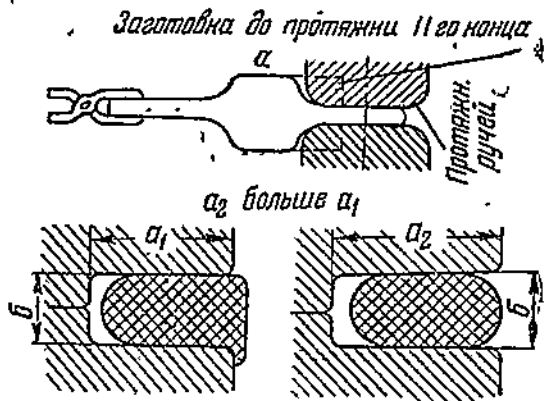
Для определения тоннажа штамповочного молота для поковки определенных размеров и формы существует еще, несколько довольно сложных формул, так, например, формула Оргметалла, Студнева и Роева, Сектора труда НКТП (см. «Вестник металлопромышленности» за 1935 г. № 12 и за 1936 г. № 1—2 и др.), но они отличаются большой сложностью и наличием нескольких коэффициентов, размер которых колеблется в широких пределах. Эти формулы, в большинстве случаев приспособленные для определенного характера производства, не имеют никаких преимуществ перед общепотребительными вышеприведенными формулами; кроме того, неудачный выбор коэффициентов может привести к ошибке в определении тоннажа молота.

Американский метод штамповки требует наличия в штампе нескольких ручьев. В зависимости от формы штампуемого изделия штамп может заключить в себе следующие ручьи: заготовочные (протяжной, подкатной, гибочный), предварительный ручей, окончательный и отрезной для отрезки хвоста для взятия поковки клещами или отрезки изделия от прутка при штамповке из прутка.

Протяжной ручей в разрезе представлен на фиг. 358. Ширина протяжного ручья должна быть достаточной для размера заготовки, так как в противном случае металл вытекает за

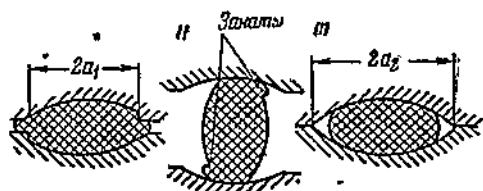


Фиг. 358. Протяжной ручей

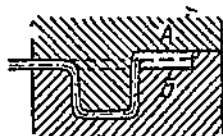


Фиг. 359. Заусенец в поковке

подкатном ручье является набор металла для утолщенной части поковки и придание металлу заготовки округленной формы, приближенной к форме изделия. На фиг. 360 представлен штамп с двумя ручьями: одним заготовительным — подкатным и чистовым. На этой же фигуре изображены разрезы подкатного ручья. Как видно, подкатный ручей имеет одинаковую ширину по своей длине, но он имеет различную высоту, и, следовательно, в каждой половине штампа глубина будет различна соответственно форме заготовки, которую надо получить в подкатном ручье.



Фиг. 362. Разрезы подкатных ручьев

Фиг. 363.
Гибочный ручей

Если требуется получить в подкатном ручье заготовку для изделия вида, представленного на фиг. 361, то определяют площади F_1, F_2, \dots, F_6 для всех сечений поковки. Тогда глубина ручья в подкатном штампе для сечения F_1 будет $b_1 = 0,45 \sqrt{F_1}$, для F_2 будет $b_2 = 0,45 \sqrt{F_2}$ и т. д. и для F_6 будет $b_6 = 0,45 \sqrt{F_6}$, а ширина при заготовке круглого сечения определяется по формуле

$$2a = \frac{D^2}{3,6 \cdot b_{\text{наим}}} \text{ мм},$$

где D — диаметр первичной заготовки и b — наименьшая глубина ручья.

При квадратной форме заготовки

$$2a = \frac{A^2}{2,4 \cdot b_{\text{наим}}} \text{ мм},$$

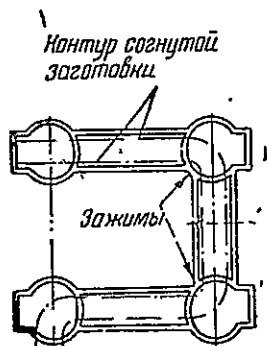
где A — сторона квадрата и $b_{\text{наим}}$ — наименьшая глубина ручья, полученная расчетом.

На фиг. 362 представлены разрезы подкатных ручьев. Ручей I имеет недостаточную ширину, почему получается заусенок, который после поворота поковки на 90° дает закат (фиг. 362, II). Правильную форму поперечного сечения с достаточной шириной имеет ручей, представленный на фиг. 362, III.

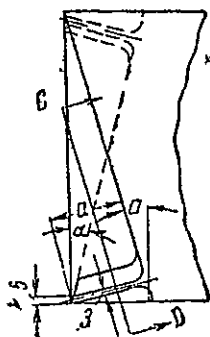
Гибочный ручей производит гибку заготовки до такой формы, которая соответствует полости штампа и дает возможность

укладки в нее для окончательной или предварительной штамповки.

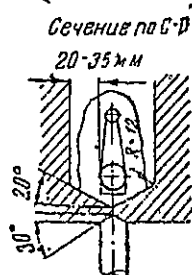
На фиг. 363 представлен разрез подобного ручья, на фиг. 364 — чистовой ручей штампа со вложенной в него заготовкой. Отрезной ручей располагается на углу штампа и под углом к его стороне. Отрезной ручей представляет собой два ножа — верхний и нижний (фиг. 365).



Фиг. 364. Чистовой ручей



Фиг. 365. Отрезной ручей



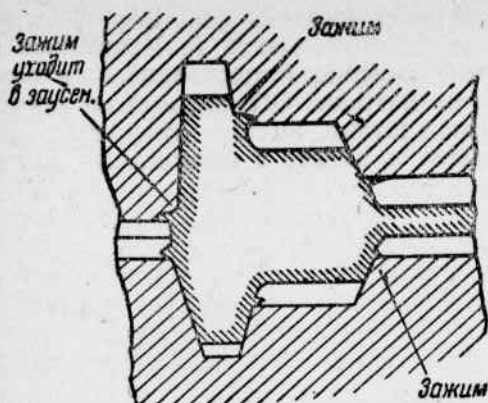
Если требуется, чтобы изделие имело более точные размеры, то штамповку ведут с подготовительным или черновым ручьем, в котором изделию придается уже очень близкая к готовому изделию форма с большей высотой и меньшими, чем у готового изделия, поперечными размерами. На фиг. 366 представлено сплошными линиями поперечное сечение готового изделия из чистового ручья, а пунктиром — сечение, получаемое в черновом ручье. Так как заготовка из чернового ручья имеет большую высоту, то при штамповке в чистовом ручье она получает осадку, и металл заполняет всю полость. Если не выполнять этого правила, то при штамповке в чистовом ручье получаются зажимы, как представлено на фиг. 367.



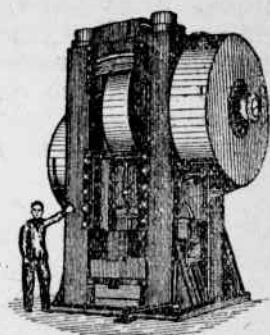
Фиг. 366. Поперечные сечения изделия из чистового и чернового ручья

При наличии чернового и чистового ручьев последний более продолжительное время сохраняет свои размеры, так как меньше срабатывается, а следовательно, дольше можно получать из него изделия с размерами требуемой точности.

Во многих случаях к штампованным изделиям предъявляются особенно высокие требования в смысле точности размеров, и поэтому после штамповки и обрезки облоя изделие подвергается калибровке на мощных эксцентриковых или кривошипных прессах американского типа Макси (фиг. 368).



Фиг. 367. Образование зажимов при штамповке

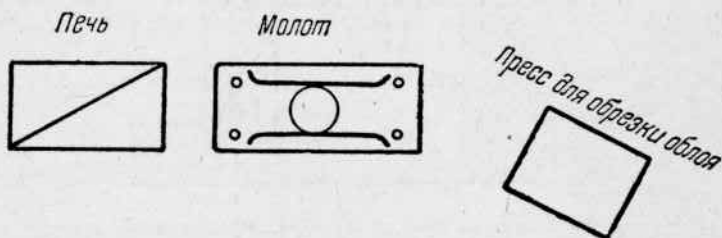


Фиг. 368. Эксцентриковый пресс типа Максим

Как следует из вышеизложенного, в штампе может быть несколько ручьев в зависимости от потребности и сложности устройства пуансона.

Обрезка облоя

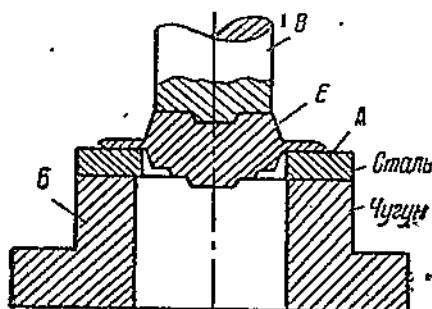
При горячей штамповке в большинстве случаев, особенно для больших и средних размеров поковок, обрезка облоя производится сейчас же после штамповки, т. е. еще в горячем состоянии поковки, почему и кривошипные эксцентриковые прессы ставят-



Фиг. 369. Расположение печи, молота и прессы для облоя

рядом со штамповочным молотом, как указано на фиг. 369. При штамповке изделий небольших размеров облой обрезается в холодном состоянии и не у самых молотов, на которых производится их штамповка. Прессы для обрезки облоя в холодном состоянии устанавливаются отдельно в конце производственного потока.

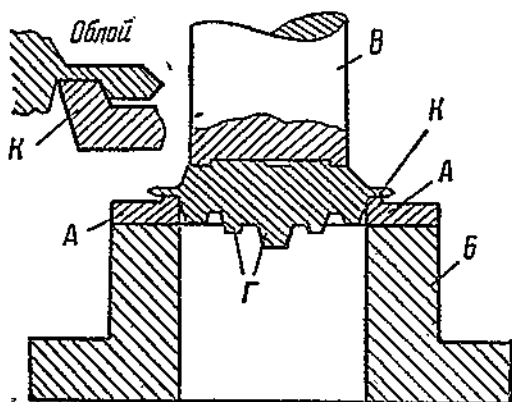
Штамп для обрезки облоя изображен на фиг. 370. Стальная матрица *A* закреплена на чугунной подставке *B*. Уложенная на матрицу поковка *E* давлением пуансона *B* проталкивается вниз, а отрезанный облой остается на матрице. Обычно в столе пресса, на котором установлен обрезной штамп, имеется отверстие, через которое поковка проваливается и падает в наклонный жолоб, направляющий ее в ящик.



Фиг. 370. Штамп для обрезки облоя



Фиг. 370а. Обрезка облоя в поковке с выступом



Фиг. 371. Штамп для обрезки облоя

Если поковка в верхней своей части имеет выступы *Г* (фиг. 370 а), то обрезку ее, когда выступы будут вверху, производить неудобно, так как пуансон должен будет иметь сложную рабочую поверхность, что потребует дорогостоящей механической обработки. Ввиду этого поковку переворачивают, как показано на фиг. 371, но для возможности обреза в таком положении следует в матрице *A* делать выступы *K* шириной не

более ширины металла у облоя, или же делать магазин для облоя, обращенный уширенной частью вниз.

Для определения давления, если резка производится в холодном состоянии, для обрезки облоя пользуются формулой:

$$P = W \cdot S \cdot \sigma_B \cdot 0,8,$$

где W — длина реза по периметру поковки;

S — толщина облоя;

σ_B — временное сопротивление разрыву.

При резке в горячем состоянии давление будет меньше и для его определения надо взять временное сопротивление разрыву при температуре обрезки 700—800°, но обычно в этом случае давление определяют по формуле

$$S = \sqrt[4]{\frac{1}{5} W S \sigma_B}.$$

Принимая же во внимание, что по разным причинам некоторые детали придется обрезать в холодном состоянии, пресс для обрезки следует всегда рассчитывать на наибольшее давление, т. е. и на обрезку облоя в холодном состоянии.

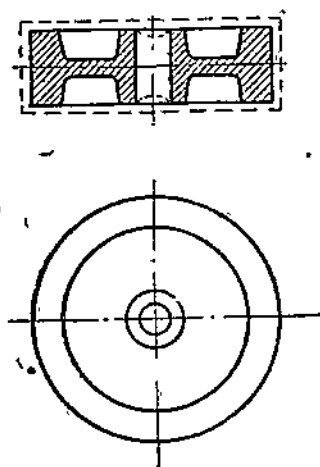
ГЛАВА XVI

ПРИМЕРЫ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ

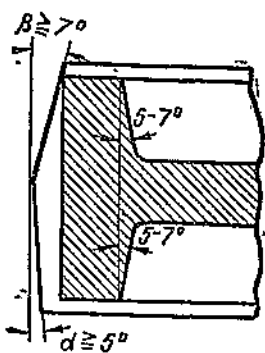
Штамповка цилиндрических шестерен с нарезными зубьями. Шестерни, изображенные на фиг. 372, изготавливаются штамповкой без зуба из Ст.-5. Форма отштампованной шестерни отличается от изделия тем, что делаются припуски на механическую обработку и даются соответствующие уклоны. На фиг. 372а представлен разрез обода шестерни с указанием уклонов: для нижнего штампа принят уклон в 5°, для верхнего — в 7°. Разрез штампа представлен на фиг. 373.

После изготовления чертежа поковки приступают к изготовлению чертежа штампа, причем необходимо учитывать усадку, так как конец штамповки здесь будет при температуре около 800°. Если требуется точное соблюдение размеров, необходимо учитывать усадку.

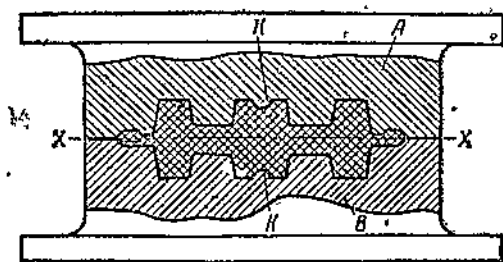
Пользуясь правилом Гофмейстера, можно определить толщину облоя по поверхности прилегания его к поковке. Размеры канавки определяются по американским данным, изложенным в предыдущей главе. Так как металл заполняет магазин канавки для облоя приблизительно в размере от $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$, то можно определить объем облоя. Зная объем поковки и объем облоя и считая 2% на угар, можно определить объем металла, который



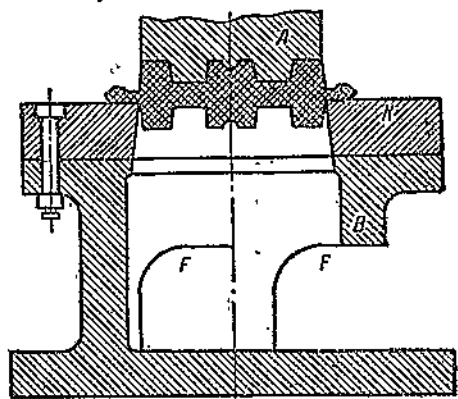
Фиг. 372. Ковка шестерни



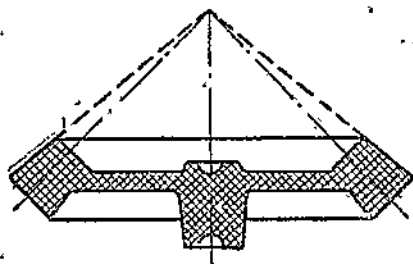
Фиг. 372а. Разрез обода шестерни с указанием уклонов поковки



Фиг. 373. Разрез штампа для цилиндрической шестерни



Фиг. 374. Обрезной штамп



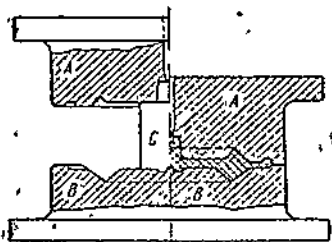
Фиг. 375. Конические шестерни

необходим, чтобы из него можно было отштамповать требуемую шестерню.

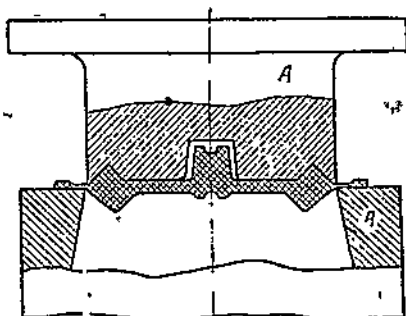
Нагрев стали производится до $1150\text{--}1200^\circ$ в зависимости от ее марки. Заготовка берется квадратного сечения с закругленными углами или круглого сечения; заготовка должна быть мерная. При резке необходимо следить, чтобы поверхность торцевых частей была перпендикулярна длине заготовки.

После штамповки на штамповочном молоте производится обрезка облоя. Обрезной штамп показан на фиг. 374.

Давлением пуансона *A* поковка проталкивается вниз. При этом происходит обрезка облоя, который остается на матрице *K* штампа. Поковка удаляется из штампа, через нижнее боковое отверстие *F*.



Фиг. 376. Штамп для конической шестерни

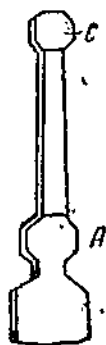


Фиг. 377. Обрезной штамп

Для штамповки конических шестерен, показанных на фиг. 375, объем требуемого металла определяется таким же образом, как и для цилиндрических. Штамп представлен на фиг. 376. В левой части виден разрез с приподнятым верхним штампом *A* и вставленной в полость штампа заготовкой *C*. Правая часть фигуры представляет собой замкнутый штамп и отштампованную в нем шестерню.

Обрезка облоя производится на штампе, изображенном на фиг. 377.

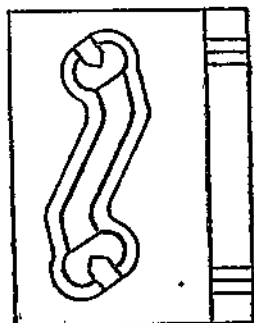
Штамповка гаечного ключа. Обычно гаечные ключи изготавливаются из машиноделочной стали с сопротивлением разрыву до 60 кг/мм^2 . Они изготавливаются из полосового материала толщиной на 2—3 мм больше толщины головки ключа и шириной на 4—6 мм меньше ширины той же головки. Однако последнее условие необязательно. Полоса нагревается одним концом и предварительно проковывается под пневматическим или пружинным молотом, причем получается фасонная заготовка (фиг. 378). В этой предварительной заготовке, как видно на рисунке, образованы утолщения в местах *A* и *C* для головок ключа.



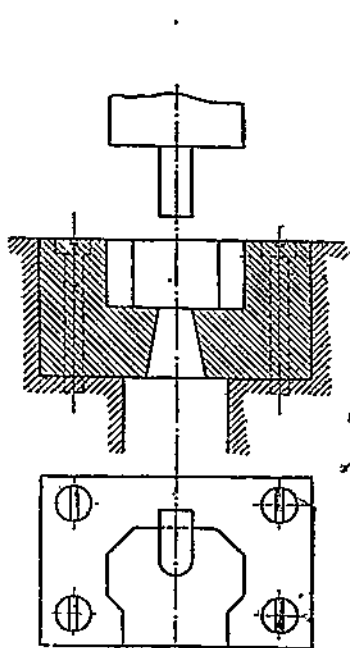
Фиг. 378.
Предварительная заготовка для шаечного ключа



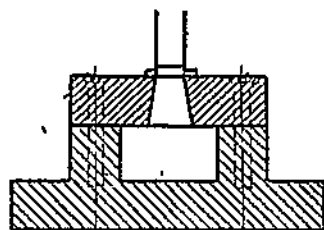
Фиг. 379.
Гибка в ручье



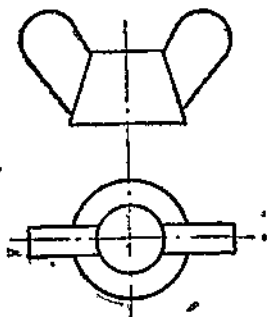
Фиг. 380. Чистовой ручей



Фиг. 380а. Прошивной штамп для прошивки зева ключа

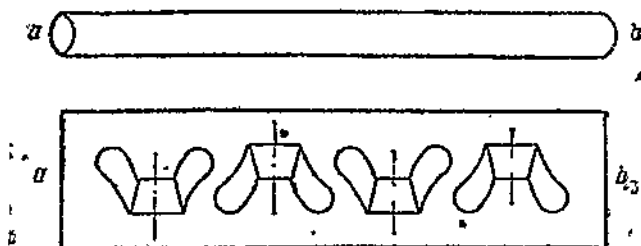


Фиг. 381. Штамп для обрезки облоя

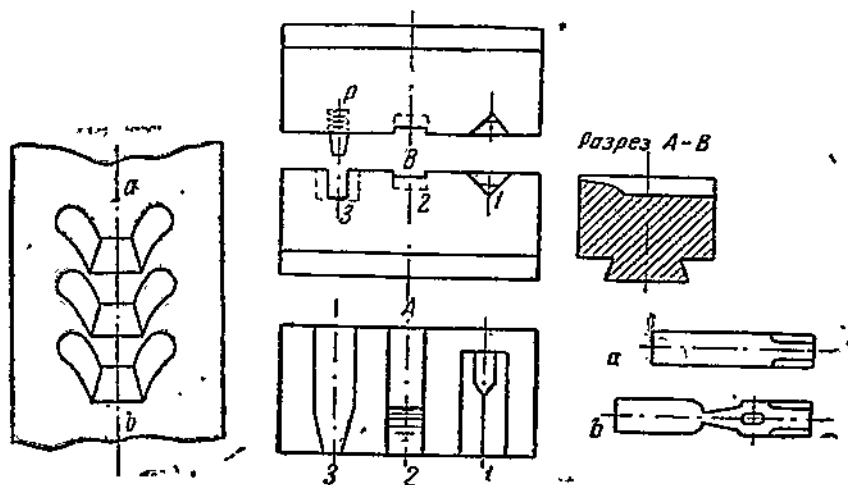


Фиг. 382. Крыльчатая гайка

После отрубки от полосы производится гибка в ручье *b* (фиг. 379). Из гибочного ручья заготовка переходит уже в чистой ручей штампа (фиг. 380). В большинстве случаев предварительно производится прошивка зева ключа на штампе (фиг. 380а).



Фиг. 383. Первый вариант расположения гаек



Фиг. 384. Второй вариант расположения гаек

Фиг. 385. Штамп для изготовления ручных молотков

Ключи малого размера штампуются без образования зева, который прорезается на специальном прорезном штампе.

После штамповки следует обрезка облоя на штампе, представленном на фиг. 381.

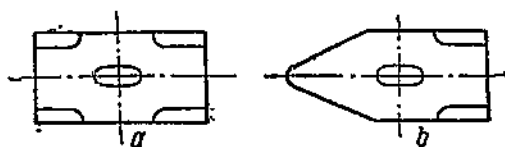
Штамповка крыльчатых гаек (фиг. 382). Штамповка производится из машиноподелочной стали с сопротивлением разрыву 50—55 кг/мм². Подобные гайки часто изготавливаются и из меди и латуни, штампуются из прутка. Расположение гаек может быть произведено в порядке, представленном на фиг. 383 или на фиг. 384. Одновременно штампуются в зависимости от размера

4—5 гаек. После штамповки на специальном обрезном штампе производится обрезка облоя.

Необходимо отметить, что при таком способе штамповки выход металла в облой достигает свыше 100% от веса изделия.

Штамповка ручных молотков. Штамповка ручных молотков производится из стали с сопротивлением 55—60 кг/мм². Берут обычно сталь квадратного сечения в соответствии с размером молотка. Если же в сортаменте таких размеров не имеется, то берут подходящий больший размер и предварительно ведут проковку на квадрат согласно требуемым размерам. Прутковый материал обыкновенно режут таким образом, чтобы из заготовки вышло два молотка.

После нагрева такая заготовка проковывается на квадрат требуемого размера. Затем образуются фаски в первом ручье штампа (фиг. 385). Так как имеются четыре фаски, то штамповка в этом ручье производится поворотом поковки на 90°.



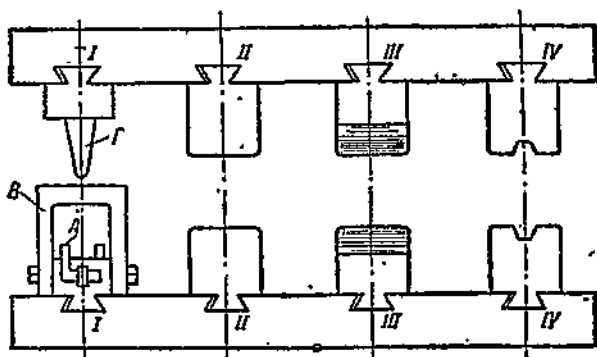
Фиг. 386. Кувалда, изготавливаемая штамповкой

Затем производится оформление конической части молотка в среднем ручье 2 и, наконец, последняя операция заключается в образовании дыры для рукоятки молотка в ручье 3. Так как прошивень p очень сильно изнашивается, то он

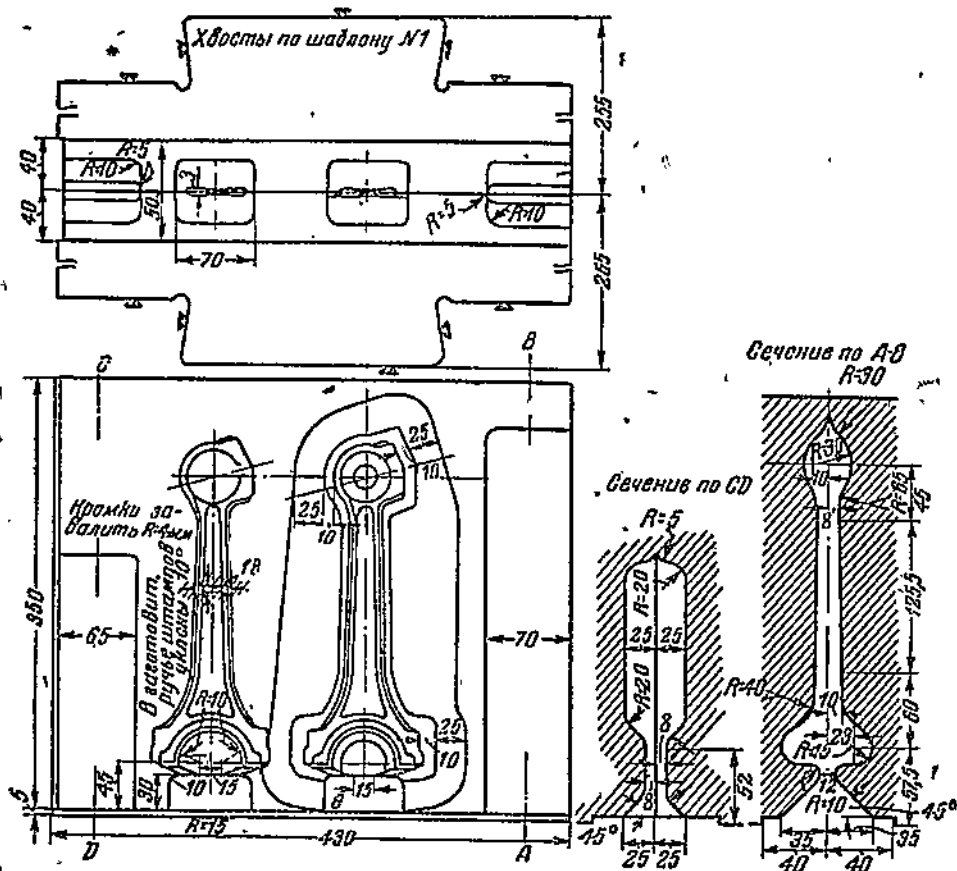
изготавливается вставным. Таким же операциям подвергается и другая часть заготовки, после чего происходит разрезка этих двух поковок. Так как размеры штампуемых молотков не требуют большой точности, то часто для их штамповки применяют чугунные штампы без последующей механической обработки, а только со слесарной.

Штамповка кувалд (фиг. 386). Кувалды могут быть с двумя плоскими бойками — a или с одним плоским и другим клинообразным — b . Для изготовления кувалд применяется материал квадратного сечения, размеры которого близко подходят к требуемым. После нагрева мерно нарезанной заготовки производится проковка на квадрат до требуемого размера на штампе II (фиг. 387). После этого следует образование фасок на штампе IV. Если кувалда имеет один конический боек, то она оформляется на штампе III, а дыра прорезается на штампе I. Правильность установки поковки на штампе контролируется скобами А, соответственно установленным. Так как после прошивки пуансон Г увлекает поковку вверх, установлены скобы В, являющиеся съёмниками.

Штамповка кувалд производится обычно на эксцентриковых или кривошипных прессах, причем на столе устанавливаются штампы, показанные на фиг. 387, а к ползуну пресса также соответственно прикрепляются верхние половины штампов.

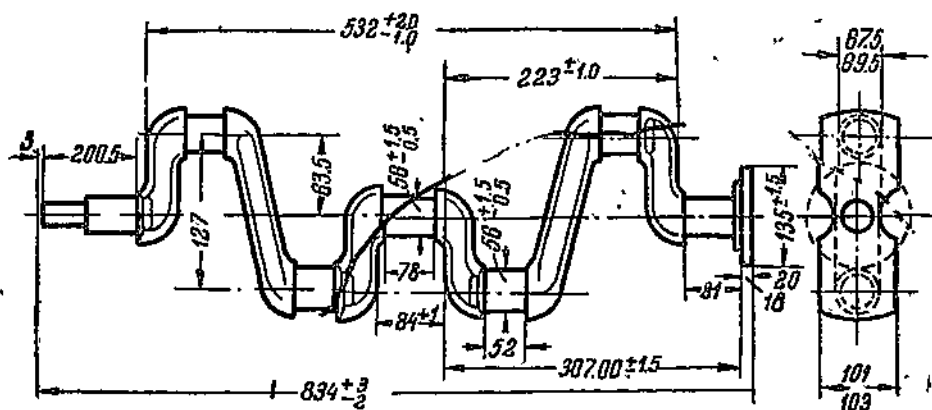


Фиг. 387. Проковка нарезанной заготовки

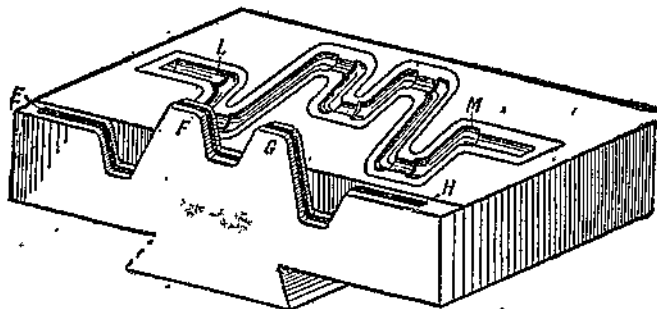


Фиг. 388. Штамповка автомобильного шатуна

Штамповка автомобильного шатуна. В настоящее время штамповка автомобильного шатуна производится вместе с его крышкой из заготовки квадратного сечения, которая предварительно протягивается в протяжном ручье, затем переносится в подкатный ручей, как показано на фиг. 388 с правой стороны, и с подкатного ручья укладывается в полость штампа, расположен-



Фиг. 389. Коленчатый вал



Фиг. 390. Штамп для коленчатого вала

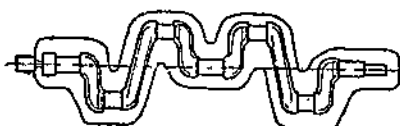
ного посередине между подкатным и протяжным ручьями. Части штампа для выдавливания углублений в головках шатуна изготовляются вставными из более стойкой стали. Ввиду сложной формы поковки и трудности получения для нее заготовки точных размеров, последнюю приходится изготовлять с избытком металла, почему при изготовлении шатунов отход в облой достигает иногда даже до 35%.

Штамповка коленчатого вала (фиг. 389). Вал штампуются из заготовки круглого сечения в штампе, показанном на фиг. 390. Первая операция заключается в гибке нагретой до оп-

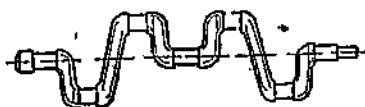
ределенной температуры заготовки. Гибочный ручей расположен на краю штампа. После гибки заготовка имеет вид, изображенный на фиг. 391. Таким образом изогнутая заготовка помещается в ручей *LM* (фиг. 390). После штамповки вал будет иметь вид, представленный на фиг. 392. После обрезки облоя на обрезном



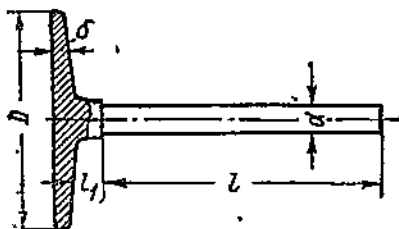
Фиг. 391. Заготовка для вала после гибки



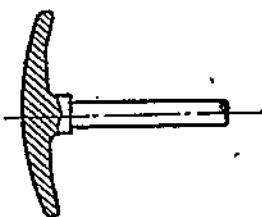
Фиг. 392. Вал после штамповки



Фиг. 392а. Вал после обрезки облоя



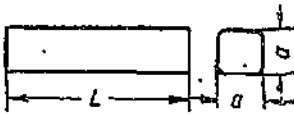
Фиг. 393. Буферная тарелка с плоской поверхностью



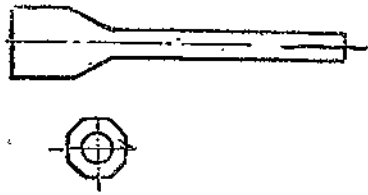
Фиг. 394. Буферная тарелка со сферической поверхностью

штампе вал принимает вид, представленный на фиг. 392а. С левой стороны вала имеется утолщение, объем которого соответствует объему фланца, который высаживается на ковочной машине, после чего вал приобретает требуемый вид. Обычно обрабатываются только шейки вала и мотыли, а также фланец, остальные же части идут без обработки, поэтому требуется особая точность при штамповке.

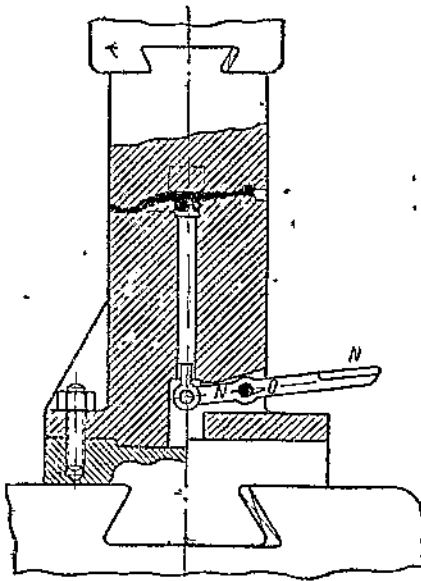
Штамповка буферной тарелки. Буферные тарелки бывают с плоской и сферической рабочей поверхностью (фиг. 393 и 394). Штамповка их производится из нарезанной заготовки квадратного сечения с закругленными углами (фиг. 395). После нагрева такой заготовки производится под молотом оформление заготовки, как представлено на фиг. 396, причем диаметр оттянутого конца равняется более толстой части стержня тарелки. После отковки такая заготовка поступает в штамп, представленный на фиг. 397, причем в левой части фигуры показана форма полости для сферической формы тарелки, а в правой —



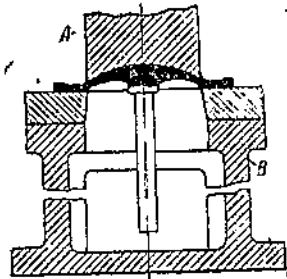
Фиг. 395. Заготовка квадратного сечения с закругленными кромками



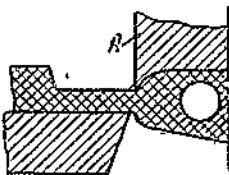
Фиг. 396. Оформление заготовки под молотом



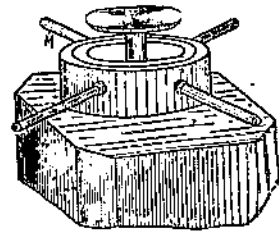
Фиг. 397. Штампы для буферных тарелок



Фиг. 398. Штампы для обрезки облоя



Фиг. 399. Штампы для обрезки облоя



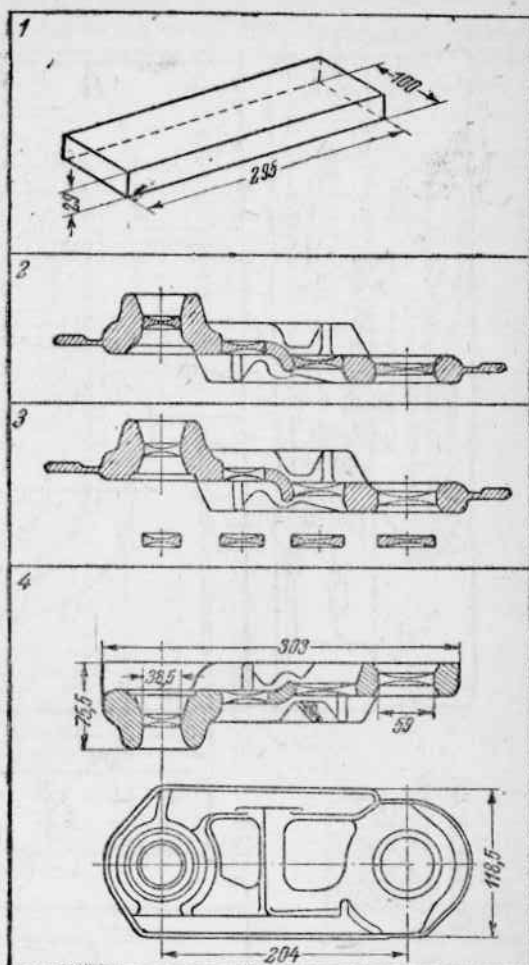
Фиг. 400. Штампы для буферной тарелки

для плоской формы тарелки. Полость штампа имеет канавку для облоя. Чтобы отштампованный буфер вытащить из штампа, имеется выталкиватель. При нажатии на конец двуплечевого рычага *N* он поворачивается вокруг точки *O* и выталкивает отштампованную тарелку из штампа. Обрезка облоя производится на специальном штампе (фиг. 398 и 399). Если не имеется молотов достаточного тоннажа для штамповки буферной тарелки, то можно штамповать молотами небольшой мощности, причем верхний штамп заменяется бойком небольшой ширины, который наносит постепенно удары по окружности тарелки, перемещающейся после каждого удара. Таким образом боек всегда наносит удар по новому месту. Подобный штамп представлен на фиг. 400. Вращается штамп рукояткой *M*.

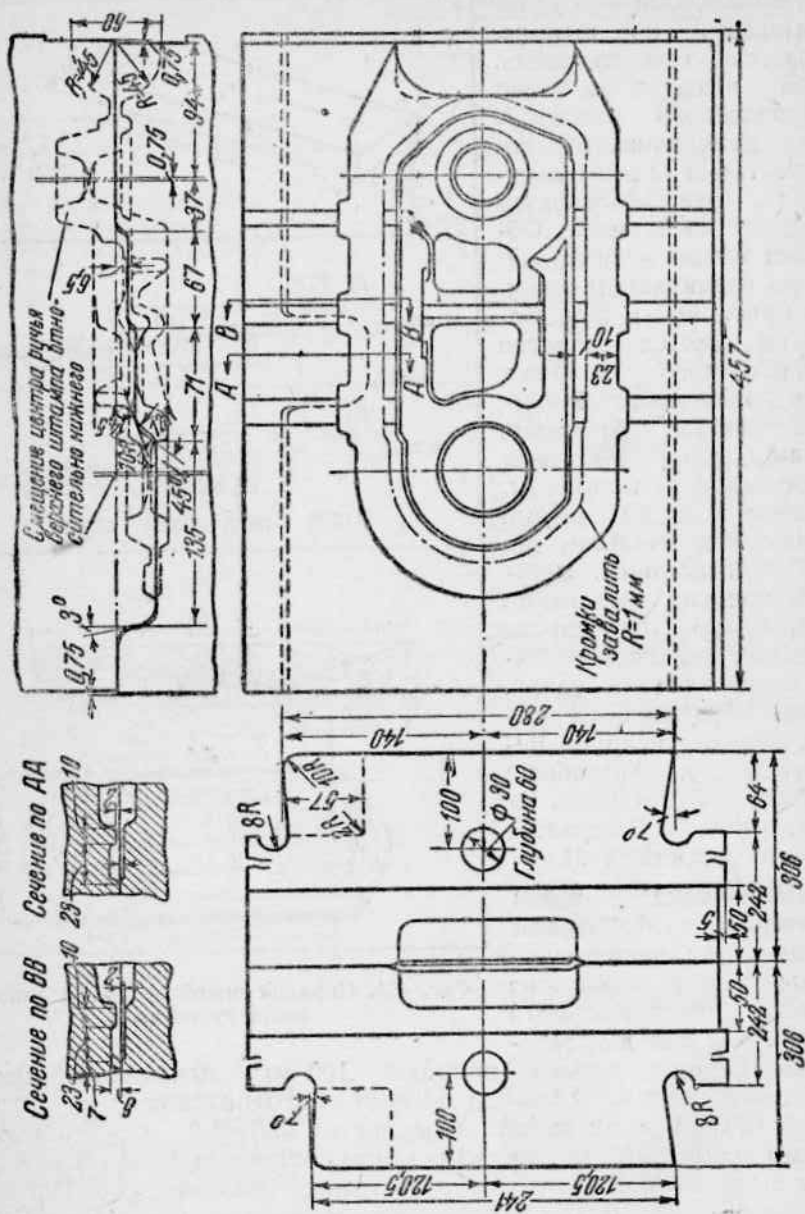
Штамповка звена гусеницы. Молотовый штамп для звена гусеницы состоит только из

одного окончательного ручья, так как для заготовки берется полоса шириной 100 мм, длиной 295 мм и толщиной 29 мм. Штампы обычно изготавливаются из стали марки 5ХНМ с закалкой (твердость 3,3—3,2 по Бринелю). Съем с одного штампа до его ремонта составляет 8000 шт., а в общем с одного штампа до полного износа снимают до 23 000 звеньев и больше. Штамп устраивается с замками, что в значительной мере улучшает его работу.

Последовательность операций при штамповке звена гусеницы представлена на фиг. 401 (1—заготовка, 2—поковка после штам-



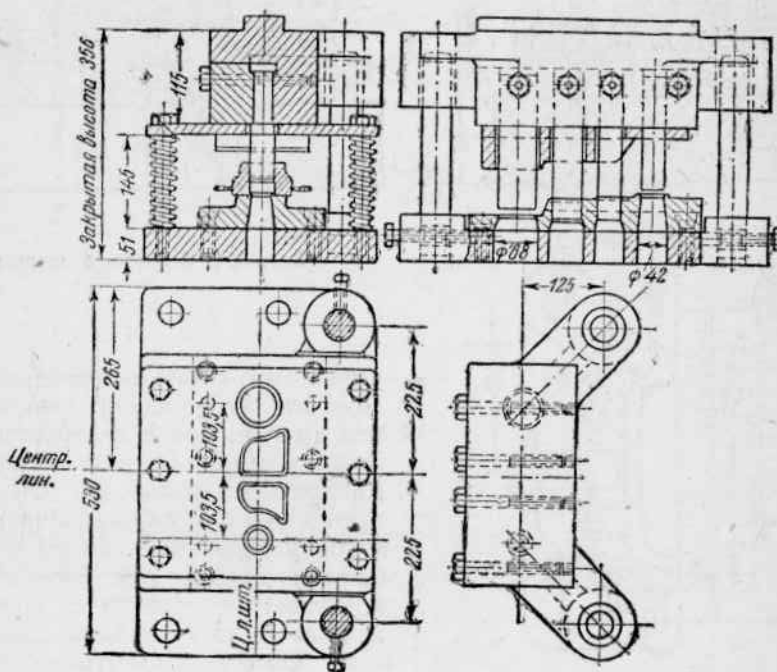
Фиг. 401. Порядок операций при штамповке звена гусеницы



Фиг. 402. Молотовый штамп

повки, 3 — поковка после прошивки отверстий, 4 — готовое звено после правки и обрезки заусенца).

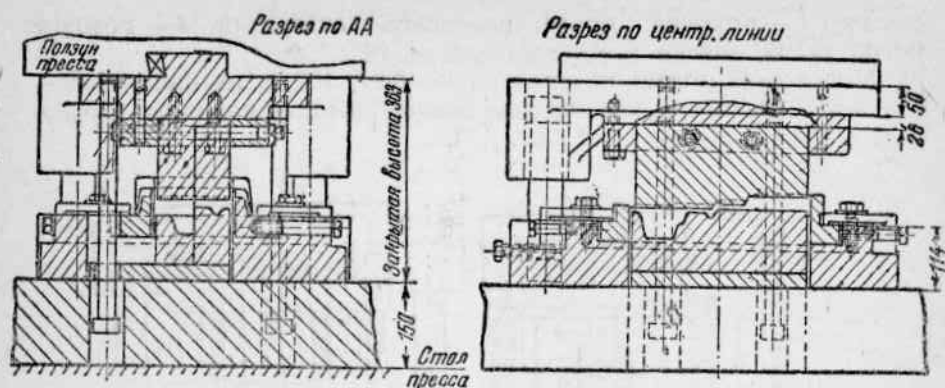
Молотовый штамп представлен на фиг. 402, а на (фиг. 403 — просечной штамп, имеющий две направляющие колонны. Обрезной штамп изображен на фиг. 404.



Фиг. 403. Просечной штамп

Детали небольших размеров штампуются по несколько штук одновременно в одном штампе. На фиг. 405 представлен обрезной штамп, служащий для обрезки наружного заусенца звена; одновременно с обрезкой осуществляется также правка.

Штамповка тяговых крюков. Тяговой крюк представлен на фиг. 406. Существует несколько способов изготовления подобных крюков. Самый примитивный заключается в том, что из квадратной заготовки изготавливают фасонную заготовку лопатообразной формы (фиг. 407). Затем на прорезном штампе производится оформление по наружному контуру этого крюка, после чего такая фасонная заготовка поступает в штамп для окончательного оформления. Этот способ хотя и отличается простотой, но изделия получают невысокой прочности вследствие того, что, как это представлено на той же фиг. 407, волокна металла располагаются в одном направлении, и поэтому крюк работает на срез по направлению волокон, что в значительной мере



Фиг. 404. Обрезной штамп

уменьшает сопротивление срезу. Поэтому этот способ был заменен другим, более совершенным. Заключается он в следующем. Квадратная заготовка 90×90 протягивается на фасонную заготовку (фиг. 408). Затем в гибочном штампе она изгибается, в результате получается приближенная форма крюка. Такого вида фасонная заготовка подвергается расплющиванию на

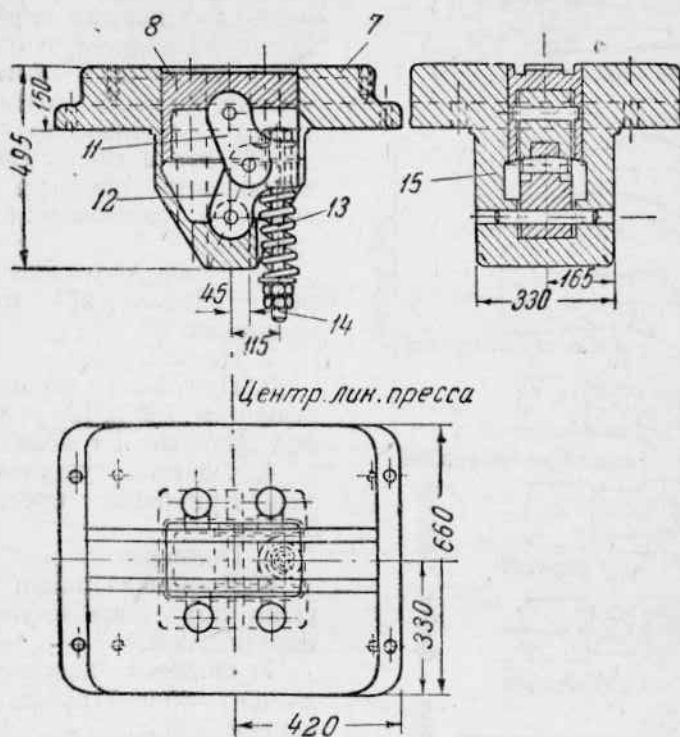
плоской части штампа, а затем закладывается в полость штампа и штампуется.

Последовательность формоизменения крюка представлена на фиг. 409, а штамп — на фиг. 410. Как видно на фиг. 410, штамп имеет три ручья, из которых левый является подкатным, в котором происходит оформление заготовки под гибку (разрез этого ручья представлен на той же фигуре). Правый ручей является гибочным — разрез гибочного ручья также представлен на той же фигуре. Средний ручей является чистовым, в котором и производится окончательное оформление крюка.

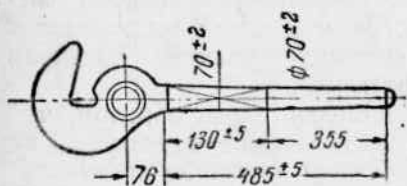
После штамповки происходит обрезка заусенцев на штампе (фиг. 411).

При таком способе изготовления крюка волокна металла располагаются так (фиг. 412), что в месте приложения силы при работе крюка, срез крюка должен происходить в направлении, перпендикулярном к волокнам, что в значительной мере увеличивает прочность крюка.

Таким образом более совершенный технологический процесс изготовления крюка состоит из следующих операций: 1) резка заготовки на ножницах, 2) нагрев заготовки под штамповку,



Фиг. 405. Обрезной штамп для звена гусеницы

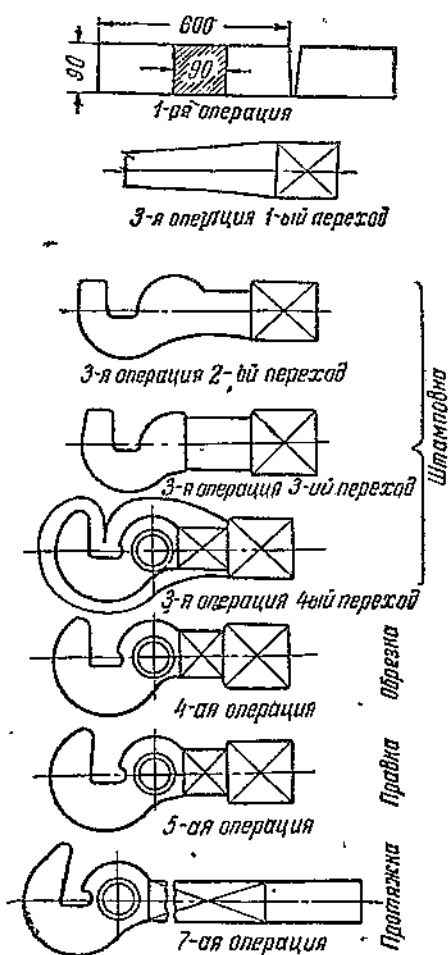


Фиг. 406. Тяговой крюк



Фиг. 407. Волокна металла расположены параллельно

3) штамповка в трехручьевом штампе, причем подкатка производится за четыре—пять ударов молота, гибка за один легкий и два сильных удара, расплющивание за два удара и штамповка в чистовом ручье за четыре—пять ударов.



Фиг. 408—409. Последовательность формоизменения крюка

В дальнейшем этот процесс был изменен таким образом, что вместо третьей операции производилась штамповка хомута на штамповочном 2,5-т молоте и после обрезки заусенцев на эксцентриковом прессе давлением 325 т производилась прошивка рамки и проушин под 600-т гидравлическим прессом.

При изготовлении хомута по первому варианту вес заготовки составлял 31 кг, по второму варианту — 38 кг.

Этот способ изготовления применялся на заводе им. Кагановича стахановской бригадой Матвеева. Для производства был принят второй вариант, так как при нем стойкость штампов оказалась значительно выше.

Изготовление хомута с прошивкой в штампах под гидравлическим прессом. Этот способ изготовления хомута (фиг. 413) дает изделие с очень маленькими припусками на механическую обработку, а также с точными размерами. Способ этот обеспечивает производительность до 300 шт. в смену. Последовательность процесса изготовления заключается в следующем.

1. Резка заготовки размером $125 \times 125 \times 275$ мм на ножницах.

2. Нагрев.

3. Протяжка на пластину размером $150 \times 120 \times 320$ мм под паровым 1-т молотом.

4. Обрезка уступов под эксцентриковым прессом в 325 т.

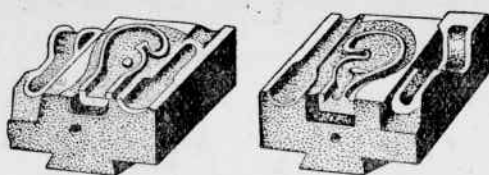
5. Подогрев.

6. Прошивка рамки и проушин под парогидравлическим прессом.

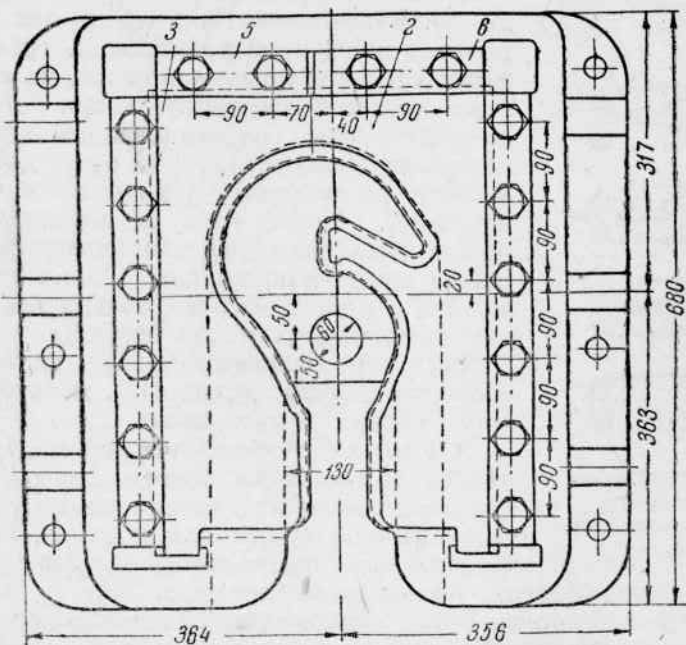
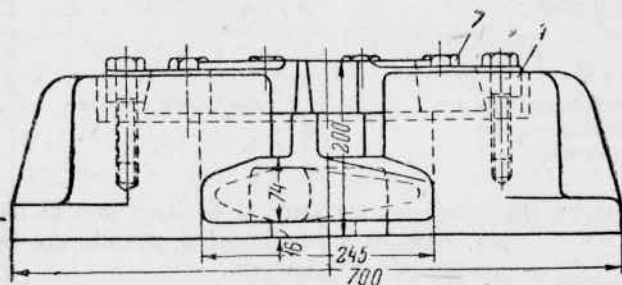
7. Обрезка заусенцев на эксцентриковом прессе с давлением 325 т.

Последовательность формоизменений представлена на фиг. 414.

Из вышеизложенного следует, что хомут изготовлялся частично ковкой, частично штамповкой.



Фиг. 410. Штамп для тягового крюка

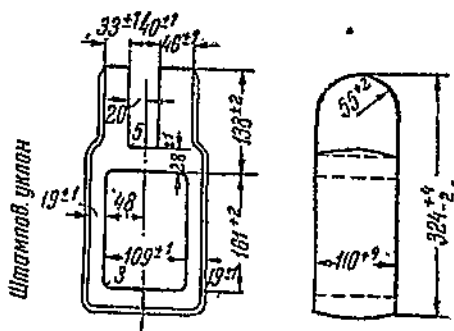


Фиг. 411. Обрезка заусенца на штампе

Молотовой штамп для штамповки вышеуказанного рессорного хомута для паровоза представлен на фиг. 415, а штамп для

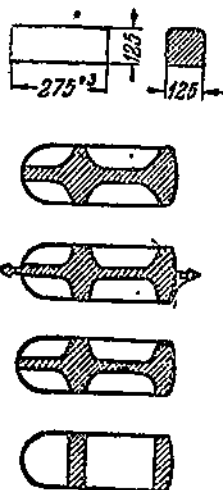


Фиг. 412. Волокна металла расположены по форме крюка



Фиг. 413. Хомут

прошивки хомута на прессе — на фиг. 416. Как видно из чертежа, можно производить прошивку одновременно двух хомутов.



Фиг. 414. Последовательность формоизменения хомута

Штамповка рессорного хомута на заводе им. Куйбышева. На этом заводе штамповка хомута производилась на трехтоном молоте в двухручьевом штампе, из которых один является предварительным, а второй окончательным. Отштампованный хомут передается на эксцентриковый пресс давлением в 300 т, на котором производится обрезка заусенцев. После этого на эксцентриковом прессе давлением 350 т производится прошивка рамки и проушины. Вся штамповка ведется с одного нагрева, почему все операции выполняются одной бригадой.

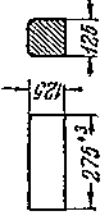




Согласно технологической карте изготовления хомута (фиг. 417), операций для изготовления хомута шесть.

В этой же технологической карте обозначены температуры нагрева, разряд рабочих, выполняющих различные операции, а также нормы количества хомутов, которые должны быть изготовлены в смену.

Штамповка болтов. Болты штампуются на прессе Венсена. Штамп для штамповки болта с шестигранной головкой представлен на фиг. 418, где *E* — матрица, куда вставляется нагретый круглый стержень таким образом, чтобы часть его выступала вверх из матрицы. Выступающая часть должна быть такого

Таблица 46

Технологическая карта изготовления рессорного хомута

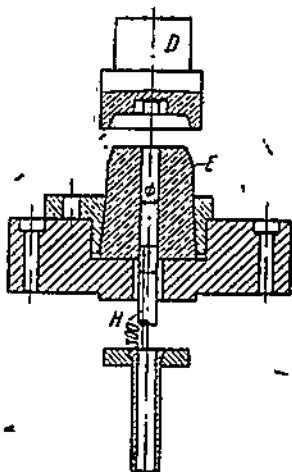
№ по пор.	Наименование операций	Эскизы переходов	Наименование оборудования	Инструмент	Температура нагрева °С	Разряд работы	Норма в смену
1	Резка заготовки Нагрев		Ножницы Методическая печь с толкателем	Ножи, упор-метр, моно-рельс с клещами	1200	4—2	1290
2	Предварительная штамповка в заготовительном ручье		3-т штамповочный молот	Штамп, клещи	—	3	—
3	Окончательная штамповка		То же	—	1100	6	—
4	Обрезки обоя		Эксцентрикковый пресс 300 т	Штамп, клещи	1000	4—3	450
5	Прошивка рамы и пружины		Двухколенчатый пресс 325 т	То же	—	5—3	256
9	Зачистка заусенцев рамки и ушков	Фиг. 417	Наждачное точило	—	—	3	140

ШТАМПОВЫЕ УКОМ

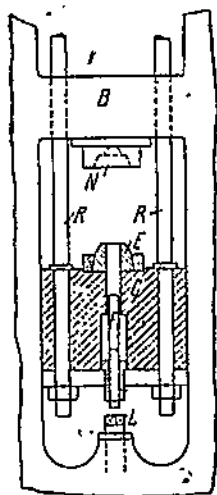
объема, чтобы из нее можно было образовать шестигранную головку. Верхний штамп *D* имеет полость, соответствующую форме головки болта. В матрицу входит выталкиватель *H*.

Установка штампа схематично представлена на фиг. 419.

Поперечина *B* прессы Венсана неподвижна. К ней прикреплен верхний штамп. К ползуну прессы тягами *R* и *R* прикрепляется нижняя подвижная поперечина *C*, на которой установлена матрица *E*. В матрицу входит стержень *F*, играющий роль



Фиг. 418. Штамп для штамповки болтов с шестигранной головкой



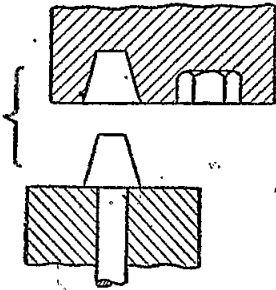
Фиг. 419. Схема установки штампа

выталкивателя. При самом нижнем положении подвижной поперечины *C* конец стержня *F* упирается в выступ *L*, благодаря чему стержень *F* передвигается вверх и выталкивает оштампованный болт.

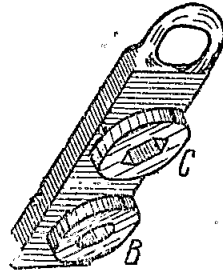
Если головка болта имеет значительные размеры, то часто ее штампуют за два раза. В первый раз выступающий конец заготовки превращается в усеченный конус, а за второй раз — в шестигранную головку (фиг. 420). При этом заготовка остается все время в матрице, а верхний штамп меняется. При первом ходе штамповка производится штампом *B* (фиг. 421), а после первого хода штамп передвигается таким образом, что уже на оштампованную головку конической формы поступает штамп *C*.

При штамповке болтов под головкой образуется облой, обрезаемый штампом, представленным на фиг. 422.

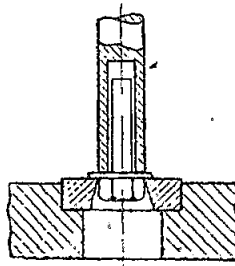
Точно таким же способом штампуются заклепки. Последовательность штамповки заклепки и обрезки заусенца представлена на фиг. 423.



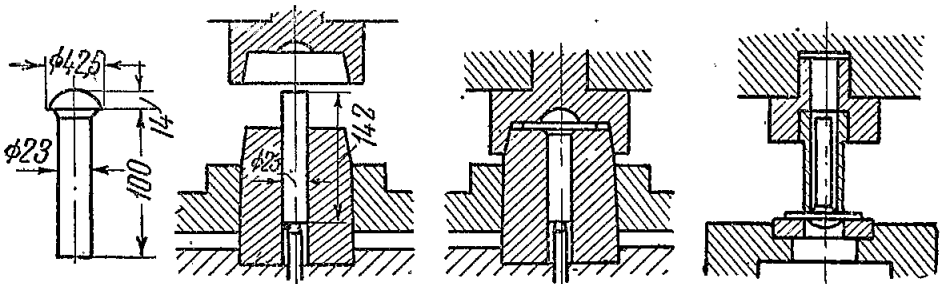
Фиг. 420. Превращение конца заготовки в шестигранную головку



Фиг. 421. Штамповка болта



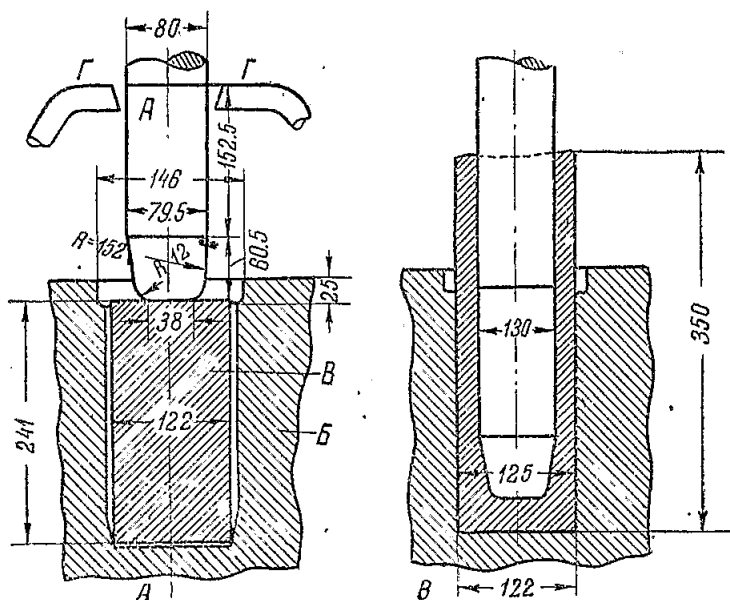
Фиг. 422. Обрезка штампом облоя под головкой



Фиг. 423. Последовательность операций изготовления заклепок

Штамповка снарядного стакана (для гранаты) диаметром 4,5 дюйма. Снаряды обычно штампуются из крепкой углеродистой или слаболегированной стали, ввиду чего она оказывает при своей деформации значительное сопротивление, и поэтому штамповку приходится вести под прессами значительного давления.

Штамповка подобного рода производится на штампе, представленном на фиг. 424. Обычно для этой цели используются небольшие гидравлические прессы. Пуансон *A* прикреплен к



Фиг. 424—425. Штамповка снарядов

подвижной поперечине вертикального прессы. Матрица *B* имеет круглую, слегка коническую форму. В матрице *B* помещается заготовка *B*. При движении пуансона вниз происходит штамповка, причем здесь могут быть два случая: первый — когда сечение заготовки имеет форму квадрата со слегка закругленными углами и второй — когда заготовка имеет круглую форму (фиг. 426). В первом случае при опускании пуансона происходит течение металла главным образом в радиальном направлении, а в вертикальном направлении весьма небольшое. Во втором случае в радиальном направлении течения металла почти не происходит, зато в вертикальном направлении — очень большое.

Штамповка корпусов из квадратной заготовки носит название способа Эргарта.

Пуансоны могут иметь различную форму поперечного сечения, но главным образом штамповка производится коническими пуансонами.

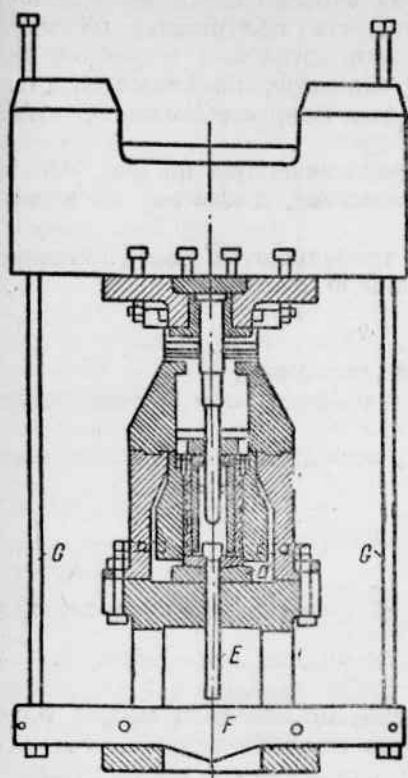
Для штамповки служит заготовка круглого или квадратного сечения с закругленными углами, которая режется на мерные куски, объем которых соответствует объему поковки с учетом угара. На фиг. 424 представлен штамп для штамповки стакана гранаты. Отверстие матрицы имеет форму усеченного конуса для облегчения выемки стакана из полости матрицы. Так, например, диаметр нижнего, меньшего основания равняется 241 мм, Пуансон имеет диаметр 80 мм в верхней части, и 79,5 мм в нижней части. Конец пуансона, как представлено на той же фигуре, имеет коническую форму и сопряжение боковой поверхности с тыловой частью по закруглению. Поверх штампа имеется съёмник в виде двух пластин *Г* и *Г*, так как после прошивки пуансон увлекает с собой отштампованный стакан. На той же фигуре в правой части показан пуансон в его крайнем нижнем положении. При прошивке металл течет вверх, и высота стакана получается 350 мм, в то время как высота заготовки была всего 241 мм, т. е. она получилась в 1,452 раза больше высоты заготовочного цилиндра.

Фиг. 426.
(Круглая заготовка)

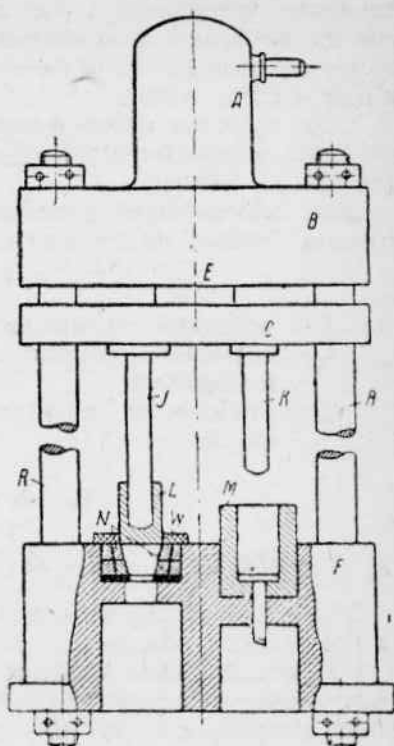
Установка штампа на гидравлическом прессе изображена на фиг. 427. К верхней подвижной поперечине прессы тягами *С* и *С* прикреплена поперечина *Ф*, которая при подъеме пуансона упирается в стержень *Е*, являющийся выталкивателем. Таким образом стакан может быть вытолкнут из матрицы, причем съёмник в этот момент передвигается вручную.

На фиг. 428 показан схематично пресс с установленными на нем двумя штампами, на одном из которых происходит прошивка стакана пуансоном *К* в матрице *М*, а на другом — протяжка для уменьшения толщины стенок стакана, полученного штамповкой. Для этого отштампованный стакан *Л* надевается на пуансон *И* и при ходе пуансона вниз он проходит через волоочильное кольцо *Н*. При обратном ходе пуансона стакан снимается съёмником *В* и падает вниз.

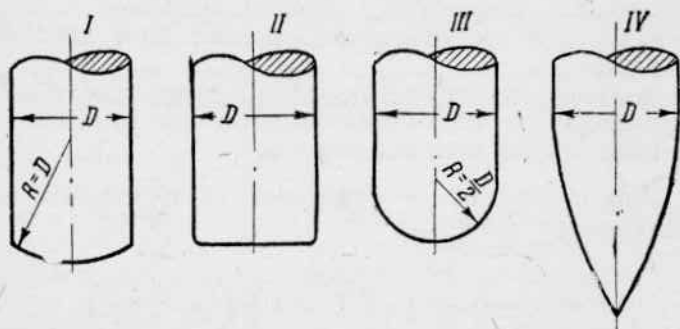
Подобные прессы изготавливаются давлением 500 и более тонн. Как видно на фигуре, нижняя часть прессы состоит из мощной плиты *Ф*, которая колоннами *Р* и *Р* соединена с верхней плитой *В*, в которой укреплен рабочий гидравлический цилиндр *А*. Подвижная поперечина прессы *С* соединена с плунжером *Е*. Тыловая часть пуансона сопряжена с боковой поверхностью его закруглением, как представлено на фиг. 429, *И*. Конец пуансона может иметь различную форму, как представлено на той же фигуре. Но в тех случаях, когда пуансон имеет коническую форму или же конец его имеет форму, представленную на



Фиг. 427. Установка штампа на гидравлическом прессе



Фиг. 428. Схема пресса с двумя штампами



Фиг. 429—430. Различные формы пуансонов

фиг. 430, усилие, требующееся для штамповки, в значительной мере возрастает. По данным Швейсгута, полученным из опыта, давление, требующееся для прошивки фугасных корпусов, или, как их называют в производстве, стаканов, колеблется от 15 до 25 кг/мм² для материала с временным сопротивлением 60 кг/мм² и при нагреве 1100°.

Если пуансон имеет форму, представленную на фиг. 430, то давление в значительной мере возрастает, достигая 45 кг/мм², для тех же условий.

Для определения давления, требующегося для прошивки стакана, Зибель предложил следующую формулу:

$$P = F \cdot \sigma_t \cdot \varphi_m,$$

где F — площадь первоначальной заготовки;

σ_t — временное сопротивление разрыву при температуре штамповки;

φ_m — наибольшая деформация, определяемая из следующей формулы:

$$\varphi_m = \ln \cdot \frac{D}{D-d} - 0,16,$$

где D — наружный и d — внутренний диаметры корпуса снаряда.

Эта формула является приближенной, так как точная формула чрезвычайно сложна.

На фиг. 431 представлены кривые, по которым можно определить как точное значение φ_m , так и приближенное. Эти значения выведены в зависимости от отношения сечения пуансона к сечению матрицы.

Инж. Шнейдер предлагает определять давление, необходимое для прошивки, по формуле:

$$P = C \cdot F \cdot \sigma_{ty}$$

где F — площадь поперечного сечения пуансона;

σ_{ty} — временное сопротивление разрыву при данной температуре;

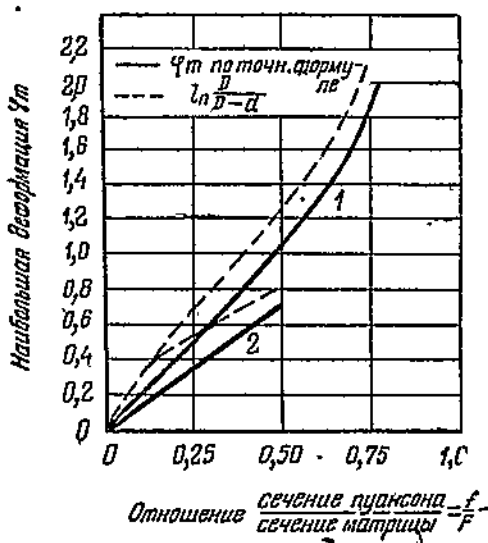
C — коэффициент, определяемый по диаграмме фиг. 431а в зависимости от отношения диаметра пуансона к толщине стенки корпуса снаряда.

Инж. Унсов предлагает определять требующееся для прошивки давление по формуле:

$$P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sigma_t \left(e^{\frac{4\mu \cdot Z}{D-d}} + 1 \right) \left(1 + \frac{\mu \cdot d}{3 \cdot h} \right),$$

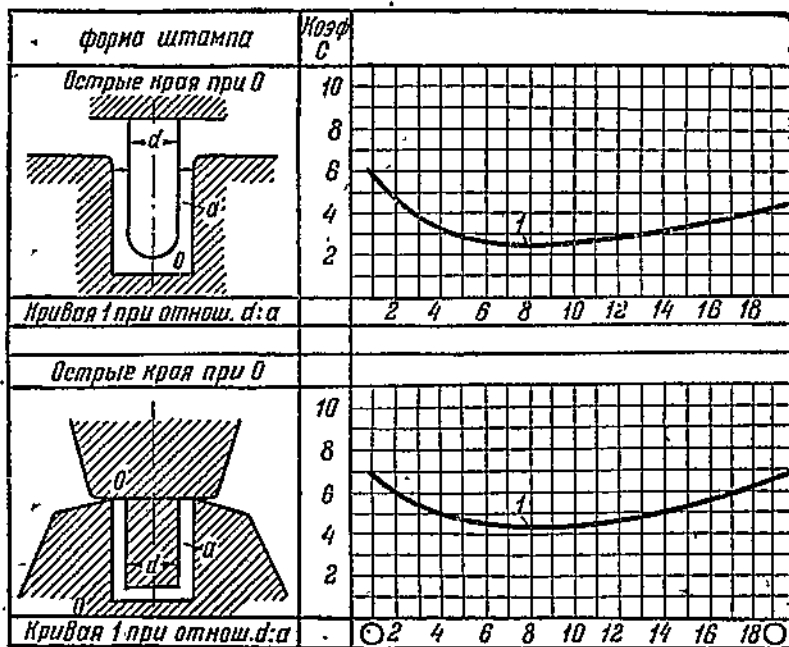
где D — наружный и d — внутренний диаметры корпуса снаряда;

Z — глубина корпуса до дна;



Фиг. 431. Диаграмма значений деформации γ_m

1 — при вытягивании металла вдоль пуансона, 2 — при радиальном вытягивании



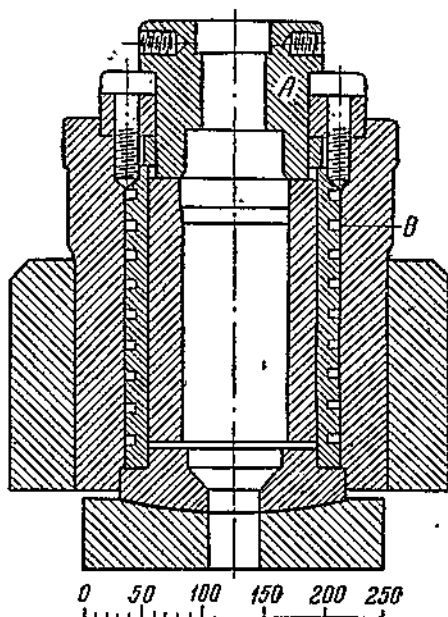
Фиг. 431а. Диаграмма значений коэффициента С

h — толщина дна;
 σ_t — временное сопротивление разрыву, при температуре штамповки;
 e — основание натуральных логарифмов, равное 2,718.

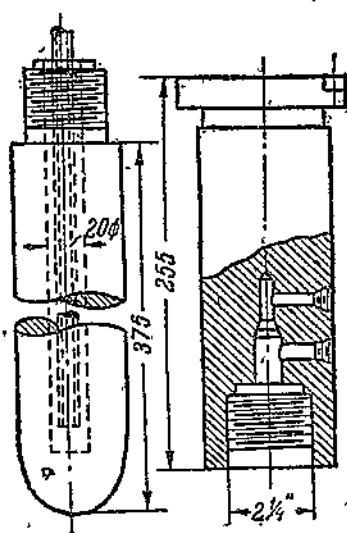
Ввиду того, что как матрицы, так и пуансоны применяются хорошо шлифованные, коэффициент трения μ принимается равным 0,2.

Из вышеприведенной формулы следует, что удельное давление прошивки можно представить в следующем виде:

$$K = \sigma_t \left(e^{\frac{4\mu \cdot Z}{D-d}} + 1 \right) \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{d}{h} \right).$$



Фиг. 432. Разрез матрицы



Фиг. 432а. Подвод охлаждающей воды к пуансону

Так как штамповка корпусов снарядов является процессом массового характера, от которого требуется высокая производительность, что в свою очередь требует чрезвычайно интенсивной работы, то необходимо охлаждать как пуансон, так и матрицу, так как при непрерывной работе они очень быстро нагреваются до высокой температуры, что влечет за собой их быстрый износ.

Пуансон охлаждается водой, которая подводится внутрь пуансона, имеющего дыру цилиндрической формы. Вода входит по внутренней трубке почти до самого рабочего конца пуан-

сона и затем поднимается вверх между стенками трубки и стенками дыры в пуансоне. Вода постоянно циркулирует.

Штамп охлаждается таким образом, что вода по винтовому каналу постоянно охлаждает матрицу по всей ее длине.

На фиг. 432 представлена матрица в разрезе, на котором видны каналы для воды *B*, а на фиг. 432а — пуансон с приспособлением для его охлаждения.

В некоторых случаях матрица имеет в нижней части выталкиватель.

Штамповка штампов. В последнее время начали применять штампованные штампы. Полости штампов не выфрезерываются, как было изложено выше, а получают штамповкой. Обычно блок штампа имеет несколько подобных вставок, в которых полость получена штамповкой. Практика показала, что подобные штампы обладают большей стойкостью, чем полученные механической обработкой.

Подробнее об этом будет сказано в главе о конструкции и изготовлении штампов.

ГЛАВА XVII

МАШИНЫ-ОРУДИЯ ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

В большинстве случаев штамповка производится путем динамического воздействия на деформируемый металл, ввиду чего наибольшее значение в штамповочном деле играют молоты как паровоздушные, так и падающие. Кроме того, применяются для более мелкой работы фрикционные прессы, а также эксцентриковые для штамповки очень мелких деталей.

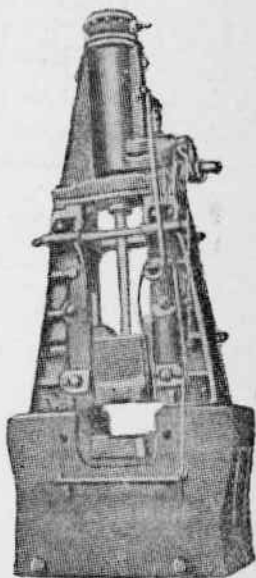
Отличительной чертой паровоздушных молотов для штамповки является непосредственное укрепление станин молота на самом шаботе (фиг. 433).

На фиг. 434 представлен молот завода Ири. Конструкция его ясна из фигуры, а наименование различных деталей и их назначение приводятся ниже в табл. 46.

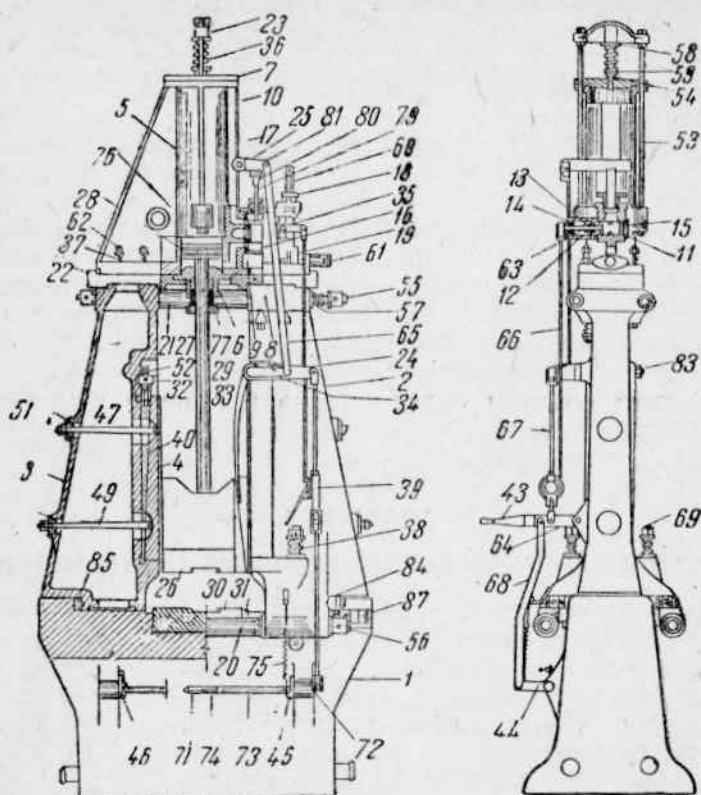
Отличительной чертой молотов Ири является устройство буфера в верхней крышке цилиндра, благодаря чему при слишком большом перемещении вверх поршень ударяется в стержень, который под влиянием пружины буфера толкает его вниз.

Подобные молоты строятся с весом падающих частей до 10 т.

Подобные же молоты строит американ-



Фиг. 433. Паровоздушный штамповочный молот



Фиг. 434. Схема паровоздушного штамповочного молота завода Ири

Таблица 46

Детали молота завода Ири

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 — шабот, | 11 — втулка коробки парового золотника, |
| 2 — станина левая, | 12 — надставка к коробке парового золотника, |
| 3 — станина правая, | 13 — бруска сальника, |
| 4 — направляющая, | 14 — втулка валика к золотнику, |
| 5 — цилиндр, | 15 — прилив к цилиндру для болтов 53, |
| 6 — нижняя крышка цилиндра, | 16 — кольцо золотника, |
| 7 — верхняя крышка цилиндра, | 17 — гнундбукса сальника золотника, |
| 8 — золотник, | |
| 9 — втулка золотниковой коробки, | |
| 10 — крышка золотниковой коробки, | |

- 18 — сальник,
 19 — тяга к рычагу парового золотника,
 20 — болт, стягивающий станины 2 и 3 внизу,
 21 — болт, стягивающий станины 2 и 3 сверху,
 22 — плита под цилиндром,
 23 — перекладина буфера,
 24 — рычаг механизма парораспределения,
 25 — рычаг к золотнику,
 26 — баба молота,
 27 — букса сальника первого цилиндра,
 28 — поршень парового цилиндра,
 29 — шток,
 30 — подставка под наковальню,
 31 — клин для заклинивания подставки,
 32 — гайка поджимного болта направляющих,
 33 — рычаг автоматической части механизма парораспределения,
 34 — связанный с 33 рычаг автоматической части механизма парораспределения,
 35 — рычаг для поворачивания паровпускного золотника,
 36 — пружина буферного устройства,
 37 — пружина болта, скрепляющего цилиндр со станинами,
 38 — пружина болта, скрепляющего станину с шаботом,
 39 — хомутик паровпускного клапана,
 40 — клин к направляющей,
 43 — рукоятка для управления молотом,
 44 — рычаг к педали,
 45 — рычаг к пружине педали,
 46 — рычаг к пружине педали,
 47 — удерживающая тяга к направляющей,
 49 — то же, что и 47,
 51 — шайбы,
 52 — болт для подтягивания клина направляющей,
 53 — болт к поперечине буфера,
 54 — стержень буферной пружины,
 55 — гайка скрепляющего станины болта сверху,
 56 — гайка скрепляющего станины болта внизу,
 57 — пружина под 55,
 58 — шайбы к пружине буфера,
 59 — шайбы к пружине буфера,
 60 — пароподводящая труба,
 61 — паровпускная труба,
 62 — болты, скрепляющие цилиндр со станиной,
 63 — валик паровпускного золотника,
 64 — болт для скрепления станины с шаботом,
 65 — тяга от рычага автоматической части механизма управления к верхнему рычагу 25,
 66 — тяга к рычагу для поворачивания паровпускного золотника,
 67 — тяга от рукоятки и педали к рычагу 24,
 68 — тяга от рукоятки к педали,
 69 — то же, что и 64,
 71 — валик педали,
 72 — прилив с ушком у шабота,
 73 — труба педали,
 74 — стержень, на котором надета труба 73,
 75 — пружина к педали,
 76 — поршневые кольца,
 77 — грундбукса штока,
 79 — золотниковая тяга,
 80 — вилка золотниковой тяги,
 81 — серьга,
 83 — гайка,
 84 — подкладка под болт клина,
 85 — клин,
 87 — подкладка под болт клина.

ская фирма Чемберсбург. Запас работы этих молотов указан в табл. 47.

Фирма Банинг строит также штамповочные молоты, подобно описанному выше типу. Штамповочный молот Банинга представлен на фиг. 435 и 436. Вес падающих частей 665 кг. Банинг строит эти молоты различной мощности, удовлетворяющие тем же условиям, которые предъявляются к штамповочным молотам американского способа штамповки, а именно:

1. Бойки молота являются и штампами.

Таблица 47

Запас работы царовых штамповочных молотов

Вес падающих частей, т	Размер цилиндра		Ход поршня, м		Работа паде- ния бабы кгм	Работа молота при паре с отсеккой, кгм		
	диаметр см	площадь сечения см ²	конструк- торский H	приня- тый, H ₁		четверть хода	полови- на хода	с верх- ним дав- лением
0,67	26,0	530,6	1,07	0,9	603	1545	2281	2700
0,91	28,0	615,4	1,14	0,9	820	1975	2756	3280
1,14	30,5	730,2	1,22	0,9	1030	2385	3220	3880
1,36	35,6	995,5	1,22	1,0	1360	3425	4845	5700
1,60	35,6	995,5	1,22	1,0	1600	3640	5060	5915
1,82	38,0	1120,5	1,27	1,0	1820	4180	5765	6740
2,28	43,0	1452,0	1,27	1,0	2280	5300	7330	8990
2,73	43,0	1452,0	1,27	1,0	2730	5700	7730	8990
3,20	48,0	1808,6	1,30	1,0	3200	6900	9430	11400
3,40	48,0	1808,6	1,30	1,0	3400	7110	9640	11610
3,64	48,0	1808,6	1,30	1,0	3640	7310	9860	11830
4,10	53,5	2248,0	1,30	1,0	4100	8700	11880	13800
4,54	53,5	2248,0	1,30	1,0	4540	9180	12360	14280
5,45	58,5	2686,4	1,30	1,0	5450	10900	14875	17000
6,35	61,0	2920,9	1,30	1,0	6350	12250	16350	18750
7,30	66,0	3625,5	1,30	1,0	7300	14220	19060	21970
9,10	74,0	4218,6	1,32	1,0	9100	17820	23870	27550
10,90	81,0	5150,4	1,37	1,0	10900	21340	28620	33020

2. Молот имеет автоматический холостой ход, т. е. обладает способностью качать бабу, не касаясь штампов.

3. Молот обладает способностью давать удары различной силы от самого легкого до прилипающего при различных степенях нажатия на педаль, причем, когда педаль остается нажатой, то молот производит прилипающий удар и останавливается до следующего отпуска педали.

4. Молот имеет приспособление для регулировки силы удара при одинаковой степени нажатия на педаль.

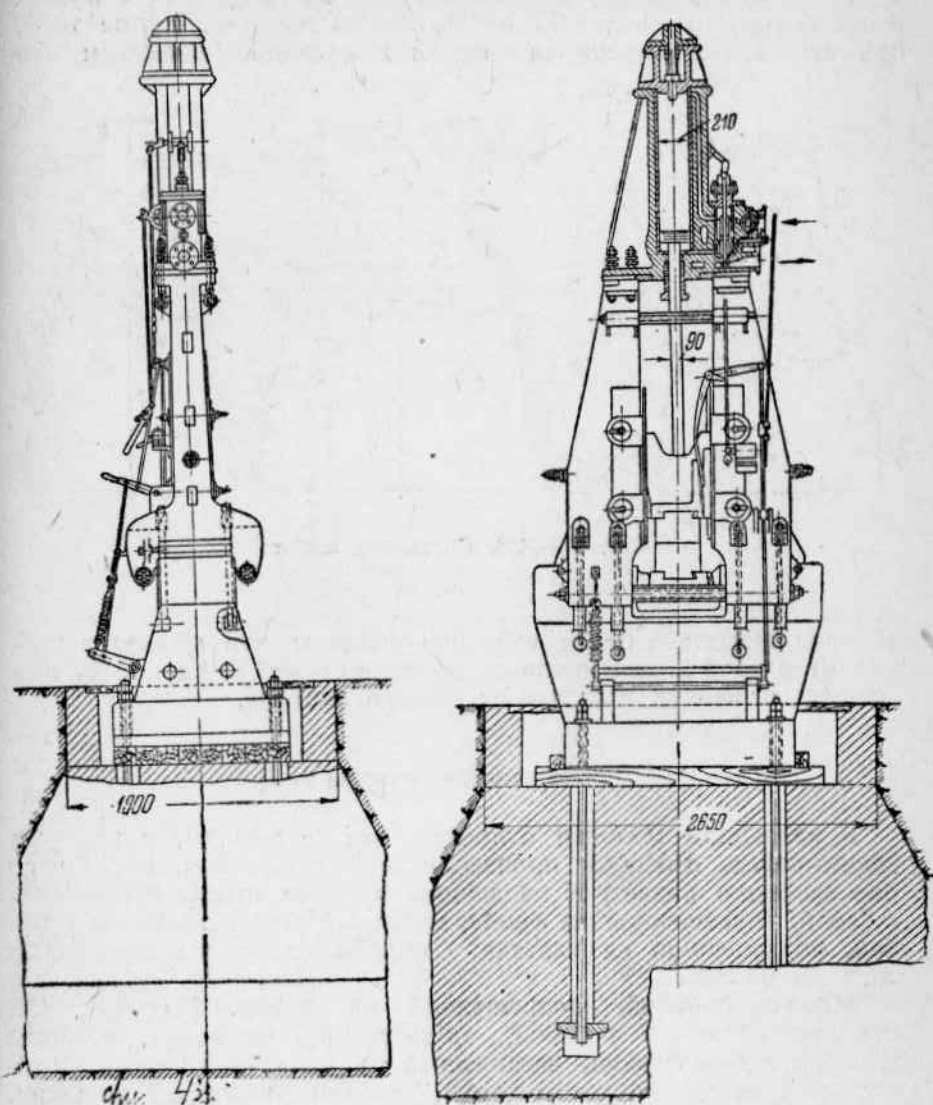
5. В случае необходимости установки и наладки штампов станина имеет возможность перемещаться по шаботу и может быть закреплена на новом месте при помощи клиньев.

6. Направляющие для бабы молота сделаны очень мощными: они препятствуют сдвиганию ее в сторону. Направляющие молота посредством особого устройства имеют возможность перемещения, что позволяет производить точную пригонку их к бабе и устранять сдвигание бабы в сторону.

7. Молот имеет тяжелый шабот.

Как видно из фиг. 435 и 436, станины молота прикреплены к шаботу. Шабот закреплен на фундаменте болтами, причем между фундаментом и шаботом проложена упругая прокладка

из дерева. Для штамповочных молотов шаботы изготовляются исключительно стальные, причем для тяжелых молотов шаботы

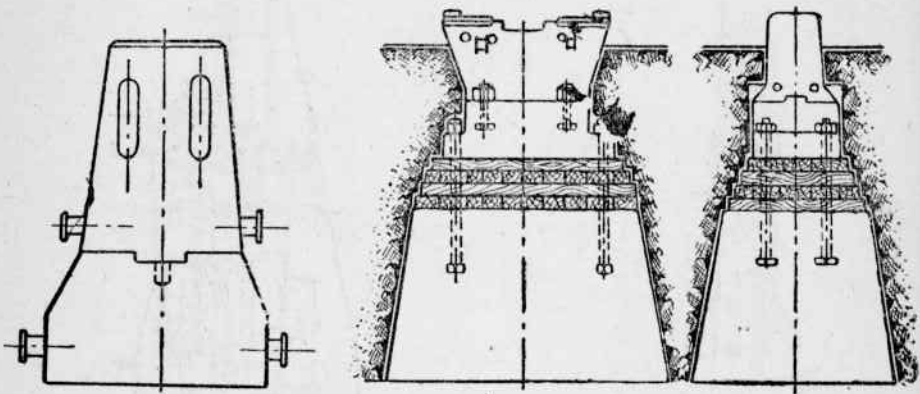


Фиг. 435—436. Штамповочный молот Бантинг

составные — из двух или трех частей, как представлено на фиг. 437—438.

Штамповочные молоты могут работать как паром, так и воздухом. Все, что было сказано о расходе пара для ковочных 20 к. Ф. Неймайер

молотов в гл. VI, может быть отнесено и к расходу пара для штамповочных молотов, причем расход пара или воздуха на качание бабы у штамповочных молотов по сравнению с ковочными больше и составляет значительный процент. Кроме того, при штамповке пользуются паром или сжатым воздухом для



Фиг. 437—438. Составной шабот

обдувки штампа в целях удаления окалины, что вызывает расход от 2 до 5% для крупных молотов и от 10 до 15% для средних и мелких молотов от общего расхода.

Падающие молоты

К падающим молотам относятся все те молоты, у которых каким-нибудь способом производится подъем бабы, после чего она свободно падает. К падающим молотам относятся: молоты с бабой, подвешенной на ремне, молоты с доской, молоты с бабой, подвешенной на канатах, молоты падающие воздушные системы Эймуко.

Молоты с бабой, подвешенной на ремне. На фиг. 439 представлен молот с бабой, подвешенной на ремне, который перекинут через шкив, насаженный на валу трансмиссии. Если потянуть за другой конец ремня, то он нажимает на шкив, вследствие чего возникает трение, ремень увлекается шкивом и происходит подъем бабы молота. Если отпустить свободный конец ремня, баба падает. Как видно на фигуре, небольшой шабот с укрепленной на нем наковальней или штампом несет на себе направляющие для бабы молота. Окружная скорость шкива принимается от 1,5 до 2,5 м/сек. Высота подъема бабы у подобных молотов принимается не более 0,9 м. Усилie, необхо-

димое для подъема бабы весом G кг, производится по формуле:

$$P = \frac{G}{e^{\mu \cdot \alpha}},$$

где $e = 2,718$, основание натуральных логарифмов;

μ — коэффициент трения между ремнем и шкивом, равный 0,25—0,6;

α — угол охвата шкива ремнем, в большинстве случаев равный 180° .



Фиг. 439. Падающий молот с ремнем

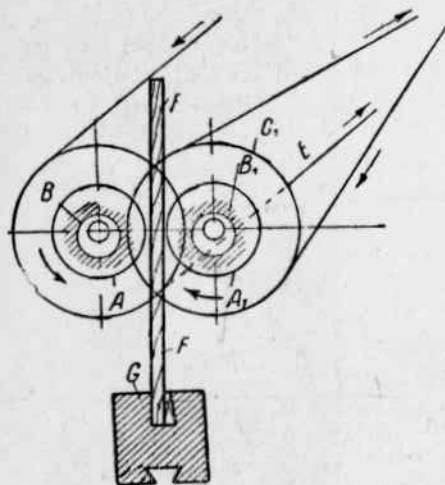


Фиг. 440. Падающий молот с доской

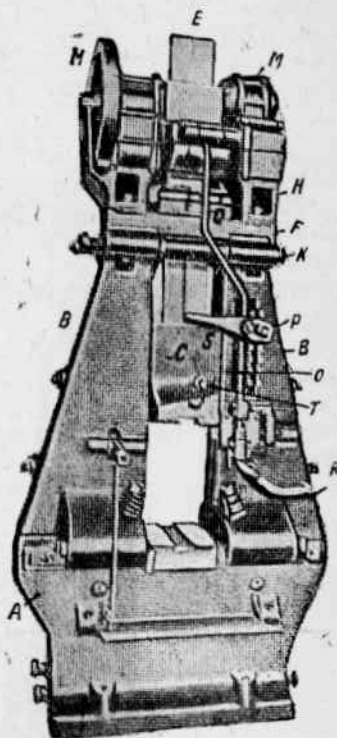
В зависимости от коэффициента трения усилие, приложенное к ремню, должно составлять от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{6}$ веса бабы. Таким образом, если допустить что максимальное усилие, которое следует принять для одного человека при натягивании ремня, будет 10 кг, то наибольший вес бабы будет 60 кг. Подобные молоты строятся на Муромском машиностроительном заводе имени КПФ. Эти молоты применяются для мелкой штамповки и имеют значительное распространение в нашем Павловском районе.

Молот с доской изображен на фиг. 440. Станины молота закреплены на шаботе. На верхней части молота имеются ролики, которые приводятся во вращение через ременную передачу от трансмиссии.

На фиг. 441 представлена схема, на которой видно, что к бабе молота G прикреплена доска F , которая находится между роликами A и A_1 . Цапфы этих роликов находятся во втулках B и B_1 . Если их повернуть, можно переместить ролики A и A_1 , таким образом, что они будут соприкасаться с доской F . Ролики вращаются всегда в направлении, показанном стрелками, и, следовательно, при их соприкосновении с доской происходит захват доски и перемещение ее вверх вместе с бабой молота. При наивысшем допустимом положении бабы происхо-



Фиг. 441. Схема падающего молота с доской



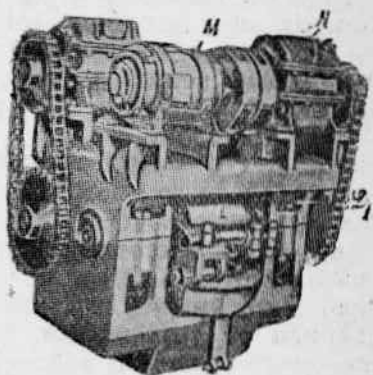
Фиг. 442. Молот с доской, работающий от отдельного мотора

дит поворот втулок B и B_1 , ролики перестают соприкасаться с доской и баба молота падает вниз.

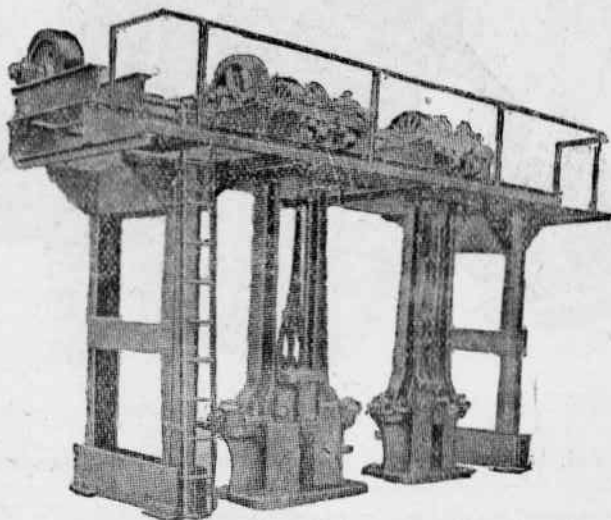
Молот, представленный на фиг. 440, работает от трансмиссии. Поворот втулок может производиться вручную или автоматически. Молоты эти устраиваются с двумя активными роликами. Освобождение тормозных колодок, удерживающих бабу молота в верхнем ее положении, производится от педали.

В некоторых случаях изготавливаются четыре ролика, что способствует сохранению доски, быстро портящейся от постоянно производимого на нее нажима роликами.

На фиг. 442 изображен молот с доской, работающий от отдельного электромотора *М*. Молот имеет стойки *В, В*, закрепленные на шаботе *А*. Баба молота *С* скреплена с доской *Е*. Доска проходит между роликами, как указано на фиг. 441. Перемещение роликов производится нажатием на рукоятку *Р*, которая связана тягой *О* с механизмом, перемещающим ролики. Тяга *О* скреплена с кулаком *С*, который может вращаться вокруг болта *Р*. Баба молота имеет штифт *Т*. При наивысшем подъеме бабы штифт *Т* перемещает кулак *С*, а последний перемещает тягу *О* таким образом, что происходит размыкание роликов и доски и последняя, будучи свободной, падает вместе с бабой молота вниз. Кулак *С* можно устанавливать на различной высоте,



Фиг. 443. Головка молота с доской и двумя моторами



Фиг. 444. Молоты с бабой, подвешенной на канате

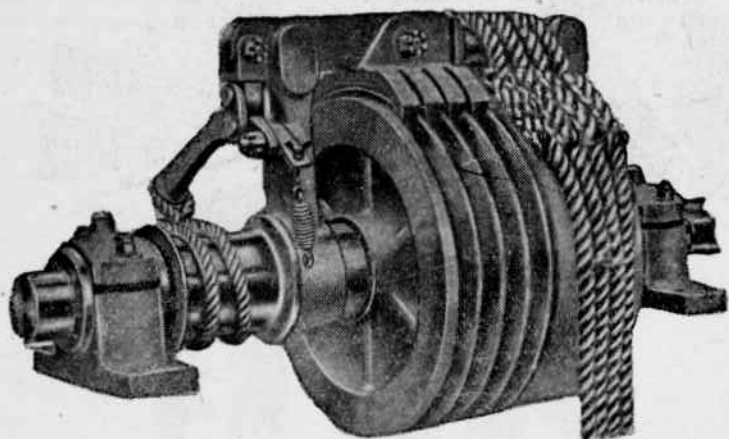
и следовательно можно работать при различных подъемах бабы молота.

Для того чтобы уменьшить износ доски, американская фирма Ири предложила делать не два, а четыре ролика, что является целесообразным, но усложняет производство. Между прочим в последнее время американцы начали изготавливать молоты с дос-

кой и двумя электромоторами. Головка такого молота представлена на фиг. 443. Мотор *M* через муфту связан с редуктором *N*, от которого посредством цепи передается движение шестеренке *L*, насаженной на вал ролика *L*. Таким образом движение от электромотора передается ролику.

Молоты с доской нашли довольно большое применение при штамповке небольших деталей. Изготавливаются эти молоты у нас в Союзе Муромским заводом КПФ и на Харьковском заводе «Серп и молот».

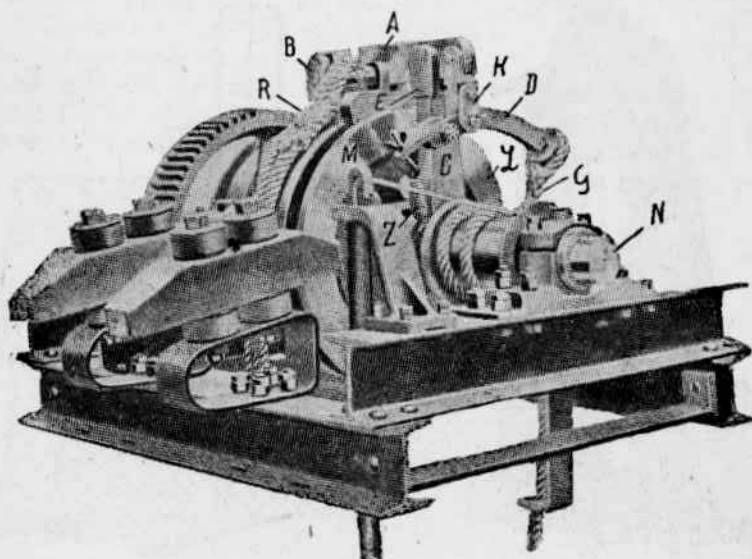
Молот с бабой, подвешенной на канате (фиг. 444). Как видно на фигуре, верхняя часть механизма молота помещается на железной конструкции, установленной на колоннах. На фиг. 444 представлена батарея, состоящая из двух штамповочных молотов. Стойки молотов прикреплены к шаботам. В верхней части имеется вал, который приводится в движение от мотора или от трансмиссии. Вал этот через шестеренную передачу передает вращение рабочему валу молота.



Фиг. 445. Головка молота с бабой, подвешенной на канате

Устройство головки представлено на фиг. 446, а общий вид на фиг. 446. Вал *N* получает постоянное вращение через шестеренную передачу от приводного вала. На этом же валу свободно насажен шкив *L* и закреплен желобчатый шкив *M*. На этот же вал надеты рычаги *B* и *C*, скрепленные переключиной *A*. К одной части переключины прикреплены канаты *R*, а к другой части — тормозные колодки *EE*. Переключина *A* одним своим концом — болтом скрепляется с серьгой *K*, шарнирно соединенной с рычагом *D*. Рычаг может качаться вокруг валика *X*. На одном конце рычага *D* действует пружина *Z*, а к другому прикреплен

канат *G*. Если потянуть за конец каната, который свешивается вниз, то рычаг *D* наклоняется и прижимает перекладину *A* с находящимися на ней тормозными колодками *EE* к шкиву *M*. Тормозные колодки входят в прорези шкива *M*, благодаря чему перекладина *A*, а вместе с ней и прикрепленные к ней канаты начинают вращаться по направлению вращения вала, что вызывает подъем бабы молота. Когда подъем бывает завершен на определенную высоту, то канат *G* освобождается и под влиянием пружины *Z* рычаг *D* поворачивается, тормозные колодки выходят из соприкосновения с шкивом *M*, и под действием веса



Фиг. 446. Верхняя часть молота с бабой, подвешенной на канате

бабы поперечина вращается в обратном направлении, а вместе с тем падает и баба.

Падающие молоты системы Шнейдер-Урбанек фирмы Эймуко. Как видно на фиг. 447, молот имеет станины, закрепленные на шаботе. Станины вверху скреплены перекладной, на которой находится цилиндр. Тяжелая баба молота подвешена к тонкому штоку молота. Молот простого действия работает сжатым воздухом, получаемым от отдельного компрессора, или паром. Воздух впускается под поршень в нижнюю часть цилиндра, вследствие чего происходит подъем поршня, связанного с ним штока и бабы молота. Подъем может быть произведен на любую часть хода поршня. При выпуске воздуха из-под поршня происходит падение бабы. В этих молотах воздух поверх поршня не впускается, почему и энергия удара определяется обычной формулой:

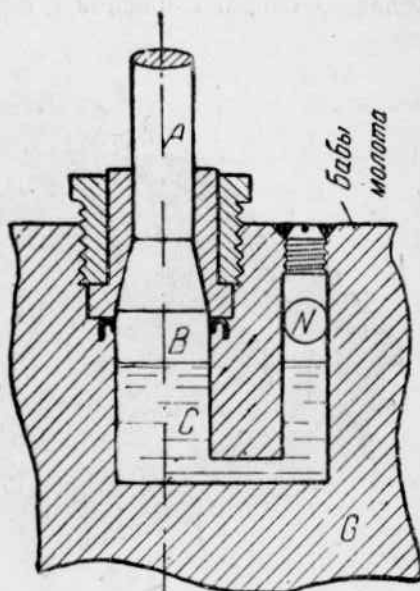
$$A = 0,95 G \cdot H,$$

где G — вес бабы и H — высота падения.

Особенность конструкции молота заключается в подвеске бабы к очень тонкому штоку, инерция которого вследствие



Фиг. 447. Падающий молот системы Шнейдер-Урбанек



Фиг. 448. Соединение штока с бабой молота Шнейдер-Урбанек

незначительного веса очень мала, что и создает благоприятные условия его работы в момент удара верхнего штампа о поковку. Кроме того, тонкий шток соединен с бабой молота таким образом, что в момент удара последний передается гидравлическому буферу, вследствие чего удар смягчается и не передается целиком штоку.

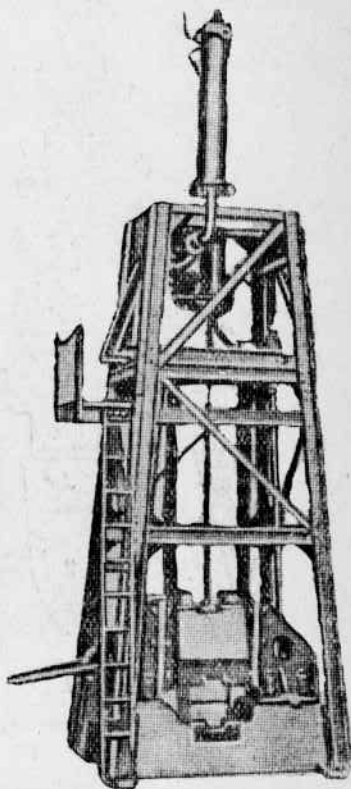
Соединение штока с бабой молота представлено на фиг. 448. Шток A своим уширенным концом входит в выточку C в бабе G молота. Выточка C сообщается с камерой N , закрытой сверху пробкой. Выточка C заполнена глицерином, а камера N — в верхней своей части сжатым воздухом. При ударе бабы молота шток A по инерции продвинется вниз и произведет давление на

глицерин, который через канал передается в камеру *N*: уровень глицерина в ней поднимется, и воздух будет сжат. После удара сжатый воздух произведет давление на глицерин, а последний — на конец *B* штока, который и займет свое нормальное положение.

Падающие молоты этой системы изготавливаются еще в другом виде (фиг. 449). Цилиндр укреплен на железной конструкции. Подобного рода молоты строятся для большого тоннажа бабы и значительной высоты падения.

Пневматические молоты системы Шнейдер-Урбанек строятся с весом бабы от 300 до 20 000 кг и высотой падения 2,1—2,2 м. Так как эти молоты предназначены для штамповки, то вес шабота берется от 15- до 20-кратного. Молоты эти тихоходны, и штамповка на них получается менее точной, чем на нормальных штамповочных молотах. Поэтому в настоящее время устанавливать их не следует.

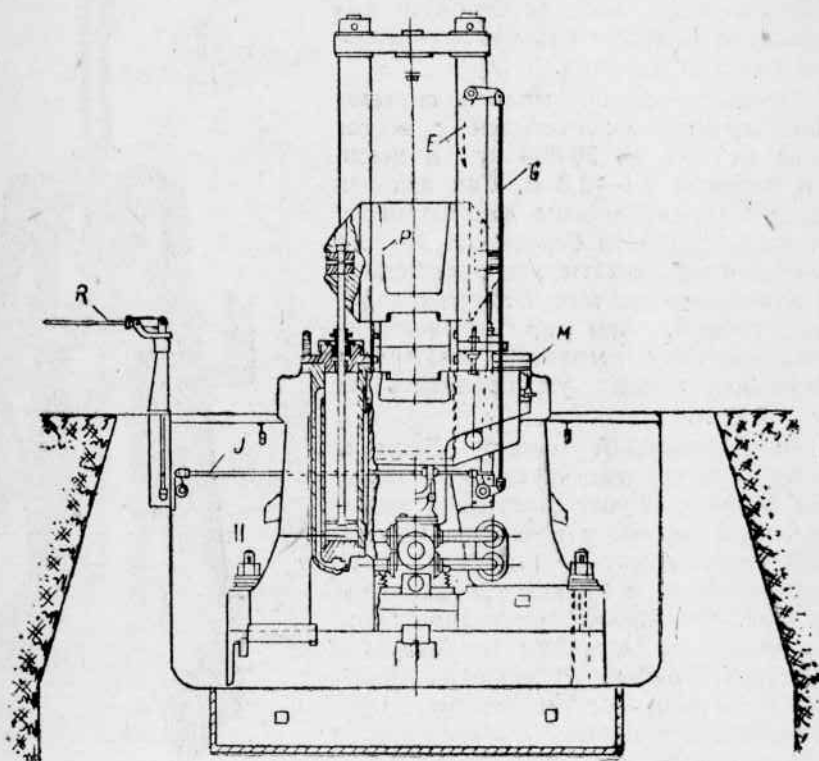
Штамповочный молот Беше и Гросс. Завод пневматических молотов Беше и Гросс построил штамповочный молот, у которого подъем бабы производится штоками двух цилиндров *M* и *M*, как представлено на фиг. 450. Штоки цилиндров своими верхними концами соединены с выступами бабы *P* молота. Молот имеет четыре направляющих, прикрепленных в шаботу и скрепленных сверху общей плитой. Молот работает на сжатом воздухе или паре. Управление молотом производится рукояткой *R*, перемещение которой через коленчатый рычаг передается тяге *I*, а от последней — золотнику для впуска и выпуска воздуха в цилиндры и из них. Тяга *I* через коленчатый рычаг соединена с вертикальной тягой *G*, а последняя — с коленчатым рычагом *E*, одно плечо которого имеет сабельную форму. При наивысшем положении баба молота отклоняет плечо рычага *E*, который перемещает тягу *G* и связанную с ней горизонтальную тягу *I* и органы воздухораспределения таким образом, что происходит автоматическая отсечка впуска воздуха. Последний, расширяясь, поднимает бабу до упора в верхнюю плиту. Для совершения удара нужно пере-



Фиг. 449. Падающий молот системы Шнейдер-Урбанек

двинуть рукоятку для выпуска снизу и впуска воздуха сверху поршня. Подобные молоты завод строит весом падающих частей от 230 до 10 500 кг. Эти молоты не получили широкого применения.

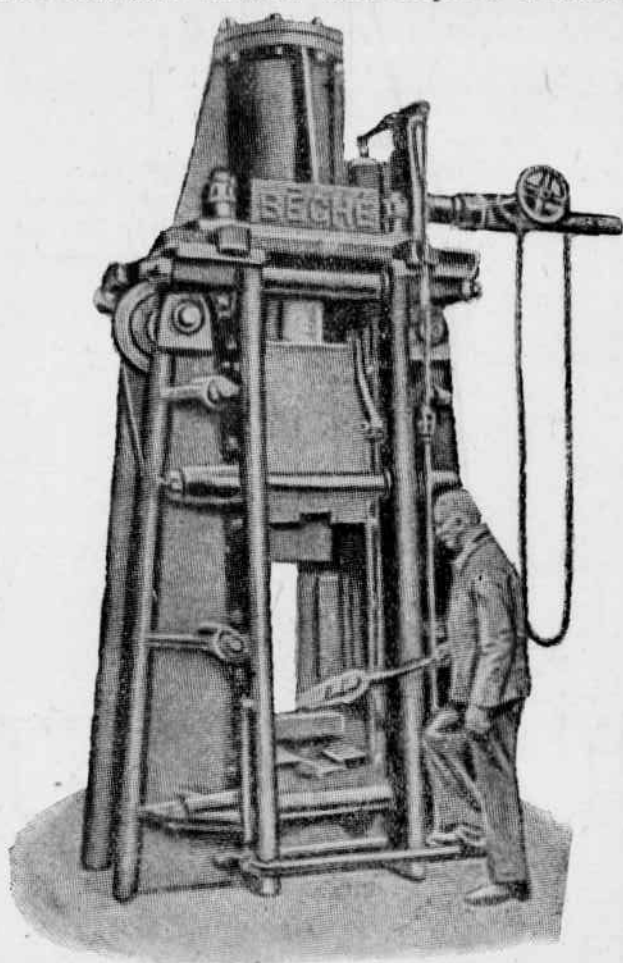
Новый бесшаботный молот Беше и Гросс. Общий вид этого молота представлен на фиг. 451 и вид спереди и разрез — на фиг. 452. Молот имеет две станины, установленные на нижней основной плите, прикрепленной болтами к фундаменту. Вверху



Фиг. 450. Штамповочный молот Беше и Гросс

станины скреплены плитой, на которой установлен цилиндр. Поршень цилиндра составляет одно целое с бабой молота А, к которой прикрепляется верхняя половина штампа. Верхняя баба молота А связана с нижней бабой В, как с одной, так и с другой стороны, проволочным канатом или стальной лентой, перекинутой через блок С. Канат прикреплен к бабам с применением буферов Е. Вес падающих верхних частей равен весу нижней бабы молота, и, следовательно, система является уравновешенной; поэтому для подъема верхней бабы требуется весьма незначительное усилие для преодоления трения поршня о стенки цилиндра, штока в сальнике баб молота, в направляю-

щих и в валиках блоков для стального каната. Как видно на фиг. 452, шток поршня имеет немного меньший размер диаметра и рабочая площадь нижней части поршня невелика и имеет

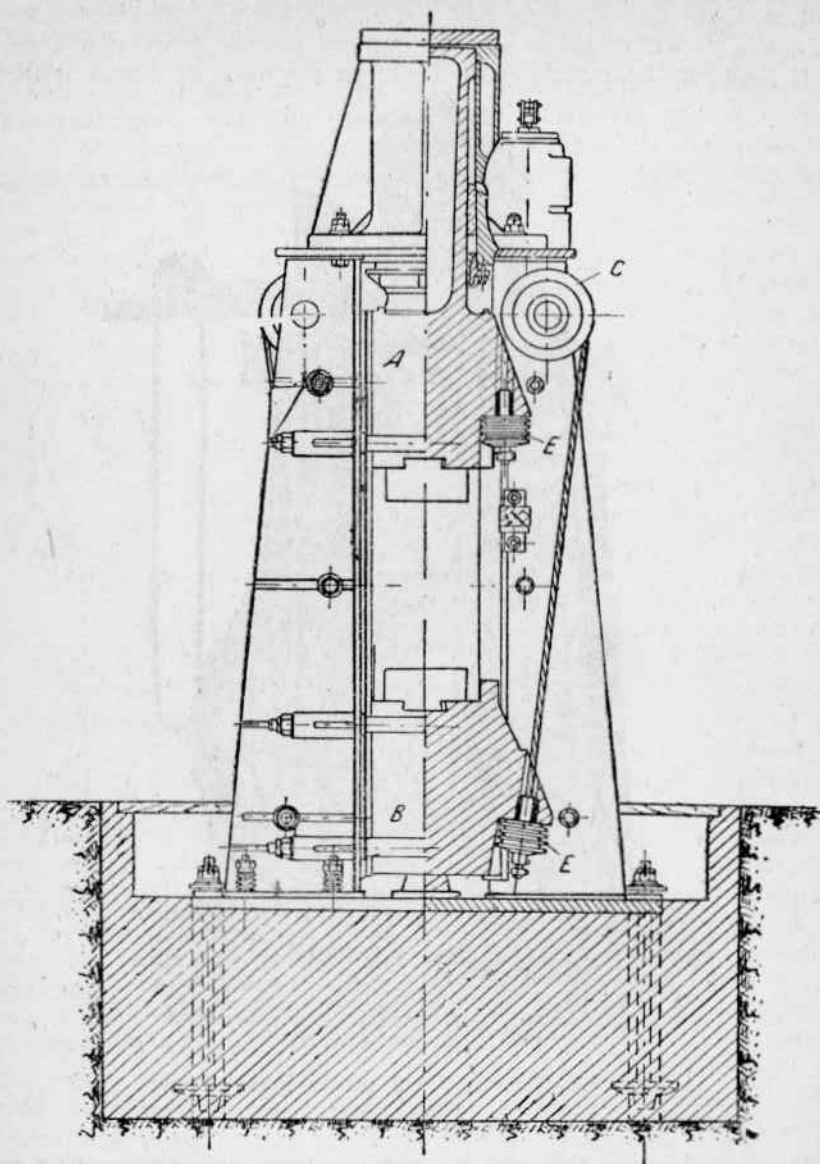


Фиг. 451. Бесшаботный молот Беше и Гросс
(общий вид)

кольцевую форму. Сжатый воздух или пар впускается под поршень, и тогда происходит подъем верхней и опускание нижней бабы.

При рабочем ходе пар или сжатый воздух впускается поверх поршня и выпускается из-под поршня. Если в конце хода бабы будут обладать скоростью v , то запас энергии каждой будет

$$A = \frac{mv^2}{2}.$$



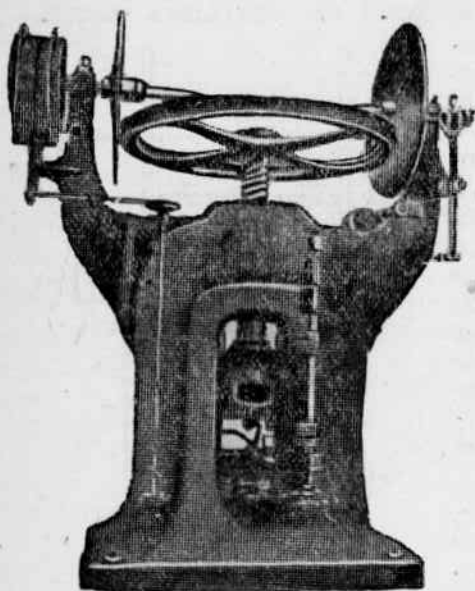
Фиг. 452. Бесшаботный молот Беше и Гросс (разрез)

где m — масса бабы, равная ее весу, разделенному на ускорение силы тяжести.

Эти молоты предназначены специально для штамповочных работ. Нижний штамп, закрепленный на нижней бабе, будет иметь меняющееся положение по вертикали, что создает неблагоприятные условия для работы.

разный конец рычага G , получающего осевое перемещение от двухплечевого рычага f , который связан с рукояткой управления.

При осевом перемещении вал MM имеет горизонтальное перемещение, причем с ободом маховика C может приходиться в соприкосновение то диск A , то диск B . При соприкосновении маховика C с диском B (рукоятка нажата) он получает вращение по стрелке l и начнет перемещаться вместе с винтом вниз, а следовательно, в том же направлении начнет перемещаться и



Фиг. 454. Общий вид винтового прессы

ползун F вместе с прикрепленным к нему штампом. После того как верхний штамп придет в полное соприкосновение с нижним, рукоятку отпускают, вследствие чего вал MM передвигается вправо и с маховиком C приходит в соприкосновение диск A , который и сообщает маховику обратное вращение, при котором винт начнет вывинчиваться из гайки и подниматься вместе с ползуном и прикрепленным к нему штампом.

Конец двухплечевого рычага f шарнирно соединен с вертикальной тягой d , которая своим другим концом системой рычагов соединена с двухплечим рычагом G . На тяге d имеются два кулака n и m , которые могут быть закрепляе-

мы в требуемом положении на тяге d . На станине имеются приливы e и h , через которые проходит тяга d . Между выступом h и кулаком n имеется пружина, которая стремится передвинуть тягу d вниз, при этом коленчатый рычаг b повернется и через тягу a повернет рычаг G таким образом, что диск B придет в соприкосновение с маховиком C и ползун начнет движение вверх. Ползун имеет с правой стороны отросток N со втулкой K , охватывающей тягу d . Когда при нажатой рукоятке ползун вследствие соприкосновения обода маховика C с диском B , двигаясь вниз, дойдет до своего нижнего положения, втулка K передвинет кулак m на тяге d вниз, что повлечет за собой отвод диска B от обода маховика C , и потому движение ползуна вплоть до удара будет продолжаться за счет накопленной энергии.

Так как перемещение вала MM влево будет продолжаться, то диск A придет в соприкосновение с маховиком C , направление вращения маховика и винта изменится и начнется подъем ползуна. Когда ползун достигнет своего верхнего положения, втулка переместит кулак n , а вместе с ним и тягу d таким образом, что вал MM займет среднее положение, при котором ни один из дисков не будет касаться маховика C , и последний будет продолжать двигаться по инерции на некотором пути.

У фрикционных прессов шаг винтовой нарезки на винте делается больше, чем это соответствует самотормозящему винту, вследствие чего винт вместе с ползуном и маховиком C , после того как будет использована накопленная энергия для подъема, вверх, сможет опускаться под действием собственного веса. Для предотвращения этого, на крупных прессах устраивается тормоз, действие которого возникает тогда, когда рукоятка занимает среднее положение. Если пресс не имеет тормоза, то держание ползуна навесу достигается периодическим кратковременным нажатием диска B , вследствие чего ползун будет иметь только небольшие перемещения вверх и вниз.

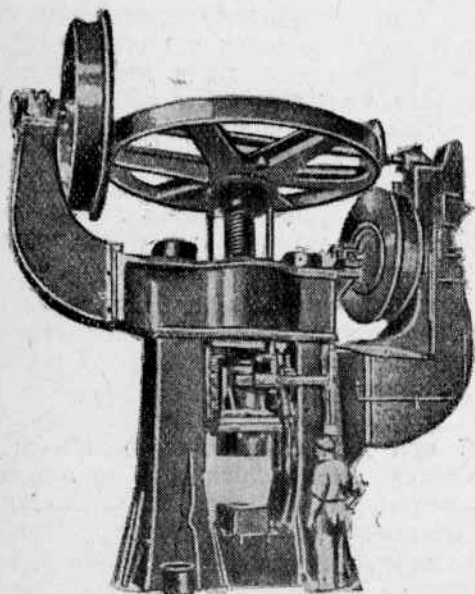
На фиг. 454 представлен пресс тяжелого типа. Верхняя часть станины связана с нижней стальными болтами. С левой стороны имеется рукоятка для перевода ремня с холостого шкива на рабочий и обратно. В описанном прессе оба диска A и B имеют одинаковый диаметр и одинаковую угловую скорость вращения. Когда маховик C при движении вниз находится в нижнем положении, то он соприкасается с диском A по окружности наибольшего радиуса, почему и скорость его вращения, а одновременно и скорость опускания ползуна будут наибольшими. При обратном ходе как винт, так и ползун должны изменить направление своего движения и притом сразу приобрести максимальную скорость, что, понятно, приводит к ударам и быстрому износу движущихся частей.

Для предотвращения этого явления фирма Газенклевер начала изготовлять прессы с диском большого размера (фиг. 455) для нисходящего движения ползуна в целях получения ползуном конечной наибольшей скорости. Для подъема же имеется диск (правый) меньшего размера, насаженный на другой вал. Когда маховик будет в своем нижнем положении, то при переключении прессы он придет в соприкосновение с диском малого размера по окружности радиуса, значительно меньшего, чем радиус левого диска. Ввиду этого начальная восходящая скорость ползуна, винта и маховика будут значительно меньше.

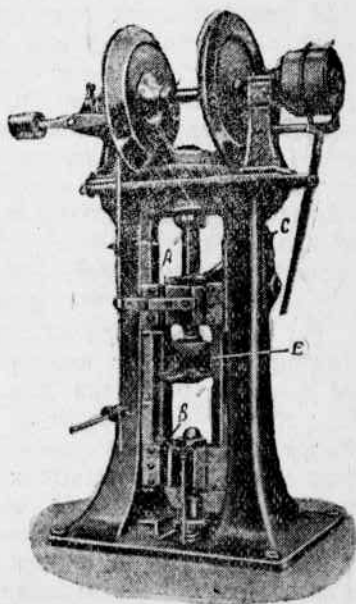
Подобные прессы завод Газенклевер строит давлением до 5000 т, и они применяются, как орудия производства для холодной и горячей штамповки.

Фрикционные прессы в нашем Союзе строит машиностроительный завод им. М. И. Калинина.

Ко второй группе фрикционных прессов принадлежит пресс Венсана, представленный на фиг. 456. Особенность его заключается в том, что винт опирается своим нижним концом в подпятник, помещенный на средней неподвижной поперечине *E*, и не может иметь вертикального перемещения. На верхнем конце винта насажен горизонтальный маховик, имеющий коническую боковую поверхность, облицованную кожей. В верхней части на



Фиг. 455. Фрикционный пресс Газен-клевер



Фиг. 456. Фрикционный пресс Венсана

кронштейнах имеются подшипники для вала, несущего на себе два диска, также с коническими рабочими поверхностями. Вал дисков получает движение через ременную передачу от привода.

Подвижная поперечина *A* (ползун) может иметь вертикальное перемещение в направляющих станины от винта, проходящего через закрепленную в ней гайку *C*. К поперечине *A* прикреплена на тягах другая нижняя поперечина *B*, в которой и помещается штамп. Устройство для пуска в ход пресса такое же, как было описано выше.

Подобные прессы применяются главным образом для штамповки болтов и заклепок. Нагретая мерная заготовка помещается в штамп, закрепленный в поперечине *B*. При подъеме выступающий конец заготовки входит в полость верхнего штампа неподвижной поперечины *E* и под влиянием давления за-

полняет полость и получает требующееся оформление, т. е. форму головки болта, заклепки и т. п. В нижней части прессы устанавливается выталкиватель.

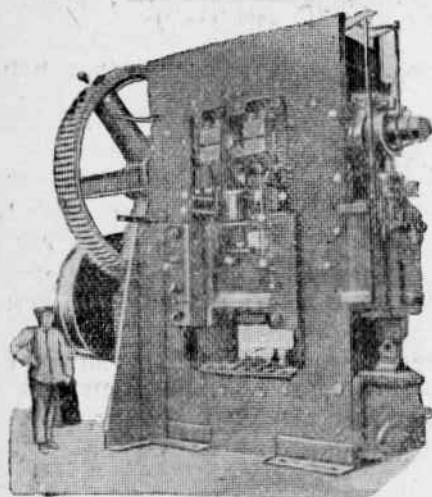
Примерная производительность прессов Венсана в зависимости от размера диаметра штампуемых болтов и заклепок представлена в табл. 48.

Таблица 48

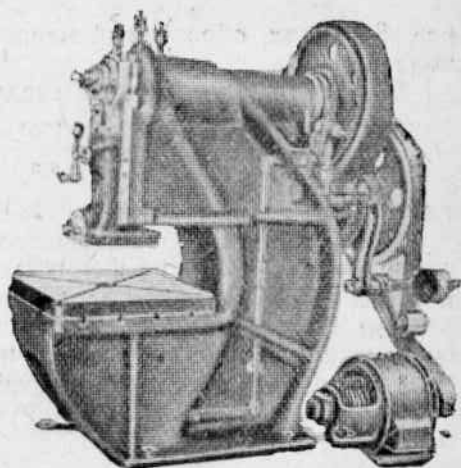
Производительность прессов Венсана

Изделие				Производительность за час штук	
болты диаметром	заклепки диаметром	болты длиной	костыли квадратные	без предварительной осадки	с предварительной осадкой
мм					
60	65	400	—	150—400	100—200
50	55	350	—	200—500	125—300
40	45	300	25	300—600	200—300
30	35	250	20	350—700	250—350
22	28	220	12	400—750	300—400
15	20	200	9	450—800	350—500
10	12	150	—	500—900	350—500

Эксцентриковые и кривошипные прессы. Для штамповки и обрезки облоя применяются также эксцентриковые и кривошипные прессы. На фиг. 457 представлен подобный тяжелый



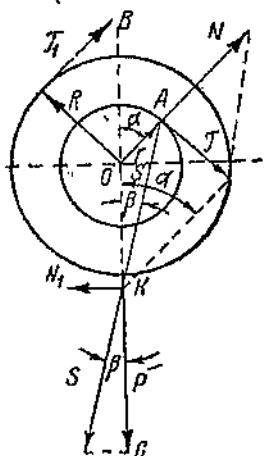
Фиг. 457. Эксцентриковый тяжелый пресс



Фиг. 458. Эксцентриковый одноцилиндровый пресс

пресс для давления до 1000 т, на котором производится и калибровка изделий. На столе пресса устанавливаются штампы. На фиг. 458 представлен одностанинный эксцентриковый пресс. На таких прессах производится не только штамповка, но и обрезака заусенцев.

На фиг. 459 представлена схема распределения усилий при определенной тангенциальной силе T_1 , приложенной к начальной



Фиг. 459. Схема распределения усилий на эксцентриковых и кривошипных прессах

окружности шестерни, насаженной на коренной вал пресса. Если обозначит через r эксцентриситет или радиус колена вала, через α — угол поворота колена от наивысшего положения в точке B , то касательная сила T по окружности радиуса r будет равна $T_1 R_1 : r$.

При повороте колена на угол α касательная сила T может быть разложена на силу N в направлении радиуса и на силу S , проходящую через центр шарнира сочленения шатуна AK с ползуном.

Перенеся силу S в точку K и разложив ее на силу P в направлении движения ползуна и силу N_1 , перпендикулярную к движению ползуна, получим, что давление пресса будет выражаться, без учета сил трения, силой P , которая может быть определена по следующей формуле:

$$P = S \cdot \cos \beta = \frac{P \cdot \cos \beta}{\sin(\alpha - \beta)}, \quad (1)$$

где β — угол, образуемый направлением шатуна с направлением ползуна.

Угол β определяется из следующего выражения:

$$\frac{L}{r} = \frac{\sin(180^\circ - \alpha)}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \quad (2)$$

где L — длина шатуна AK .

Для определения наибольшего давления пресса следует брать угол $\alpha = 177-178^\circ$, по формуле (2) определять $\sin \beta$, а по нему и самый угол β , затем по формуле (1) определять P .

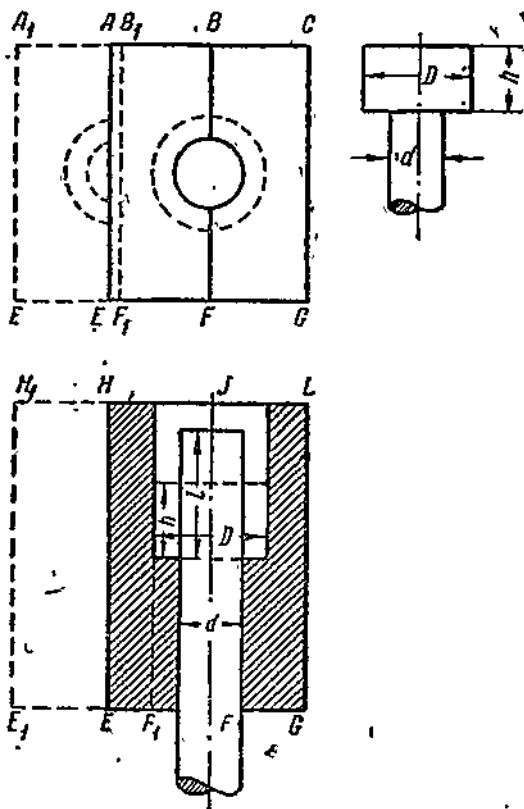
При точном расчете принимают во внимание возникающие в сочленениях механизма трения инерцию маховика, шестерен, шатуна и ползуна пресса с прикрепленным к нему штампом.

ГЛАВА XVIII

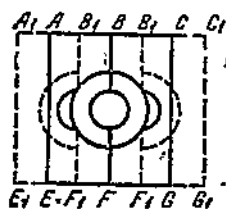
ШТАМПОВКА НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНОЙ
МАШИНЕПринцип действия горизонтально-ковочной
машины

От коленчатого вала штемпель получает прямолинейное возвратно-поступательное передвижение по горизонтальному направлению. Штемпель входит в разъемную по вертикальной плоскости матрицу AC (фиг. 460), одна половина которой BC , обычно правая, делается в большинстве случаев неподвижной, а другая — $ABFE$ — подвижной. Передвижение последней происходит через систему рычагов от вала машины таким образом, что штемпель вступает в матрицу только после ее замыкания,

На фиг. 460 представлены неподвижная матрица BC и подвижная AB , которая может отодвигаться в положение, показанное пунктиром A_1B_1 . Полость штампа имеет цилиндрическую форму для штамповки круглой головки высотой h болта диаметром d . Штамповка производится из прута круглого сечения, один конец которого нагревается на требуемую длину и вставляется в открытую матрицу таким образом, чтобы конец его выступал на длину l . Объем выступающей части прута должен соответствовать объему той головки, которую надлежит получить штамповкой. Когда матрица закрывается, то часть прута будет зажата в ручье овального поперечного сечения с большой осью, расположенной в вертикальной плоскости, а



Фиг. 460. Матрицы горизонтально-ковочной машины



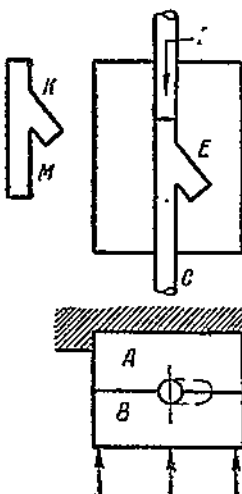
Фиг. 461. Части подвижной матрицы

малая ось расположена в горизонтальной плоскости, причем размер малой оси делается на 0,2—0,5 мм меньше диаметра обрабатываемого материала. После закрытия матрицы движением пуансона, вступающего в полость матрицы, производится осадка выступающего конца прута до высоты h . При обратном ходе пуансона матрица раскрывается, и прут с отштампованной головкой может быть вынут из штампа.

В некоторых случаях в более крупных машинах делают левую половину матрицы подвижной от вала машины, а правую — подвижной от ручного привода, как представлено на фиг. 461. Такое устройство позволяет штамповать изделие с большим диаметром осаженой части, так как большой разъем матрицы позволит вынимать отштампованную часть.

Общие положения при штамповке путем осадки на ковочной машине

Процесс штамповки на ковочной машине заключается главным образом в высадке металла, которая сопровождается перемещением частиц в направлении движения пуансона и в других направлениях от центра к периферии. Ввиду того, что полость штампа совершенно замкнута, то находящийся в ней в пластическом состоянии металл стремится заполнить объем всей полости, и давление, подобное гидростатическому давлению, распространяется во все стороны.

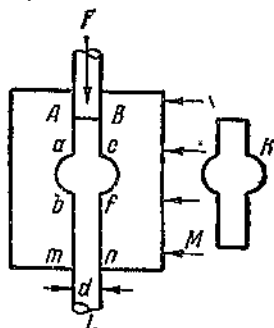


Фиг. 462. Штамп горизонтально-ковочной машины

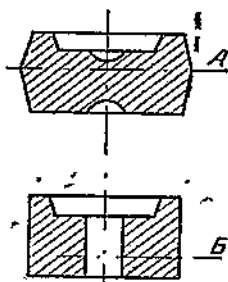
На фиг. 462 представлен штамп горизонтально-ковочной машины, в котором можно отштамповать деталь M с отростком K . Пуансон F входит в полость матрицы, производит осадку прутка и заставляет металл заполнить полость отростка E . Другим примером течения металла при осадке его в штампах может служить штамп, представленный на фиг. 463. Штемпель P , осаживая закатый в матрицах прутки, заставит металл заполнить полость abc и образовать утолщение K .

Штамповка на ковочной машине имеет некоторые преимущества перед штамповкой на молотах, так как дает возможность получать изделия с прошитой дырой, а кроме того, не требуется делать уклонов в поковке для выемки ее из штампа, как это бывает при штамповке под ковочным молотом.

На фиг. 464 представлены поковки одной и той же детали, из которых *A* получена штамповкой под молотом, а другая *B* — высадкой на ковочной машине. Первая поковка не имеет дыры, имеет большие штамповочные уклоны, благодаря чему



Фиг. 463. Течение металла при осадке его в штампе



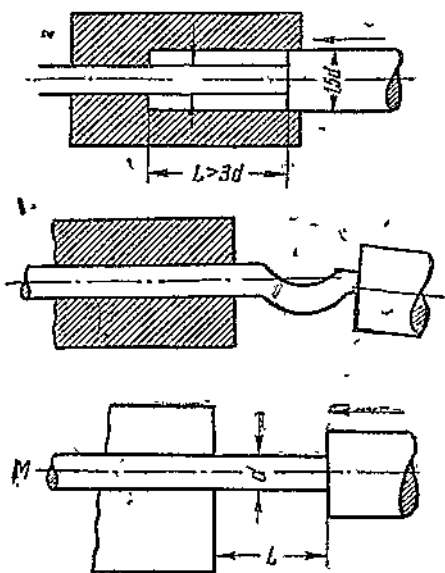
Фиг. 464. Поковки детали штамповкой под молотом и высадкой на ковочной машине

затраты металла на ее изготовление значительно больше затрат металла на деталь, которая может быть получена на высадочной машине.

При проектировании технологического процесса штамповки на ковочной машине необходимо соблюдение некоторых основных правил, заключающихся в следующем. Выступающая часть зажатого в матрицах прутка должна иметь длину L не больше $3d$ прутка (фиг. 465). Если эта длина будет больше, то произойдет не осадка, а изгиб прутка, как показано на фиг. 466.

Второе основное правило заключается в том, что при осадке выступающих из матрицы концов, длина которых больше $3d$, осадку следует производить в полости, диаметр которой равняется $1,5d$, как представлено на фиг. 467.

Третье правило заключается в том, что если часть прутка будет находиться в матри-



Фиг. 465—467.
Осадка длинных прутков

це, а часть — в пуансоне, то часть прутка находящаяся между пуансоном и матрицей, должна быть длиной не более $1,5 d$.

Весьма часто при штамповке на ковочных машинах объем утолщенной отштампованной части требует большого накопления металла, которое производится постепенно путем осадки первичного прутка. Для ускорения этого накопления применяют следующий прием. Пруток круглого сечения при первой операции осаживают на квадрат, у которого сторона равняется $1,5 d$. При второй операции квадрат осаживают на круг, у которого диаметр равняется $1,5$ диагонали.

На фиг. 468 представлены последовательные сечения при осадке этим способом. Если осаживать стержень диаметром 30 мм на круглое сечение с диаметром $1,5 d$, то площадь его будет на 27% меньше, чем если осадить этот стержень на квадрат со стороной в 45 мм. Если теперь квадрат осадить на круг с диаметром $1,5 \cdot 45 \cdot \sqrt{2}$, то получим сечение в два раза большее, чем в том случае, если бы мы и при второй операции произвели осадку на круг.

Для накопления металла применяется еще способ, представленный на фиг. 469. Выступающий конец прута попадает в точку пуансона и в первой операции производится осадка прута на конус. За вторую операцию осадка производится на круг.

Фиг. 468. Последовательность сечений при осадке

Кроме того, еще применяется способ более быстрого накопления металла, заключающийся в том, что полость штампа имеет внизу коническое расширение (фиг. 470).

Для того чтобы определить давление, необходимое для высадки, надо знать размер высаженной части и площадь. Если обозначить ее площадь через F , то по формуле Фишера можно определить давление. Формула Фишера имеет следующий вид:

$$P = 2 \cdot \alpha \cdot F \cdot \sigma_t,$$

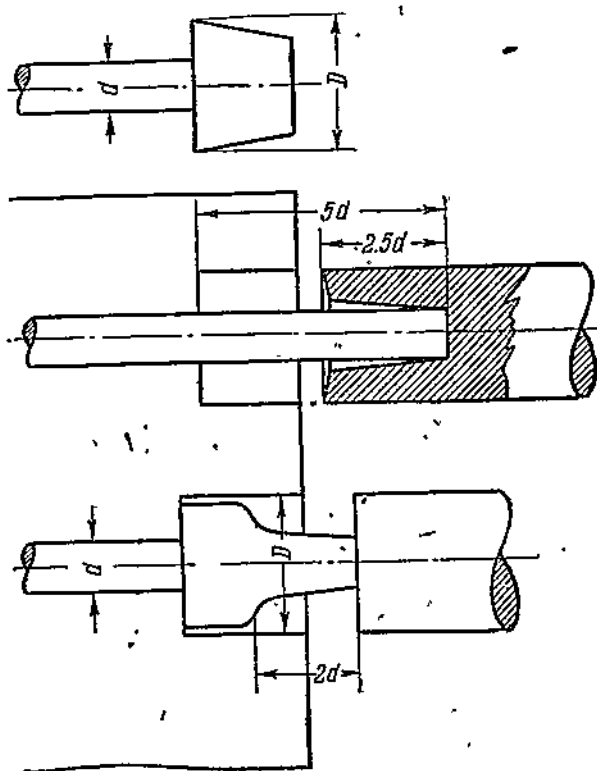
где F — площадь в мм^2 ;

α — коэффициент, равный 2 ;

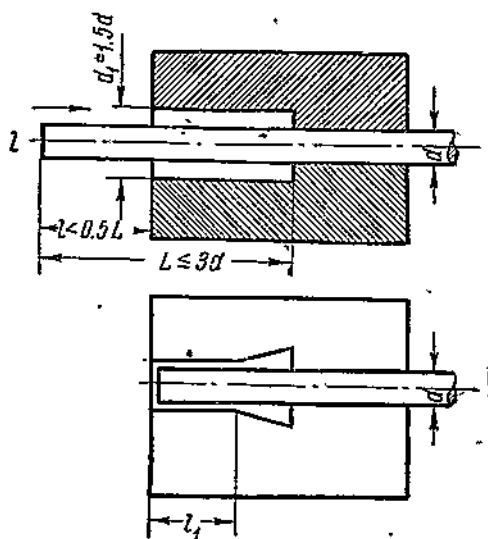
σ_t — временное сопротивление разрыву штампуемого металла при данной температуре штамповки.

По предложению Эймуко, требующееся для высадки на горизонтально-ковочной машине давление можно определить по следующей формуле:

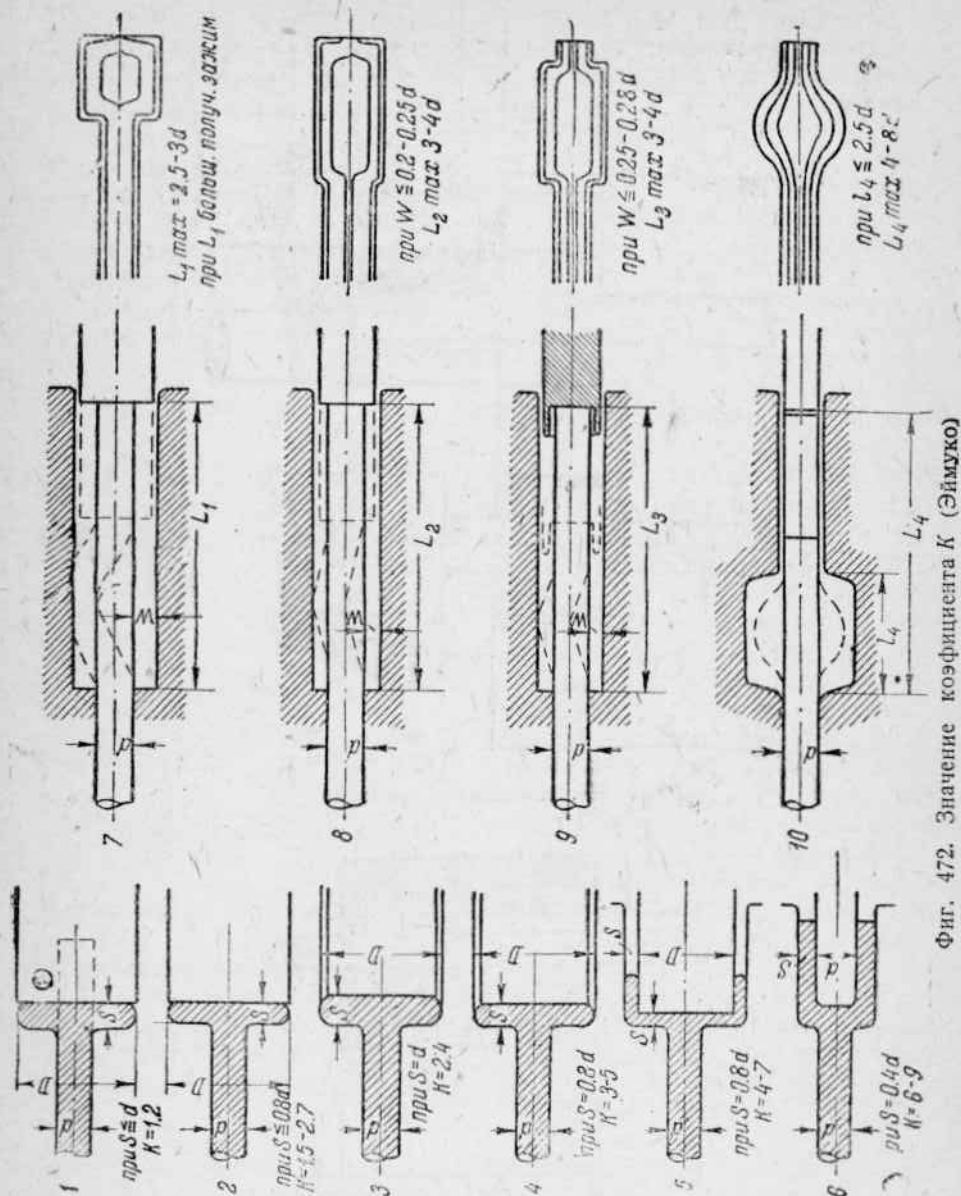
$$P = K \cdot \sigma_t \cdot F_1,$$



Фиг. 469. Накопление металла



Фиг. 470. Полость штампа с коническим расширением

Фиг. 472. Значение коэффициента K (Эймуко)

где F_1 — площадь поперечного сечения поковки;

σ_t — временное сопротивление разрыву при температуре высадки;

K — коэффициент.

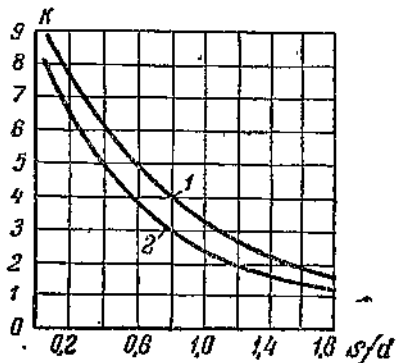
Значение коэффициента следует выбрать по схеме, фиг. 471.

Номера 1 и 2 схемы относят к штамповкам в открытом штампе в зависимости от отношения толщины осажженной части S к диаметру прутка d , так при $S \leq d$ $K=1,2$ и при $S \leq 0,8d$ $K=2,7$.

При осадке в закрытом штампе (по схемам 3 и 4) при $S=d$ $K=2,4$ и при $S \leq 0,8d$ $K=3-5$.

При осадке в закрытом штампе, когда течение металла происходит вначале перпендикулярно к оси пуансона, а затем и параллельно в направлении против рабочего хода пуансона (схемы 5 и 6), то $K=4-7$ при $S \leq 0,8d$ и $K=6-9$ при $S \leq 0,4d$.

Проф. Залесский предлагает определять значение коэффициента K из диаграммы, представленной на фиг. 472, причем для случаев 5—6 схемы Эймуко он рекомендует пользоваться кривой 1, а для случаев 3—4—кривой 2.



Фиг. 472. Значения коэффициента K (Залесский)

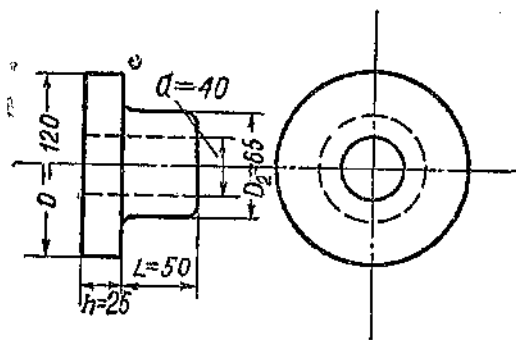
Штамповка двойной шестерни

Шестерня, представленная на фиг. 473 (после третьей операции), первоначально штамповалась на двух ковочных машинах Газенклевера марки SEU 100 (5-й) и SEU75 (40-й), причем на каждой производилось по три операции.

Затем технологический процесс был изменен и число операций сокращено до четырех, производившихся только на одной машине SEU200.

На фиг. 474 представлены операции штамповки двойной шестерни. За первую операцию производится набор металла требуемого объема, наметка отверстия и одновременно пережим металла на овальное сечение.

За вторую операцию производится оформление передней части поковки, глубокая прошивка отверстия и пережатие прутка на овал, у которого меньшая ось равна диаметру отверстия.



1 Фиг. 473. Двойная шестерня

За третью операцию оформляется задняя часть поковки и прошивается дыра диаметром 61 мм.

Четвертая операция заключается в обрезке конца штанги ножами, помещенными между вторым и третьим ручьем.

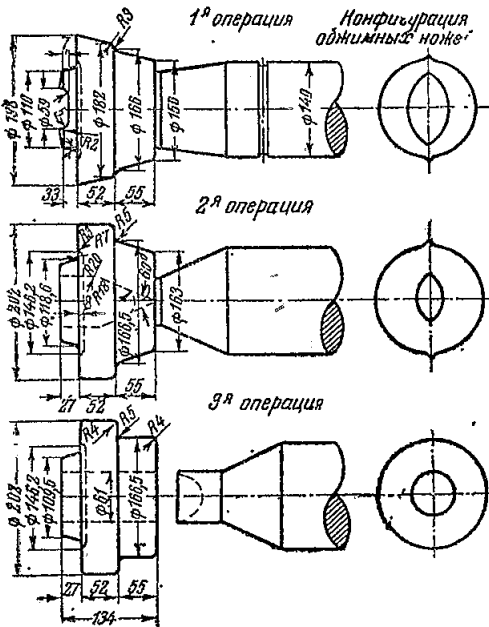
При наладке нового технологического процесса обнаружилось, что на заднем торце изделия получались зажимы, причиной которых является слишком резкий пережим прутка с диаметром 140 мм на 61 мм. Обжимные вкладыши изменялись в процессе опытных штамповок по форме и размерам, пока, наконец, отштампованная деталь не получилась без зажимов на задней торцевой части.

Штамповка этой детали производится из круглой штанги диаметром 140 мм. С одного нагрева делается до четырех поковок.

Норма за смену при работе на двух высадочных машинах была 210 шт.

При новом технологическом процессе и работе на одной машине норма была установлена в 262 шт. за смену, но была получена рекордная выработка в 389 шт. за смену.

Фиг. 474. Операции штамповки двойной шестерни



Давление P , необходимое для прошивки отверстия диаметром d , определяется по формуле:

$$P = 1,7 \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_t,$$

где S — толщина материала в месте прошивки и σ_t — временное сопротивление разрыву при температуре прошивки.

Штамповка втулки (фиг. 475). При изготовлении втулки из стали с временным сопротивлением 60 кг/мм^2 при нормальной температуре применялась горизонтально-ковочная машина, развивавшая давление 500 т.

Определить требующееся для штамповки втулки давление можно по формуле Фишера:

$$P = 4 \cdot F \cdot \sigma_t.$$

Для данного случая $F = \frac{3,14 \cdot 120^2}{4} = 11\,304$, а σ_t для температуры 800° будет 11 кг/мм^2 .

При этих данных

$$P = 4 \cdot 11\,304 \cdot 11 = 497\,576 \text{ кг} \approx 500 \text{ т.}$$

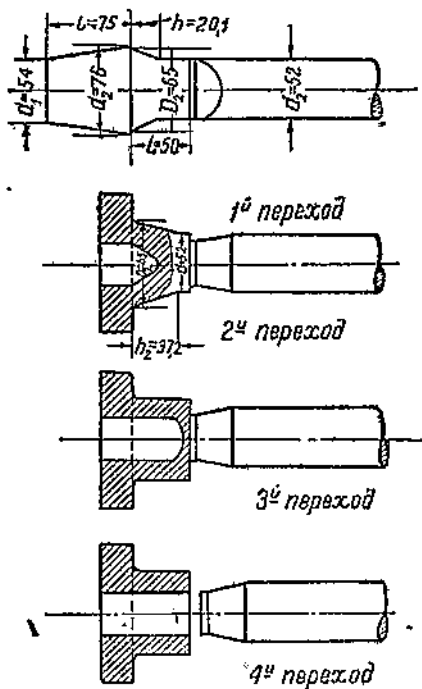
Для штамповки втулки потребуются четыре операции. Последовательность формоизменения представлена на фиг. 475. Первая операция заключается в осадке прутка диаметром 54 мм в головку формы усеченного конуса. За вторую операцию производится оформление фланца втулки и надшивка дыры. За третью операцию — окончательное оформление задней части втулки и углубление надшивки, а за четвертую — окончательная прошивка, при которой происходит отделение втулки от прутка материала.

Штамп для выполнения перечисленных выше операций представлен на фиг. 476. В последнем ручье, при прошивке прутков материала не зажимается. Для 2, 3 и 4-й операций пуансоны изготовлены составными и более срабатывающиеся части их, производящие надшивку и прошивку и изготовленные из более крепкой стали, могут легко сменяться.

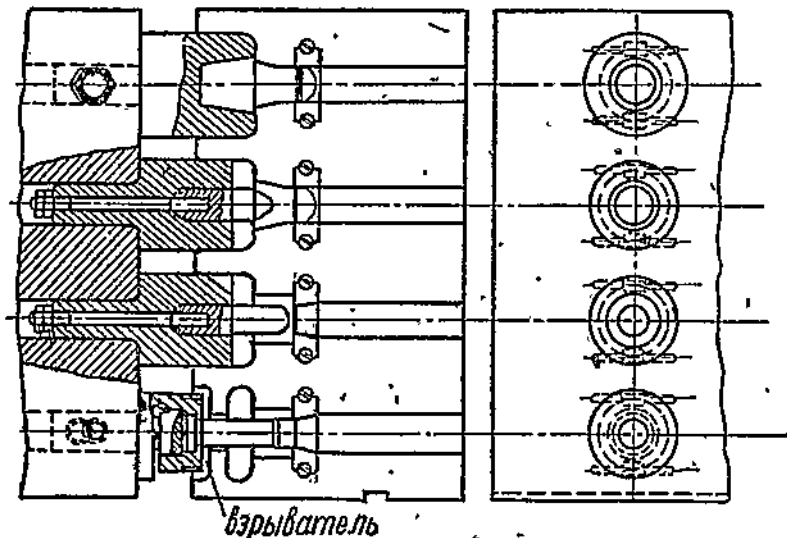
В третьем ручье вставные ножи имеют форму усеченного конуса. Они обжимают пруток в месте прилегания его к штампуемой втулке до диаметра дыры, т. е. до 40 мм.

Полости штампов изготавливаются с учетом усадки в 1,15%, и следовательно, размер диаметра полости для фланца будет $120 \cdot 1,0115 = 121,38 \text{ мм}$.

Штамповка муфты с двумя ребрами. Из фиг. 477 видно, что муфта представляет собой деталь довольно сложной формы. Штамповка ее производится за четыре операции. За первую операцию производится осадка на усеченный конус и образование малого заднего бурта, за вторую — высаживается передний бурт и формируется впадина. За третью операцию производится



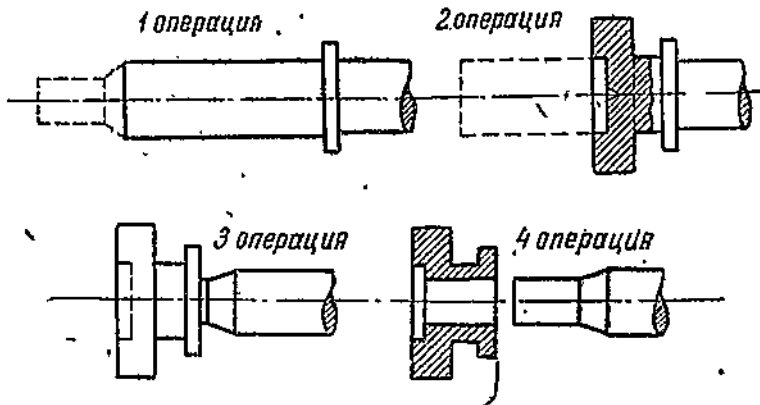
Фиг. 475. Штамповки втулки



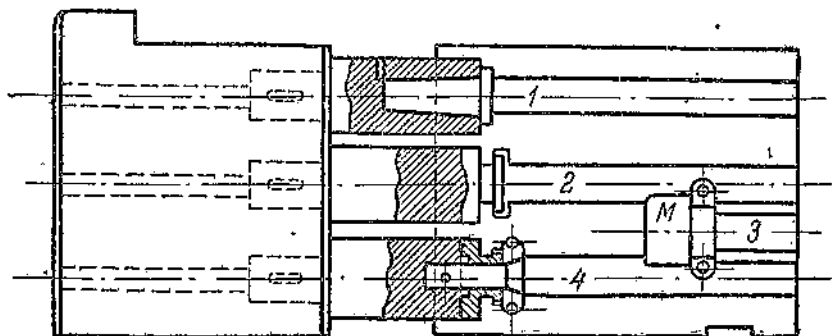
Фиг. 476. Штамп штамповки втулки

предварительная подрезка штангового материала в месте при-
мыкания к детали, и за четвертую — делается прошивка.

На фиг. 478 представлены штамп и последовательность формо-
образования при штамповке, причем после отштамповки первой
муфты конец штанги будет уже иметь не простую цилиндри-
ческую форму одного диаметра, а сложную форму, состоящую
из цилиндра небольшой длины, диаметр которого равен диаметру
дыры муфты, переходного конуса и цилиндра диаметром,
равным диаметру штанги. Форма конца ее представлена в чет-
вертой операции после прошивки.



Фиг. 477. Муфта с двумя ребрами



Фиг. 478. Штамп для муфты с двумя ребрами

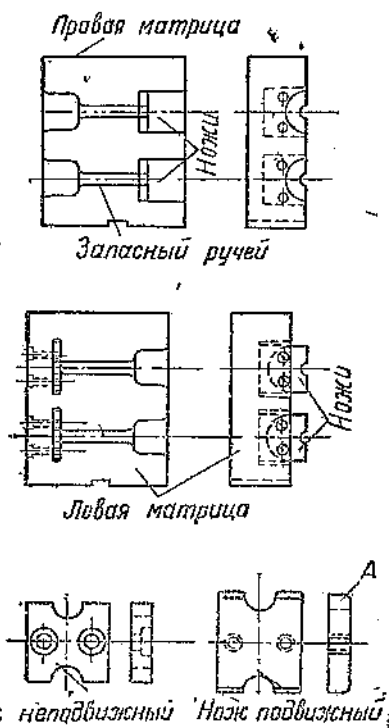
На практике довольно часто прибегают к предварительной подрезке штанги перед прошивкой дыры в ручье для того, чтобы благодаря этому упростить более сложные высадки материала (4-я операция).

На фигурах штампа видно, что ручей для третьей операции расположен, между вторым и четвертым ручьями, но позади них.

Штамповка с отрезкой от прутка. Очень многие мелкие детали высаживаются за одну операцию с отрезкой от прутка за один и тот же ход машины. Если длина детали составляет около 100 мм, то с одного нагрева можно высаживать две-три детали, благодаря чему этот метод штамповки дает высокую производительность, достигающую в некоторых случаях (штамповка толкателя трактора) до 360 шт. за час.

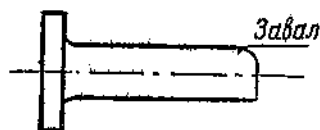
На фиг. 479 представлен штамп для штамповки с отрезкой от прутка. Штамп состоит из подвижной и неподвижной матрицы, пуансона и прикрепленных к матрицам ножей.

Когда левая матрица начнет перемещаться, чтобы сом-

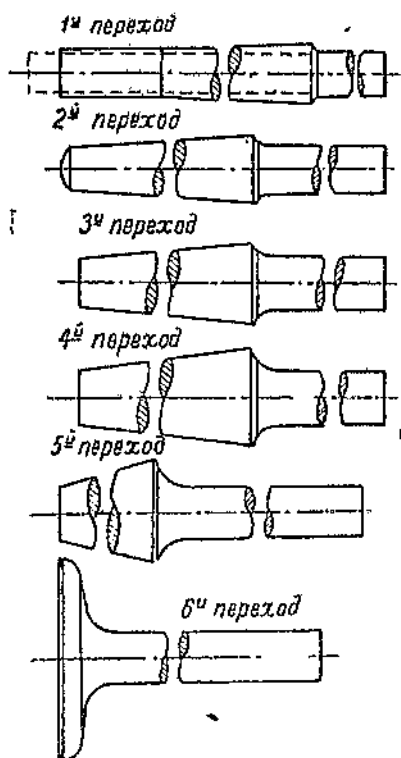


Фиг. 479. Штампы с отрезкой от прутка

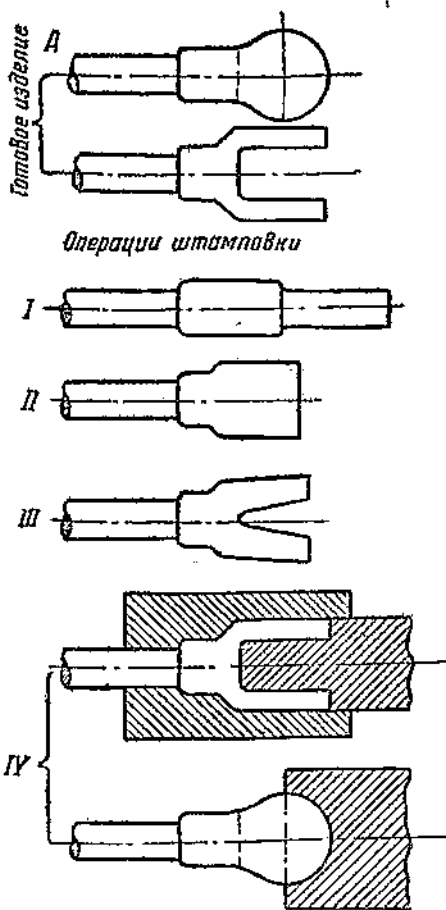
кнуться с правой, то ножи начинают врезаться в пруток, но в это время матрицы прутка еще не зажимают. Зажим прутка происходит тогда, когда подвижный нож, прикрепленный к левой матрице, зайдет за выемку неподвижного ножа на 2—2,5 мм, т. е.



Фиг. 480 Завалы от штамповки



Фиг. 480а. Порядок операций при штамповке клапана на горизонтальной ковочной машине



Фиг. 481. Штамповка вилки

тогда, когда заготовка уже будет отрезана от прутка. После отрезки и зажима заготовки пуансон производит требуемую высадку, после чего при обратном ходе пуансона матрицы раскрываются, и отштампованная деталь падает вниз.

При этом способе штамповки необходимо следить, чтобы ножи были всегда острыми, так как при притупленных ножах получаются так называемые завалы (фиг. 480), которые могут выйти из размера, и тогда при механической обработке детали получаются черновины. Как видно на фиг. 479, ножи делаются двухсторонними. Когда ножи с одной стороны затупятся, их отвертывают, поворачивают на 180° и вновь закрепляют шурупами.

Штамповка клапана. Клапаны имеют грибообразную форму, и потому основной задачей является возможно быстрый набор металла для тарелки клапана, что видно на фиг. 480а, на которой представлены последовательные формы при штамповке клапана. Штамповка производится за шесть операций.

Штамповка изделий вилкообразной формы. Многие детали, особенно удлиненной формы, имеют вилкообразную форму концов, как, например, штанги, тяги, подвески и т. п. Образование вилки может быть выполнено штамповкой на горизонтально-ковочной машине. Набор металла для образования вилки производится за несколько операций в зависимости от потребности. Для получения на конце штанги круглого сечения вилки, представленной на фиг. 481, ввиду большого объема вилки и сравнительно малого диаметра пруткового материала, приходится прибегать к двум операциям. За третью операцию происходит образование надреза и утолщенной части заготовки, а за четвертую — окончательное оформление вилки.

Иногда после осадки утолщенная часть заготовки надрезается на пиле, как показано на фиг. 482, и затем чаще всего после подогрева доштамповывается на горизонтально-ковочной машине до окончательной формы вилки.

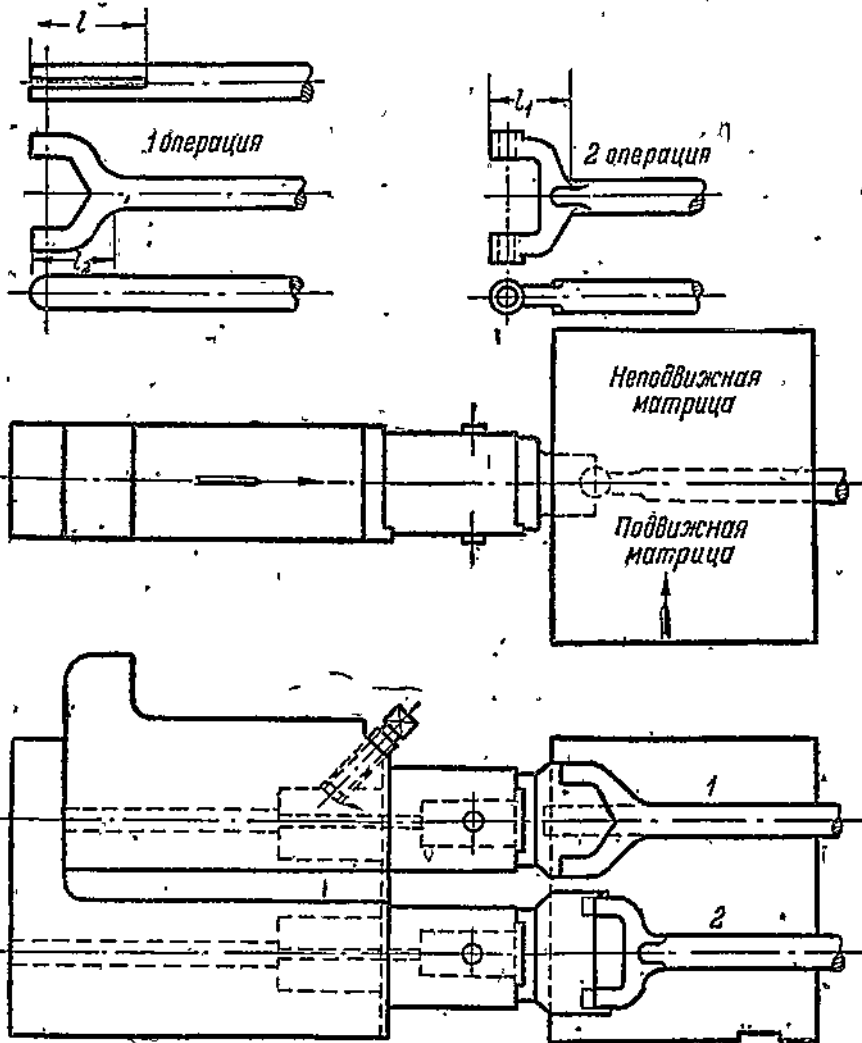
Когда требуется отштамповать вилку с широко расставленными головками (фиг. 482а), то после набора металла производится надрезка на пиле и потом штамповка, как показано на той же фигуре.

Штамповка фланца. На фиг. 483 представлены фланец и штамп для его штамповки на горизонтально-ковочной машине. Штамповка производится за две операции. За первую операцию из штанги диаметром 90 мм высаживается фланец без дыры, а за вторую — прошивка. После прошивки штанга имеет утолщение на конце, как показано пунктиром *W* на фигуре второй операции. На фигуре первой операции пунктиром показаны штанга при штамповке первого фланца и конец штанги при штамповке последующих.

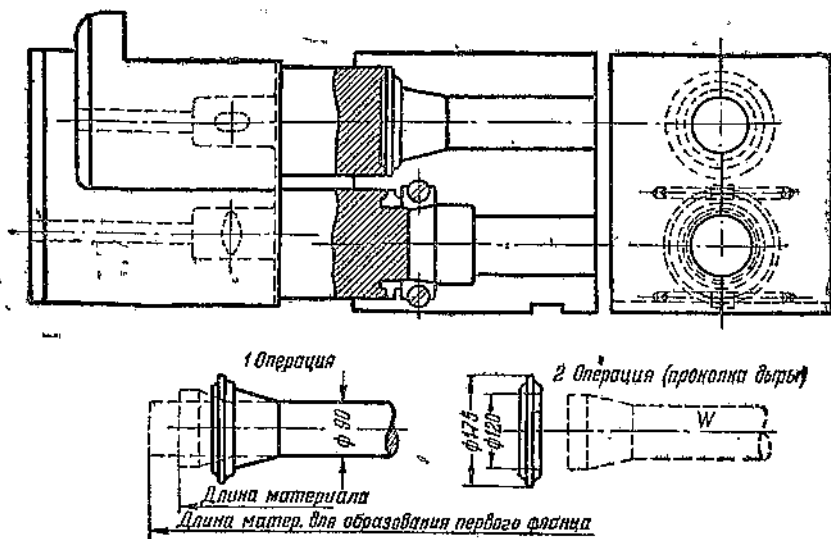
Штамповка конических колес небольшого диаметра. В станкостроении требуется большое количество цилиндрических и конических шестерен с нарезным зубом. Покovsky для таких шестерен небольшого размера могут быть изготовлены на горизонтально-ковочной машине. Отштампованные шестерни могут быть получены без дыры или с дырой.



Фиг. 482. Прорезка части заготовки на пиле



Фиг. 482а. Прорезка вилок с широко поставленными головками на пиле



Фиг. 483. Фланец и штамп для его штамповки на горизонтально-ковочной машине

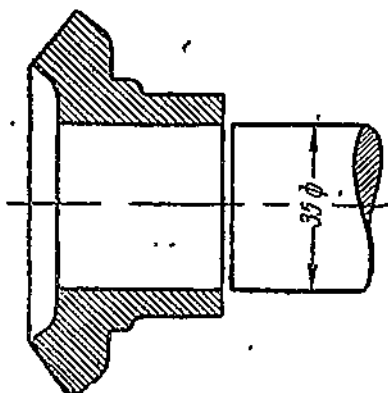
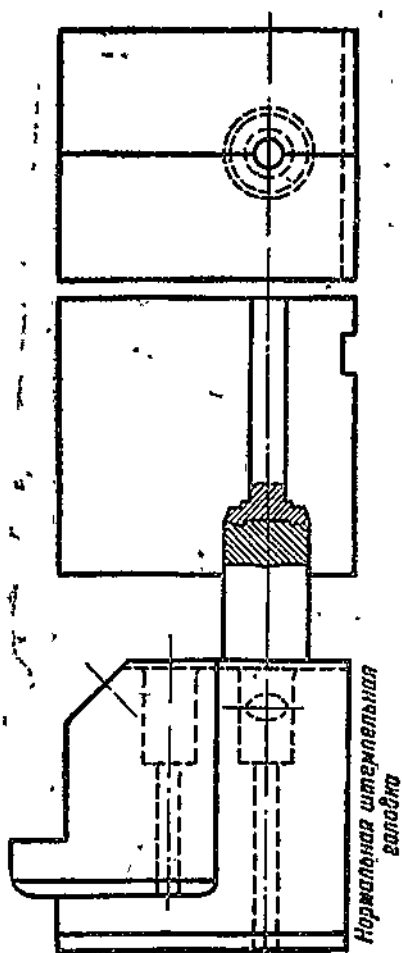
На фиг. 484 показан штамп для конической шестерни небольшого размера. После штамповки без прошивки дыры изделие отрезается на пиле от штанги.

На фиг. 485 показана отштампованная шестерня с прошитой дырой. При небольших размерах диаметра в некоторых случаях возможно вести работу без операций по накоплению материала, причем за первую операцию производится высадка с окончательным оформлением по наружной поверхности, а за вторую — прошивка отверстия.

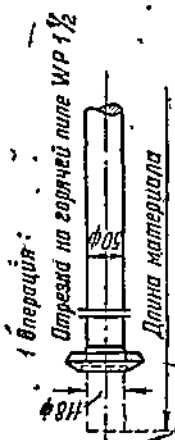
Высадка буртов, фланцев и образование раструбов у железных труб

Небольшие бурты в железных трубах можно получить осадкой конца трубы в горячем состоянии на ковочной машине. Если бурты небольшого размера, то высадка их может быть произведена за одну операцию; если бурты имеют более значительные размеры, то высадка их потребует уже набора металла за две операции. Иногда вместо последовательного набора металла на конец трубы наваривают железное же кольцо и затем уже в горячем состоянии производят высадку бурта.

На фиг. 486 представлена труба с буртом, для образования которого, если он небольшого размера, достаточно одной операции и одноручевого штампа, как показано на той же фигуре. Если бурт по диаметру значительно больше диаметра трубы и имеет значительный размер по ширине, то предварительно на

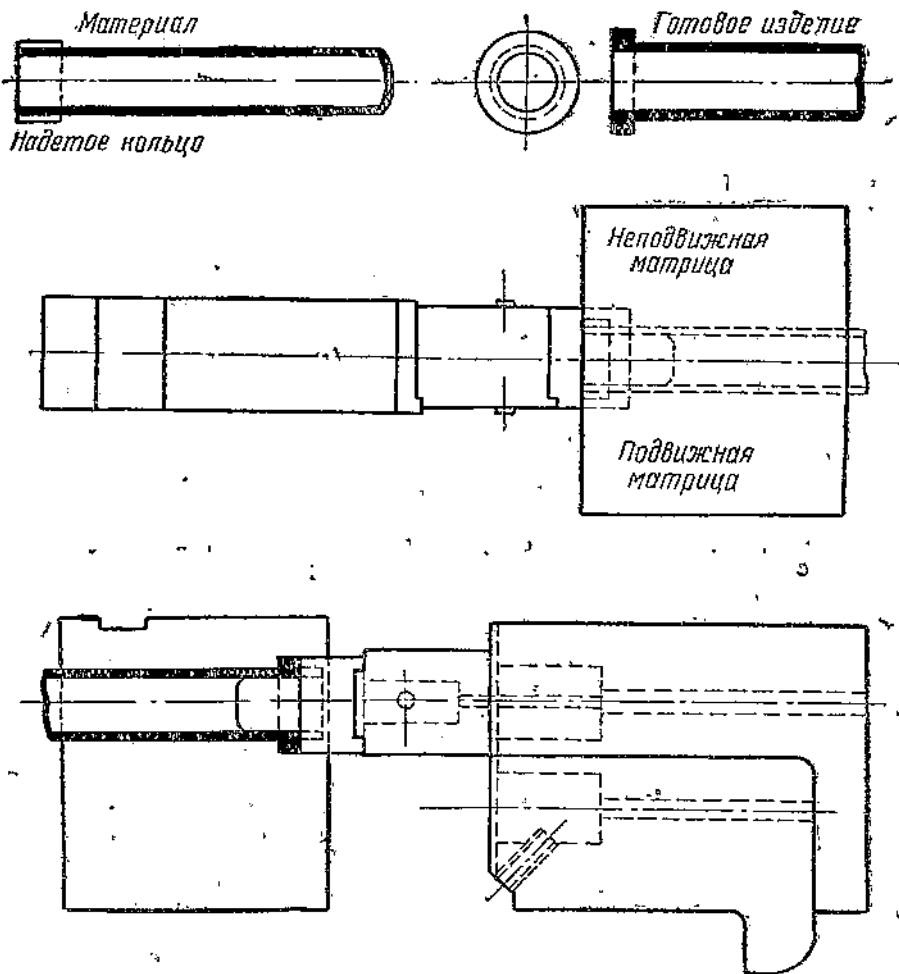


Фиг. 485. Отштампованная шестерня с прошивкой дырой



Фиг. 484. Штамп для конической шестерни

высаживаемый конец надевается кольцо, затем конец нагревается до сварочного жара и высаживается в показанном на той же фигуре штампе. Особенность последнего заключается в том, что прежде чем начнется процесс высадки, выдающаяся вперед часть



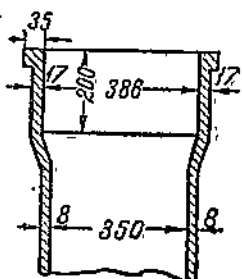
Фиг. 486. Штамповка трубы с буртом

пуансона, имеющая форму цилиндра с оформленной по сферической поверхности тыловой частью, входит в середину трубы и тем предотвращает ее сплющивание.

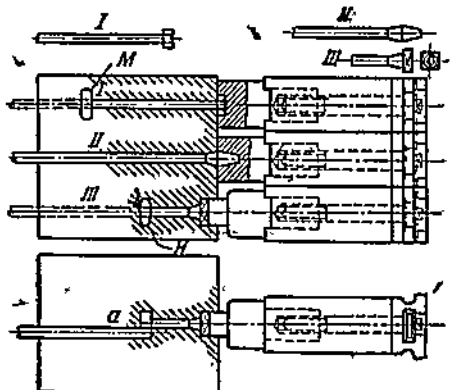
Подобным же образом производится высадка небольших фланцев на концах труб и образование раструбов. В последнем

случае пуансон сначала производит раздачу трубы на больший диаметр и потом осадку. Вид трубы с образованным штамповкой раструбом представлен на фиг. 487. Так как при сильном зажиме в матрицах возможно смятие трубы, то при штамповке делается упор, в который и упирается другой неосаживаемый конец.

Штамповка болтов. Штамповка головок болтов может производиться на горизонтально-ковочных машинах, но обычно она



Фиг. 487. Высадка и образованием раструба



Фиг. 488. Штамповка болта с шестигранной головкой

осуществляется на специальных болтовых машинах типа горизонтально-ковочных.

Болты для машиностроения в большинстве случаев имеют определенную небольшую длину. При штамповке из прутка необходимо вести работу с отрезкой изделия от прутка. Ввиду этого и штампы имеют отрезное устройство.

На фиг. 488 представлен штамп для штамповки болта с шестигранной головкой и более короткого болта с четырехгранной головкой.

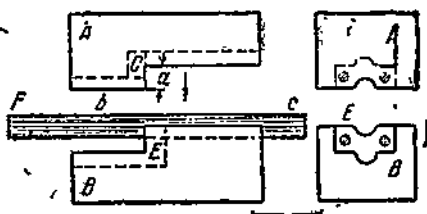
Штамповка длинного болта I с шестигранной головкой показана в первом ручье. Высадка головки производится за одну операцию, причем предварительно происходит отрезка от прутка в месте M.

При штамповке квадратной головки, но более короткого болта II, производится предварительная высадка во втором ручье головки, имеющей форму двух усеченных конусов с общим широким основанием. В третьем ручье производится окончательное оформление головки и отрезка от прутка, в месте H.

Устройство для отрезки от прутка показано из горизонтальной проекции штампа на фиг. 488а. Матрица А имеет выступ С

высотой a , подвижная матрица B имеет также выступ. В местах C и E привернуты ножи. Заложенный в матрицу пруток F при замыкании матриц отрезается, после чего отрезанная часть зажимается и производится высадка конца, причем полость для оформления головки может быть расположена в матрицах или в пуансоне.

В Европе при штамповке головок болтов и заклепок на ковочной машине нагревается конец прутка на длину, достаточную для высадки из нее головки болта требуемой формы. В Америке прут круглого железа длиной около 6 м нагревают целиком в длинной печи, выходное окно которой находится на узком фронте печи и расположено очень близко от ковочной машины. Конец нагретого прутка подается в машину через ряд направляющих роликов, которые также и выпрямляют его. Штамповка ведется с отрезкой от прутка непрерывно, пока не будет сработана вся длина прутка. Подобный способ применяется преимущественно для болтов большого размера $1''-1\frac{1}{4}''$.



Фиг. 488а. Устройство для отрезки прутка

ГЛАВА XIX

ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

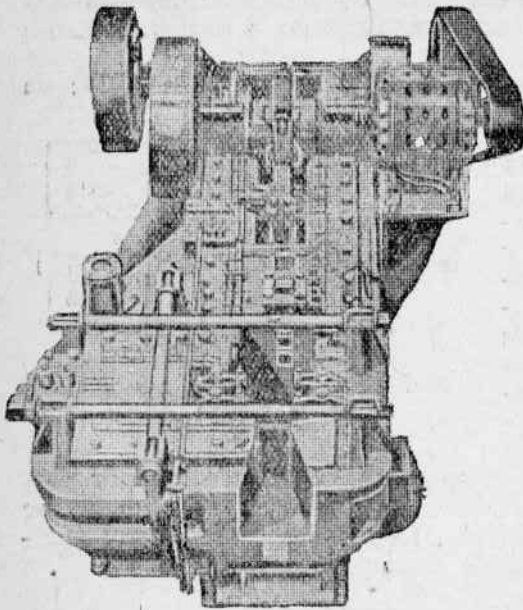
Горизонтально-ковочные машины можно разделить на две группы: к первой принадлежат машины, на которых подвижная матрица получает движение через систему рычагов от ползуна машины, ко второй — машины, на которых движение подвижной матрицы происходит через кинематическую передачу от кулаков, насаженных на главный вал машины.

К первой группе принадлежат ковочные машины известного американского завода «Аякс», старые машины завода Эймуко и машины Шисс-Дефрис.

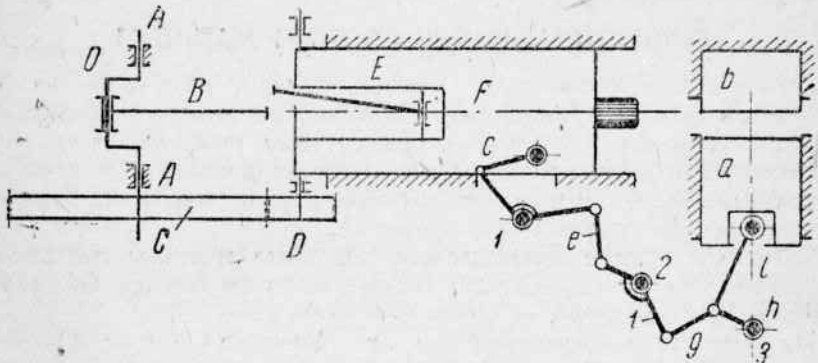
Наибольшее распространение в Америке имеет ковочная машина системы «Аякс», хотя в отношении точности получаемых штамповкой изделий машины Национальной компании, принадлежащие по своей конструкции ко второй группе, имеют несомненное преимущество. Однако машины «Аякс» оказались прочнее и меньше вызывали остановок в производстве из-за поломок. Общий вид ковочной машины представлен на фиг. 489, схема ковочной машины системы «Аякс» показана на фиг. 490.

Коленчатый вал *A* машины вращается в подшипниках, составляющих одно целое со станиной машины. На одном конце вала насажена шестерня *C*, сцепляющаяся с шестерней *D*, насаженной на вал *H*, который через ременную передачу получает движение от электромотора или трансмиссии.

Шатун *B* соединен с коленом *O*. Ползун *F* движется в направляющих, закрепленных в общей станине машины. К ползуну прикреплена другая половина шатуна *E*, которая может быть приведена в соприкосновение с прикрепленной к колену *O* частью шатуна *B*. К передней части ползуна *E* прикреплены пуансонодержатели, а к последним—пуансоны. К верхней части ползуна шарнирно прикреплен серьга *e*, которая другим своим концом соединена шарнирно с коленчатым рычагом, имеющим вращение в точке *l*. Посредством серьги *e* коленчатый

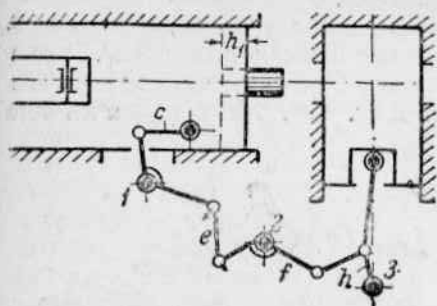


Фиг. 489. Общий вид горизонтально-ковочной машины «Аякс»

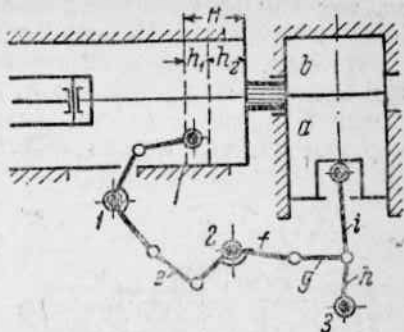


Фиг. 490. Схема горизонтально-ковочной машины системы «Аякс»

рычаг *1* соединен с коленчатым рычагом *f*, имеющим вращение вокруг точки *2*. Конец рычага *f* через серьгу *g* соединен с рычагами *h* и *l*, из которых рычаг *h* вращается вокруг точ-



Фиг. 491. Крайнее положение ползуна в момент закрытия матриц



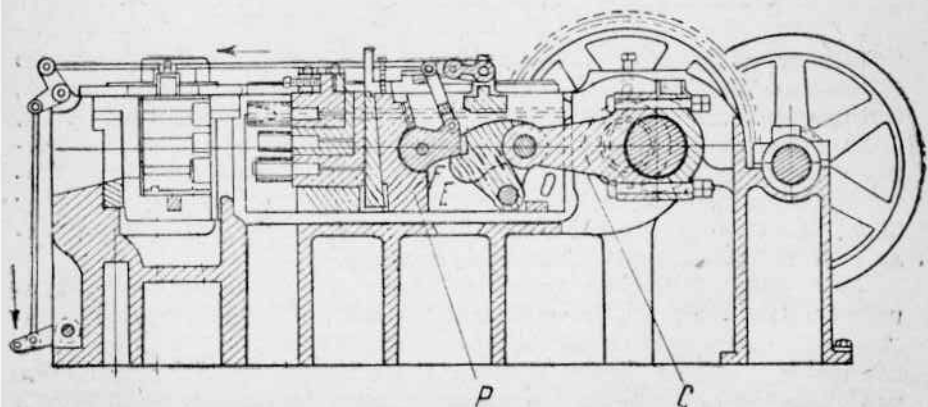
Фиг. 492. Положение при производстве высадки пуансоном

ки 3, а рычаг l своим другим концом шарнирно соединен с подвижной матрицей a . Матрица b неподвижна.

Из описания схемы видно, что кинематическая передача от ползуна к подвижной матрице имеет три неподвижные точки 1, 2 и 3. Схема фиг. 490 соответствует положению колена в крайней мертвой точке, при котором ползун имеет крайнее наиболее удаленное от матриц положение, и матрицы раскрыты.

На фиг. 491 представлен момент закрытия матриц a и b , что происходит тогда, когда ползун пройдет путь h_1 .

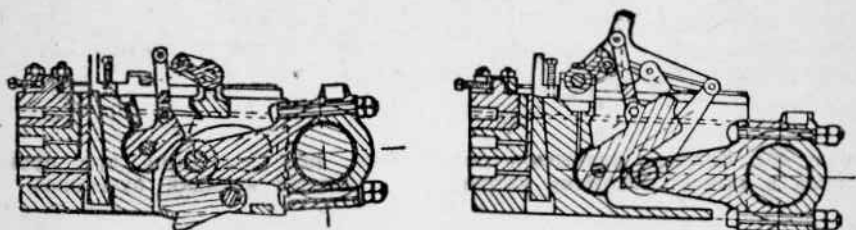
На фиг. 492 представлено положение, при котором пуансон производит высадку. После закрытия матриц ползун продвигается в направлении к матрицам на величину h_2 , причем во все это время матрицы остаются закрытыми. Затем начинается обратный ход ползуна, матрицы раскрываются, ползун останавливает-



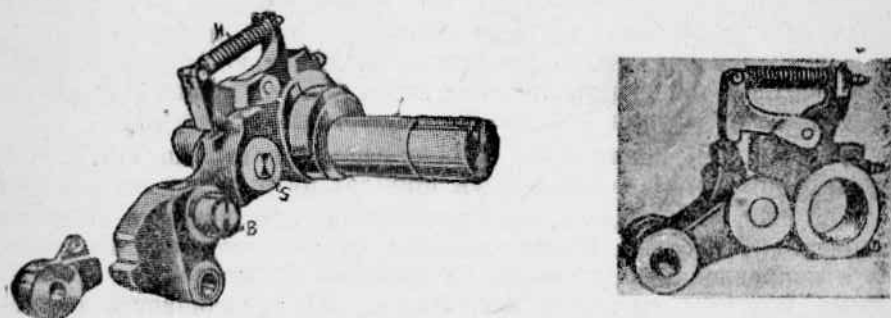
Фиг. 493. Разрез горизонтально-ковочной машины системы «Аякс»

ся, так как происходит разъединение шатуна *B* с *E*, после чего изделие может быть вынута из штампа.

На фиг. 493 представлен разрез машины «Аякс», причем шатун *C* соединен с рычагом *F*, прикрепленным к ползуну *P*. Когда рычаг *F* поднимется, то связь между шатуном *C* и ползуном нарушается, что можно видеть на фиг. 494. На шатуне иногда



Фиг. 494—494а. Подъем рычага



Фиг. 495—496. Работа пружины при сопротивлении металла

устанавливается предохранитель. Шатун делается из двух шарнирно связанных между собой частей, причем центр шейки колена, ось шарнира *S* и другого *B* не лежат на одной прямой (фиг. 495). Если пуансон встречает чрезмерное сопротивление деформируемого металла, то пружина *И*, стягивающая две половинки шатуна, растягивается, зубец *A* одной части шатуна выскакивает (фиг. 495 и 496), половинки шатуна поворачиваются вокруг валика *S* и прекращают нажим на ползун.

Это приспособление очень полезно в отношении предохранения вала машины от поломки. На фиг. 493 представлен продольный разрез горизонтально-ковочной машины «Аякс». Все ковочные машины имеют пусковой механизм такого устройства, что после включения вал машины делает только один оборот и останавливается при раскрытых матрицах.

Далее помещена табл. 49, содержащая главные размеры и другие данные горизонтально-ковочных машин американской компании «Аякс». В Америке мощность машины определяется диаметром выходящего этой машиной прутка. В Европе горизонтально-ковочная машина характеризуется тем давлением, которое может развить машина.

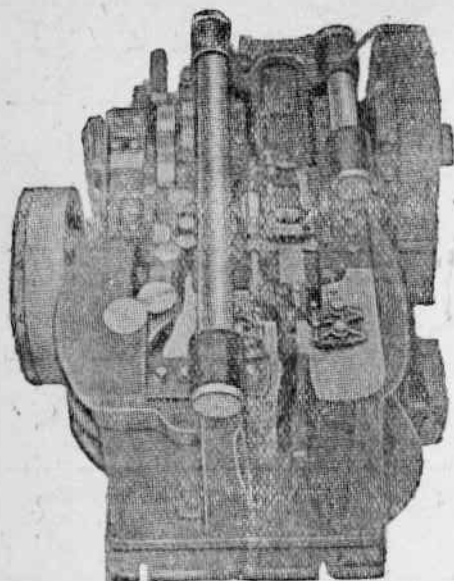
Из последних полученных из США каталогов фирмы Аякс видно, что она начала строить горизонтально-ковочные машины с такой кинематической передаточной, как и у фирм Нейценел, причем главный ползун и ползун поперечной матрицы имеют оторочки, которые движутся в дополнительных направляющих. Машины имеют на главном валу пусковую пластинчатую фрикционную муфту, приводимую в действие сжатым воздухом.

В Европе машины, аналогичные

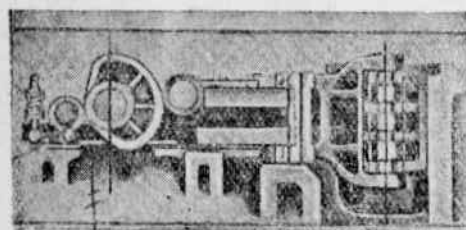
Таблица 49

Главные размеры (в дюймах) и вес горизонтально-ковочных машин «Аякс»

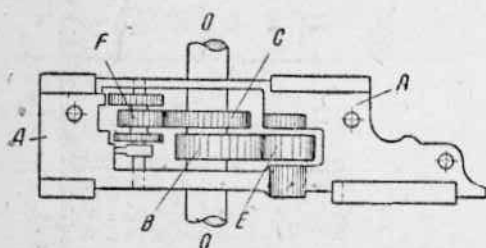
Наименование	Размер круглого материала в дюймах										
	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	7
Размер матрицы	11	12	13	14 1/2	16	18	20	22	25	28	30
Высота	4 1/2	5	5	5	5	7	7	7	8	11	11
Ширина	11	12	13 1/2	16 1/2	17 1/2	13	15	18	22	24	26
Длина											
Открытие матрицы	2 1/8	2 1/4	2 5/8	3	3 3/8	4,5	4,5	5	6	7	8
Ход штемпля	5 5/8	6 3/8	7 1/8	7 7/8	8 3/8	11	11 3/4	13 1/2	15 1/2	17 1/8	21 1/4
Число об/мин	90	80	75	60	60	55	50	37	34	27	26
Электродвигатель, л. с.	5	7 1/2	10	15	15	20	20	25	30	50	78
Площадь зажимная	7 6" X 4 6"	8 4" X 4 1/2"	10 4" X 4 1/2"	11 7" X 7 6"	13 1" X 7 10"	9 15" X 16"	9 6" X 16"	10 6" X 20"	11 9" X 20"	13 2" X 22 1"	14 X 24 8"
Вес, т.	7	9	13	17,5	22	32	37,5	52,5	67,5	90	115



Фиг. 497. Общий вид горизонтально-ковочной машины Нейшенел



Фиг. 498. Разрез горизонтально-ковочной машины Нейшенел



Фиг. 499. Боковой ползун и сидящие на нем ролики

машинам «Аякс», с тремя неподвижными точками строит западноевропейский завод Шисс-Дефрис. У этих машин шатун составной—из двух частей и имеет предохранительное приспособление. Завод выпускает машины давлением до 1200 т, смотря по требованию, с одной левой подвижной матрицей или с двумя подвижными.

Горизонтально-ковочная машина американской Национальной компании (Нейшенел)

Этот тип машины имеет одну неподвижную точку в кинематической цепи, передающей движение от вала машины к подвижной матрице. При штамповке на этих машинах можно получить более точные по форме и размерам изделия по сравнению с таковыми же, изготовленными на машине «Аякс».

В СССР эта система ковочных машин принята для изготовления на наших заводах, но с усиленным валом и некоторыми другими измененными деталями, которые часто подвергались поломке в американских машинах Национальной компании.

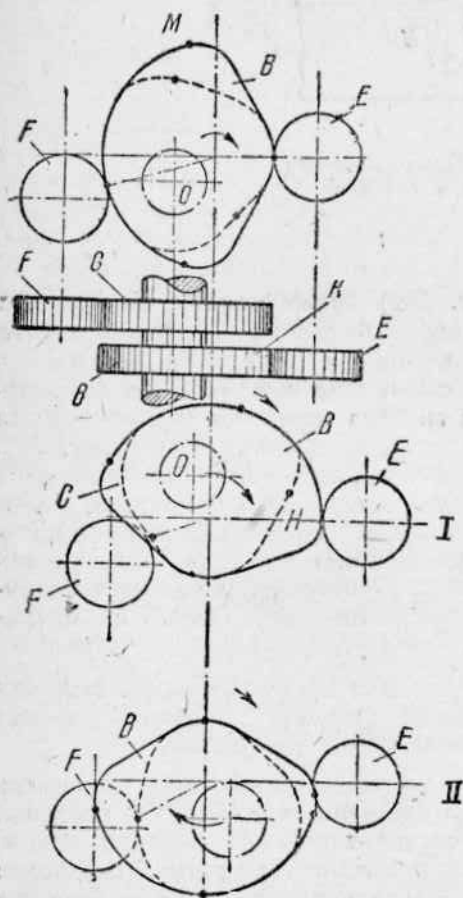
На фиг. 497 представлен общий вид горизонтально-ковочной машины Нейшенел, а на фиг. 498—разрез машины левее рычагов подвижной матрицы. Коленчатый вал машины получает вращение через

шестеренную передачу от отдельного электромотора или от трансмиссии. Стальная станина скреплена сверху болтами большого диаметра. Ползун получает свое возвратно-поступательное перемещение от коленчатого вала через шатун, который в этой машине предохранительного устройства не имеет.

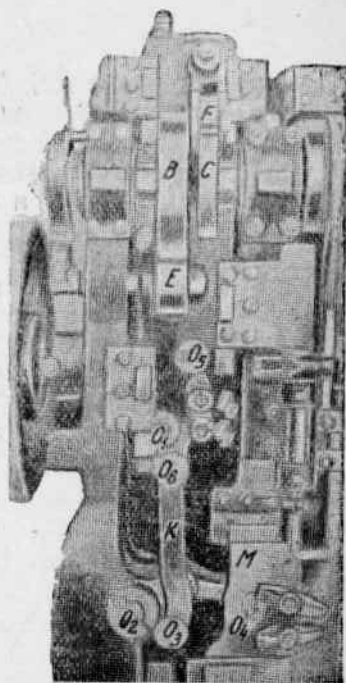
Левая подвижная матрица получает свое перемещение от главного вала O машины через кинематическую передачу, представленную на фиг. 499.

На валу машины насажены два кулака, из которых один B управляет перемещением для закрытия матрицы, а другой C — для открытия. На подвижной раме A закреплены два ролика, из которых E соприкасается с кулаком B , а F — с кулаком C .

На фиг. 500 представлены кулаки B и C и ролики в различных положениях. При положении, представленном на фиг. 500, I , левая мат-



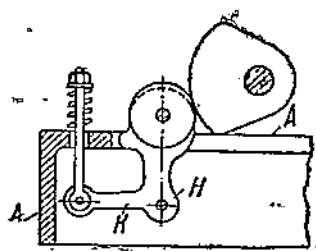
Фиг. 500. Схема передвижения бокового ползуна вперед и назад



Фиг. 501. Кинематическая передача для открытия матриц

рица сомкнулась с правой и остается в таком положении, пока кулак K , вращаясь по направлению стрелки, не дойдет своей точкой H к ролику E . После этого начинается действие кулака C на ролик F (фиг. 500, II), вследствие чего рама A начнет перемещаться влево, что поведет к открытию матрицы M .

Связь рамы A с подвижной матрицей осуществляется через систему рычагов (фиг. 498 и 501). Положение деталей на фиг. 501 соответствует открытой матрице.



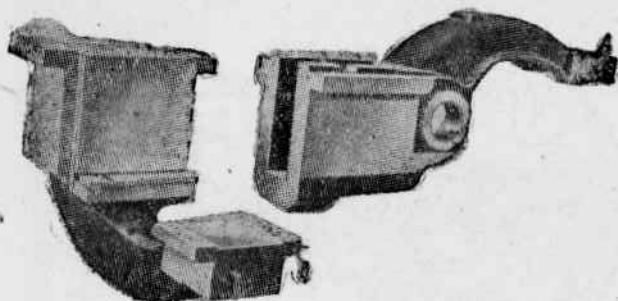
Фиг. 502. Схема крепления ролика к станине

Коленчатый рычаг HK (фиг. 502) своим концом K связан с тягой, на выступающий из рамы A конец которой надета пружина, упирающаяся одним концом в раму A , а другим — в гайку, закрепленную на конце тяги. Под влиянием растягивающей пружины рычаг KH и вся система передачи сохраняют при нормальной работе положение, представленное на фиг. 501. Если для закрытия матриц встретится какое-либо препятствие в виде случайно попавшего между ними куска металла, болта или какой-либо детали, то, принимая во внимание продолжающееся движение рамы A под влиянием возросшего сопротивления, коленчатый рычаг HK поворачивается, и сжимается пружина, при этом нарушается кинематическая связь с матрицей M .

Из вышеизложенного ясно, что для предотвращения поломки машины в кинематической передаче от вала к матрицам имеется очень хорошее и надежно действующее устройство.

Пуск машины осуществляется через включение пусковой муфты нажатием на педаль, соединенную с муфтой системой коленчатых рычагов и тяг. На случай перегрузки ползуна, например при высадке слабо нагретого металла, в машине Нейшенел помещен во втулке маховика предохранитель, что однако не предотвращало поломку вала. Машины типа Нейшенел, изготовляемые у нас в СССР, имеют усиленный вал.

Особенностью машин Нейшенел является форма ползуна, имеющего отросток с поползушкой А (фиг. 503) на конце, которая перемещается в направляющих. Таким образом, ползун, кроме передней движущейся в направляющих части, имеет еще и в своей задней части дополнительное направление.

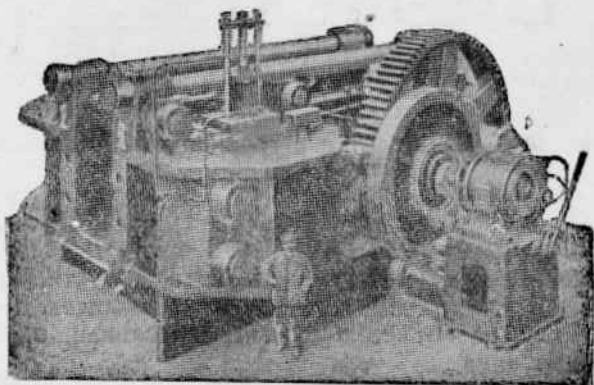


Фиг. 503. Ползуны

В последние годы фирма Нейшенел строит машины с пусковой пластинчатой фрикционной муфтой, приводимой в действие сжатым воздухом. Муфта рассчитана на определенный крутящий момент; при перегрузке машины крутящий момент главного вала возрастает, и если он превысит максимально допустимый, то машина остановится. Таким образом эта муфта играет роль предохранительного устройства.

Горизонтально-ковочная машина Эймуко

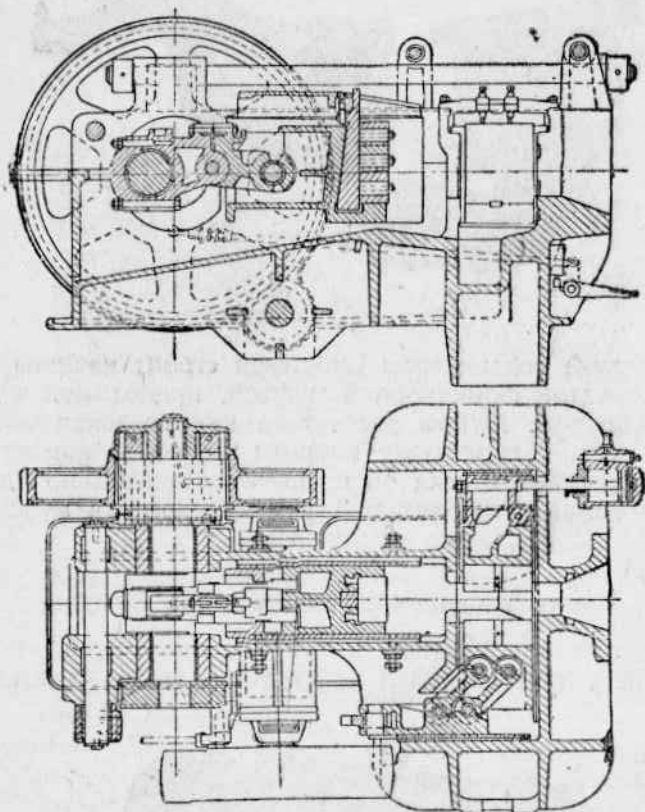
Эта машина принадлежит к типу машин с одной неподвижной точкой и имеет в своей конструкции много оригинального.



Фиг. 504. Общий вид горизонтально-ковочной машины Эймуко

На фиг. 504 представлена ковочная машина Эймуко, получающая движение от отдельного электромотора через леник и шестеренную передачу. На фиг. 504а представлены вертикальный и горизонтальный разрезы машины.

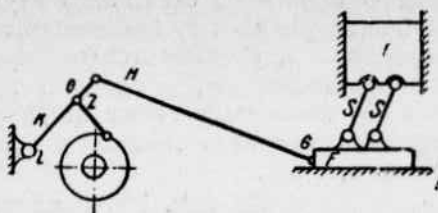
Ползун получает движение от коленчатого вала, составленного из двух частей с предохранительным приспособлением, сущ-



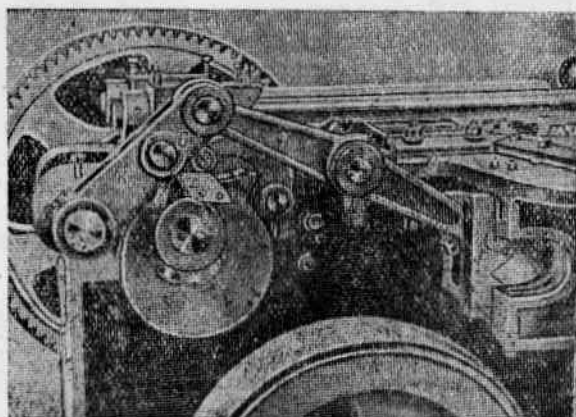
Фиг. 504а. Вертикальный и горизонтальный разрезы машины Эймуко

ность которого заключается в том, что когда пуансон встречает сопротивление деформации, превышающее допустимое для данной машины, то предохранительный болт разрывается и шатун изгибается и как бы отъединяет исполнительный орган машины от рабочего вала.

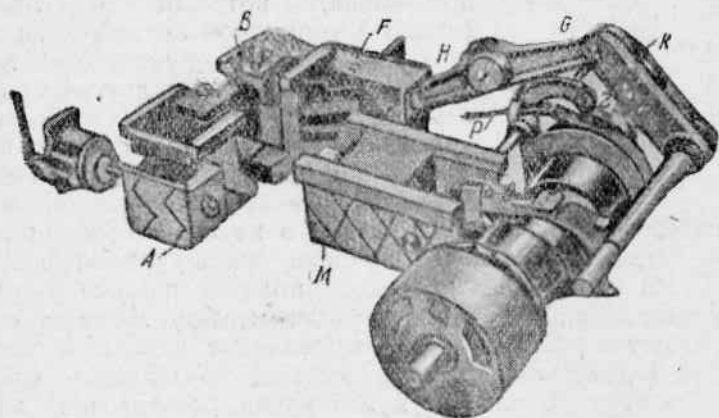
Передача движения вала подвижной матрице осуществляется по схеме, представленной на фиг. 505. Рычаг *K* может вращаться вокруг неподвижной точки *L*, закрепленной в станине. *C*



Фиг. 505. Схема передачи движения вала подвижной матрицы

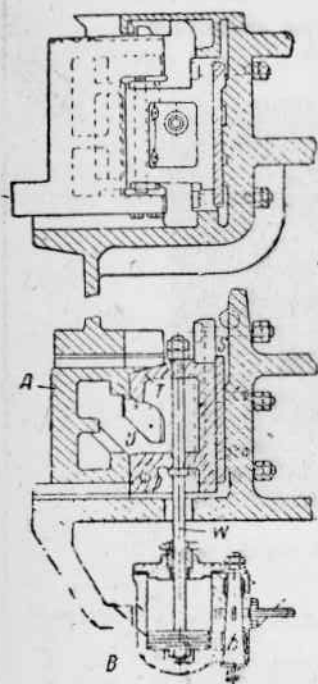


Фиг. 506. Общий вид кинематической передачи от вала к матрице



Фиг. 507. Вал и движущиеся части ковочной машины Эймуко

рычагом K в точке O шарнирно скреплен шатун Z , получающий движение от кривошипа радиуса r , насаженного на конец основного вала. Конец рычага K соединяется шарнирно с тягой H , а последняя — с поползушкой F , к которой прикреплены шарнирно две упорки SS , связанные также шарнирно с подвижной матрицей B . При вращении вала происходят перемещение ползуна F и замыкание матриц.



Фиг. 508. Горизонтальный разрез пневматического цилиндра

На фиг. 506 представлен общий вид описанной кинематической передачи, на основании которого можно судить, что тяга H состоит из двух шарнирно соединенных между собой частей, удерживаемых в прямолинейном положении контрольным болтом, который при нормально высоком сопротивлении закрытию левой матрицы должен разорваться, после чего тяга изогнется, и следующее усилие, передаваемое от основного вала через кривошип, шатун Z и рычаг K , не будет передаваться по ползушке F и далее матрице.

На фиг. 507 изображен вал ковочной машины Эймуко и всех движущихся частей ее: ползуна M , рычага K , тяги HG , поползушки F , подвижных левой и правой матриц B и A , пневматического цилиндра для передвигания правой матрицы A . На правом конце вала насажена пусковая муфта, а на левом — шкив, который охватывается стальной тормозной лентой, один конец которой связан с пружиной P , укрепленной на рычаге N , а другой прикреплен к втулке того же рычага, насаженной на закрепленный в станине валик. Изогнутый рычаг N имеет на верхнем своем конце ролик, опирающийся на боковую поверхность диска, насаженного на вал машины цилиндрической формы. Диск имеет привернутый шурупами выступ Z (фиг. 507). В конце обратного хода ползуна ролик рычага N набегают на выступ Z и вместе с рычагом отклоняется от своего нормального положения, причем происходит натяжение тормозной ленты, вследствие чего вращающийся по инерции главный вал останавливается, так как в это время расцепление муфты включения уже произошло.

На фиг. 508 представлен горизонтальный разрез пневматического цилиндра E и правой матрицы A . Цилиндр B прикреплен к станине машины. Шток W соединен с поползушкой T , внизу

ковочной машины Эймуко и всех движущихся частей ее: ползуна M , рычага K , тяги HG , поползушки F , подвижных левой и правой матриц B и A , пневматического цилиндра для передвигания правой матрицы A . На правом конце вала насажена пусковая муфта, а на левом — шкив, который охватывается стальной тормозной лентой, один конец которой связан с пружиной P , укрепленной на рычаге N , а другой прикреплен к втулке того же рычага, насаженной на закрепленный в станине валик. Изогнутый рычаг N имеет на верхнем своем конце ролик, опирающийся на боковую поверхность диска, насаженного на вал машины цилиндрической формы. Диск имеет привернутый шурупами выступ Z (фиг. 507). В конце обратного хода ползуна ролик рычага N набегают на выступ Z и вместе с рычагом отклоняется от своего нормального положения, причем происходит натяжение тормозной ленты, вследствие чего вращающийся по инерции главный вал останавливается, так как в это время расцепление муфты включения уже произошло.

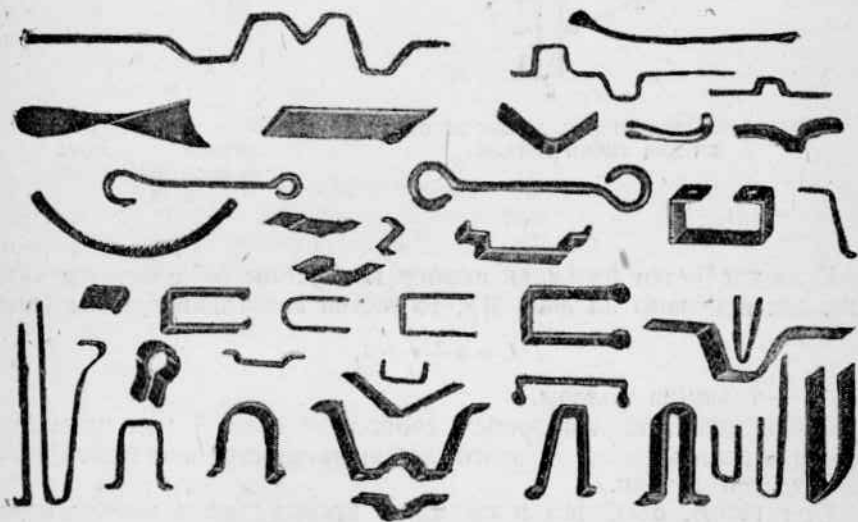
и сверху которой прикреплены ролики *v*. При перемещении поршня в направлении к машине поползушка *T* также перемещается, причем ее ролики *v* входят в косые прорезы матрицы и перемещаются в направлении к середине. Воздух в цилиндре *B* пускают через трубку *b* и кран *a*.

Завод Эймуко изготовляет машины подобного устройства давлением до 2000 т.

ГЛАВА XX

ШТАМПОВКА ГИБКОЙ И МАШИНЫ-ОРУДИЯ ДЛЯ ГИБКИ

Процессом горячей гибки изготовляют большое количество деталей всевозможной формы и назначения для разных отраслей машиностроения.



Фиг. 509. Детали, изготавливаемые штамповкой-гибкой

На фиг. 509 представлены некоторые детали, изготовленные штамповкой-гибкой из полосового или пруткового материала.

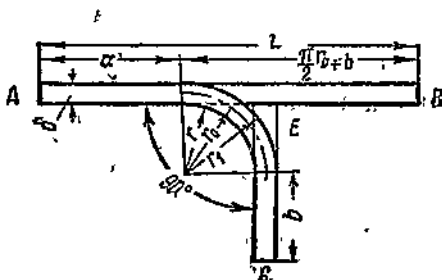
Прежде всего надо определить длину заготовки, из которой должна быть отштампована деталь.

Если требуется изготовить деталь, представленную на фиг. 510, то необходимо определить длину L заготовки из полосового материала. Деталь состоит из прямолинейной части длиной a , гнутой части по дуге круга радиуса r , и прямой ча-

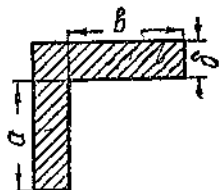
сти b . Так как угол между прямыми частями равен 90° , то длина изогнутой части по среднему радиусу r_0 будет $\frac{\pi r_0}{2}$; длина прямых частей до гибки и после гибки остается без изменения, поэтому длина заготовки L будет равна

$$a + b + \frac{\pi r_0}{2}.$$

Таким образом, если некоторые части детали изогнуты по дугам круга, то следует определить их длину разверткой и к их сумме добавить сумму длин прямых частей.



Фиг. 510. Определение длины заготовки для гибки детали



Фиг. 511. Определение длины полосы при угле в 90°

Если требуется изогнуть полосу под углом 90° с острым кантом, как показано на фиг. 511, то длина заготовки должна быть

$$L = a + b + b,$$

где b — толщина полосы.

Гибка может производиться свободной ковкой или штамповкой, и в зависимости от этого добавляется длина к сумме прямых частей детали.

При гибке, особенно в штампах, происходит в местах перегиба вытяжка материала; так например при гибке и штамповке скобы, изображенной на фиг. 512, в углах происходит вытяжка металла.

Если требуется изогнуть деталь вида, представленного на фиг. 513, надо определить длины прямых частей и их суммировать, затем определяют число углов и на каждый угол добавляют по половине толщины (5 мм) материала при изгибе не в штампе и по 0,25 толщины при изгибе в штампах, согласно предложению Глюка. При этих условиях длина заготовки будет

$$L = a + 2c + b + l + 4 \cdot \frac{b}{2} \text{ при загибе не в штампах}$$

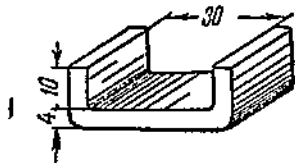
и

$$L = a + 2C + b + l + 4 \cdot \frac{b}{4} \text{ при загибе в штампах.}$$

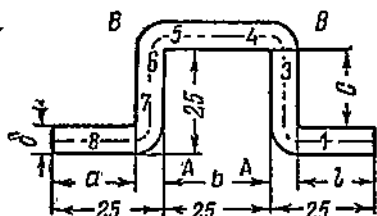
При размерах, проставленных на чертеже для первого случая, длина заготовки будет 105 мм и для второго 95 мм.

Из изложенного следует, что при определении длины заготовки для изделия, получаемого штамповкой-гибкой, могут быть два случая:

1. Когда изделие имеет изогнутую форму по кривым сравнительно большого радиуса и длина заготовки равна длине развернутого слоя.



Фиг. 512. Гибка и штамповка скобы



Фиг. 513. Определение длины изогнутой детали

2. Когда процесс гибки сопровождается явлением вытяжки материала в углах и закруглениях малого радиуса и длина заготовки определяется суммой длин прямых участков с прибавлением на каждый угол, согласно предложению Глюка, по 0,5 толщины материала при гибке не в штампах и по 0,25 толщины при гибке в штампах.

Определение давления при штамповке гибкой

Ввиду того что штампуемые гибкой изделия имеют весьма разнообразную форму, аналитически определить давление, требующееся для штамповки гибкой данного изделия, невозможно, и потому пользуются эмпирическими формулами, составленными на основании данных опыта.

Фишер предложил определять давление, необходимое для деформации при штамповке изгибом, следующей формулой:

$$P = 2 \cdot \alpha \cdot \sigma_t \cdot F,$$

где α — коэффициент, равный 2;

σ_t — временное сопротивление разрыву металла при температуре штамповки, причем обычно принимают σ_t для мягкой стали (40 кг/мм²) от 6 до 8 кг/мм² при горячей штамповке (~ 800°);

F — площадь проекции штампуемого изделия на плоскость, перпендикулярную направлению движения пуансона.

Штамповка гибкой ведется при нагреве до 800—900°; более крепкая машиноделочная сталь (60 кг/мм²) при температурах 700—800° имеет σ_t , равное 16 и 11,2 кг/мм². Для более быстрых подсчетов требующегося давления составлена приводимая ниже табл. 50, по которой, зная площадь проекции изделия, можно определить требующееся давление, причем указанное в таблице давление для меньшей площади исчислено приблизительно при $\sigma_t = 16$ кг/мм² и для большей площади при $\sigma_t = 8$ кг/мм².

Таблица 50

Определение давления гибочного пресса согласно площади изгиба

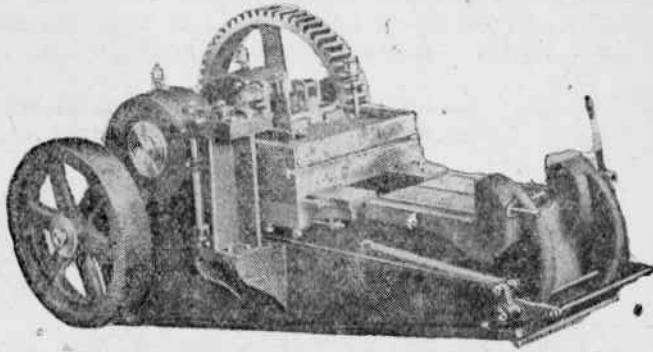
Давление пресса кг	Площадь изгиба мм ²	Давление пресса кг	Площадь изгиба мм ²
25 000	300—500	300 000	4 700— 9200
50 000	700—1 200	350 000	5 300—11 000
100 000	1 500—3 000	400 000	6 100—12 400
150 000	2 300—5 000	450 000	7 000—15 000
200 000	3 000—6 000	—	—
250 000	4 000—8 000	500 000	7 000—15 000

В формуле Фишера отсутствует фактор толщины, почему она дает только приблизительные результаты, но практически приемлемые.

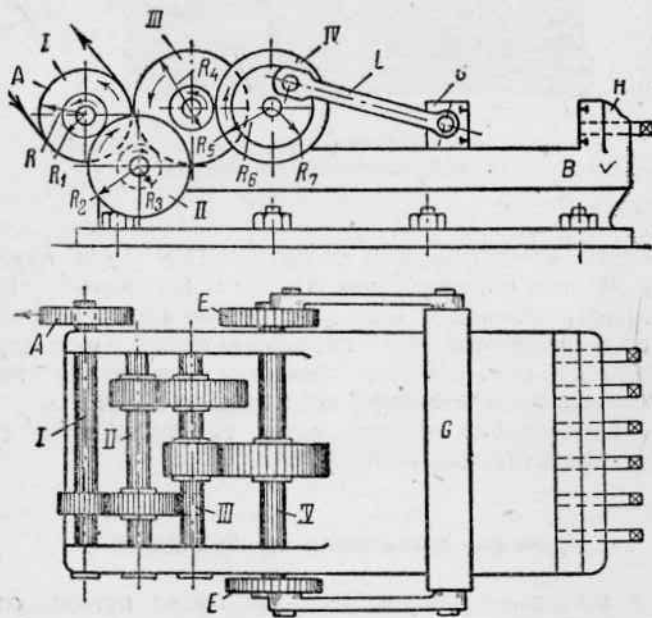
Штамповка гибкой может производиться на эксцентриковых, кривошипных и фрикционных прессах, на гидравлических и на горизонтально-кривошипных прессах, называемых бульдозерами. Горячая штамповка гибкой на заводах вагоностроительных, паровозных и сельскохозяйственного машиностроения производится на бульдозерах.

На фиг. 514 представлен общий вид бульдозера, а на фиг. 515—его схема. Чугунная или стальная станина B с одной стороны имеет подшипники, в которых помещаются цапфы осей I, II, III . Передача ремнем от трансмиссии или от отдельного электромотора производится на шкив A , насаженный на вал I . На этом же валу находится и муфта включения. Далее, через несколько шестеренных передач вращение передается валу IV , на выступающие из подшипников концы которого надеты диски E и E' , играющие роль кривошипов. На пальцы кривошипов надеты головки шагунов L , шарнирно соединенных другими своими концами с цапфами поперечины C , к которой и прикрепляется пуансон штампа. При вращении вала IV поперечина C производит прямолинейное возвратно-поступательное движение, причем

верхняя поверхность станины служит направляющей. На другом конце станины *B* имеется упор *H* в виде одного во всю ширину выступа или в виде двух выступов, как показано на фиг. 514. К этим выступам прикрепляются матрицы гибочного



Фиг. 514. Общий вид бульдозера

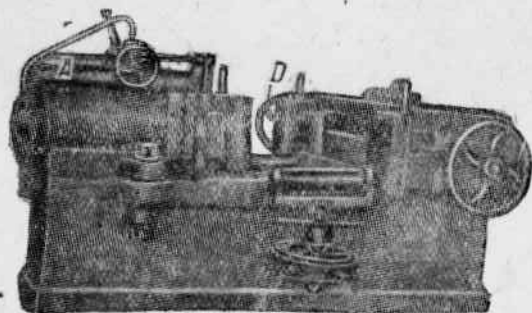


Фиг. 515. Схема бульдозера

штампа. При нажатии на педаль, расположенную впереди бульдозера, происходит включение пусковой муфты, которая сделана таким образом, что бульдозер делает только один ход или работает беспрерывно.

В бульдозерах новой конструкции иногда упор снабжается пневматическими цилиндрами, что позволяет делать штампы с выбрасывателями и прижимами. Бульдозеры строятся для различных давлений, начиная от 25 до 600 т и выше, причем чем выше давление, тем меньше число ходов делает бульдозер в минуту: так, например, для давления в 50, 100, 150, 180, 225, 260 и 300 т число ходов в минуту, соответственно, будет 28, 16, 14, 12, 10, 8 и 6.

У нас большое распространение имели бульдозеры европейских заводов Газенклевер, Эймуко и Кизерлинга и американского завода «Аякс».



Фиг. 516. Передвижение поперечины от гидравлического цилиндра

Бульдозеры изготовляют и у нас в СССР для давления в 100, 200 и 300 т с числом ходов 15, 10 и 8 в минуту. В Англии довольно распространены бульдозеры, на которых поперечина приводится в движение от гидравлического цилиндра, как представлено на фиг. 516. Неподвижная поперечина имеет две бабки, устанавливаемые винтом от маховичков *D*.

Иногда изготовляют вертикальные гидравлические гибочные прессы, как представлено на фиг. 517.

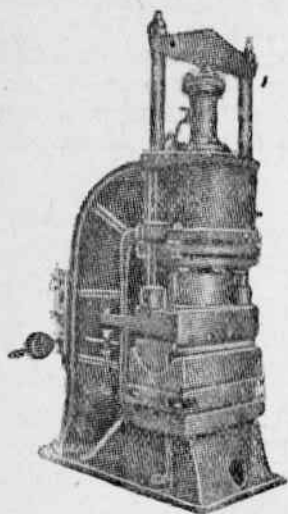
Примеры штамповки на бульдозерах

Гибка плужной оси. Ось, имеющая концы, отогнутые под углом 90° к средней части, представлена на фиг. 518. Длина заготовки будет:

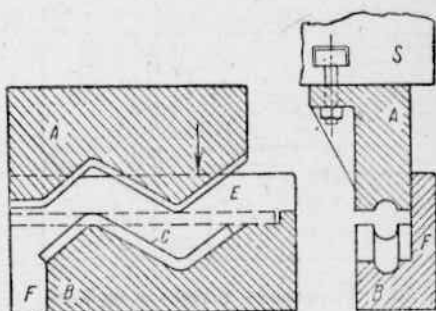
$$L = g + f + k + \frac{2 \cdot 0,25}{2} \sigma + \left(V : \frac{\pi d^2}{4} \right),$$

где *d*—диаметр железа, *g*, *f* и *k*—три согнутые части вала, а *V*—объем конусной части оси и буртика.

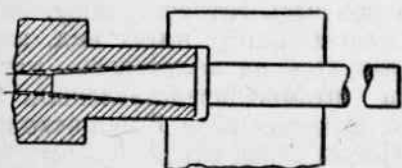
Заготовка нагревается до температуры $\sim 800^\circ$ и помещается в штамп, представленный на той же фигуре. Подвижная часть штампа *A* прикреплена болтами к подвижной поперечине *S*. К упору бульдозера прикреплена неподвижная часть штампа *B*,



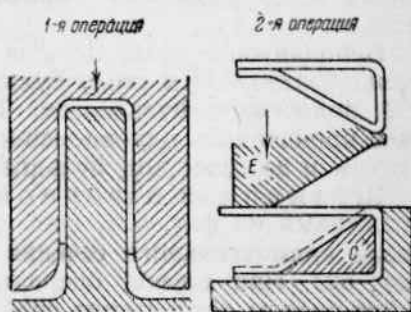
Фиг. 517. Вертикальный гибочный пресс



Фиг. 518. Гибка плужной оси



Фиг. 519. Образование конуса и бурта оси



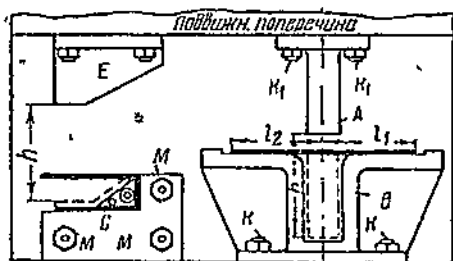
Фиг. 520. Гибка плужной скобы

нижний выступ которой *F* служит направляющей для подвижной части штампа *A*. Заготовка *E* закладывается в штамп, как показано пунктиром. После штамповки ось имеет вид *C*, представленный на той же фигуре.

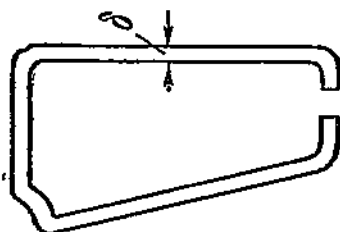
Образование конуса и бурта на одном конце оси можно производить на ковочной машине (фиг. 519). В некоторых случаях конус получают проковкой под быстроходным молотом, а буртик — наваркой кольца.

Гибка плужной скобы. Гибка плужной скобы, представленной на фиг. 520, производится за две операции. Сначала загибается скоба, концы которой параллельны. За вторую операцию производится окончательное оформление скобы в штампе, состоящем из неподвижной матрицы *С*, куда вставляется скоба, полученная от первой операции, и пуансона *Е*.

На фиг. 521 представлена установка штампов на бульдозере. Матрица *В* для первой операции болтами *КК* прикреплена к неподвижному упору. Пуансон *А* болтами K_1K_1 прикреплен к подвижной поперечине бульдозера. Матрица *В* имеет закраины, ко-



Фиг. 521. Установка штампов на бульдозере



Фиг. 522. Вагонная скоба

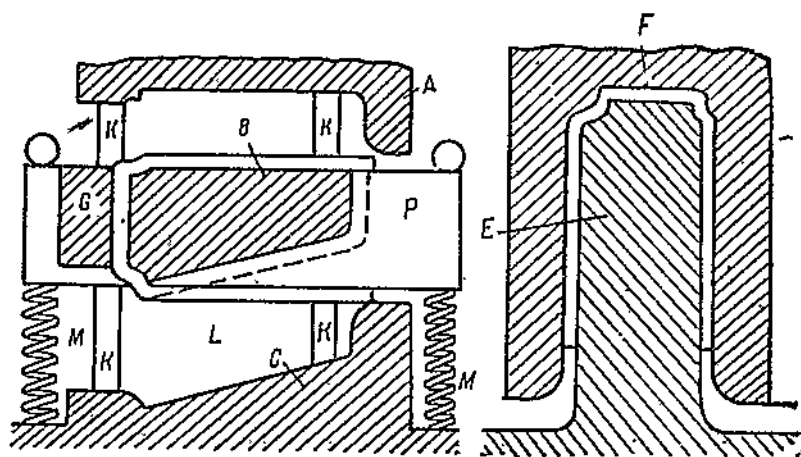
торые определяют правильное положение заготовки в штампе.

Неподвижная часть штампа *С* для второй операции прикреплена болтами *М* к столу бульдозера, а пуансон *Е* — к подвижной поперечине бульдозера. Такая установка штампов позволяет производить одновременно работу по первой и второй операциям и за один ход бульдозера получать готовую скобу.

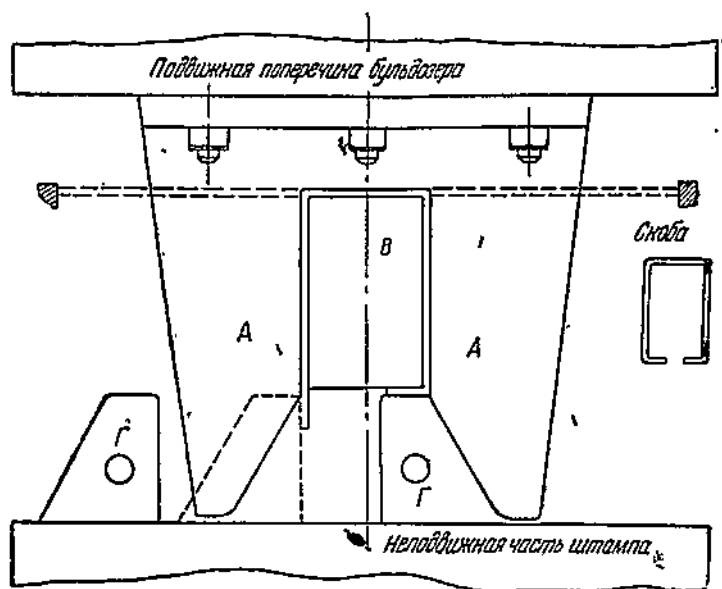
Штамповка вагонной скобы. Скоба имеет вид, изображенный на фиг. 522. Она штампуется из полосового материала прямоугольного сечения на штампе, представленном на фиг. 523. При первой операции в штампах *Е* и *Г* происходит гибка полосы в открытую скобу. Потом такая скоба переносится на второй штамп и закладывается между выступами *С* и *В*, закрепленными на подвижной плите *Р*, нижние выступы которой могут перемещаться в прорезах *КК* основной плиты штампа *Л*.

При движении пуансона *А* в направлении к матрице *С* плита *Р* под давлением пуансона *А* также начнет двигаться в том же направлении. Когда скоба будет прижата к матрице *С*, произойдет гибка концов и полное оформление скобы, как показано пунктиром. При обратном движении пуансона *А* поперечина *Р* под влиянием пружин *ММ* займет свое первоначальное положение, и скоба снимается со штампа.

Штамповка скобы вида, изображенного на фиг. 524. Скоба штампуется из полосового материала в горячем



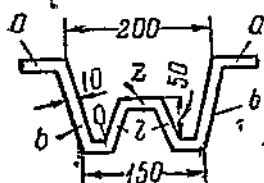
Фиг. 523. Штамп для загоной скобы



Фиг. 524. Гибка скобы на штампе с сухарями

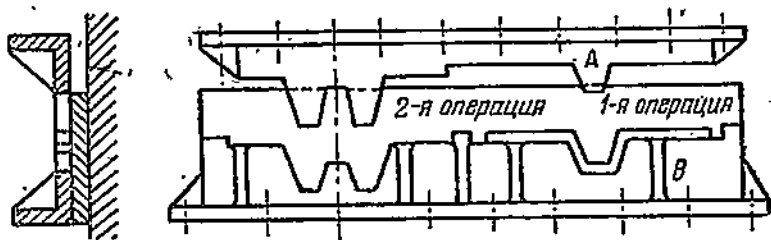
состоянии ($\sim 800^\circ$), причем штамповка производится на одном штампе, но за два хода бульдозера, и в отношении производительности этот метод штамповки уступает описанному выше. Штамп состоит из подвижной части А, неподвижной В и двух

так называемых сухарей Г. За первый ход подвижного штампа А происходит гибка заготовки на открытую скобу, как представлено в левой части штампа на фиг. 524.



Фиг. 525. Скоба сложной формы

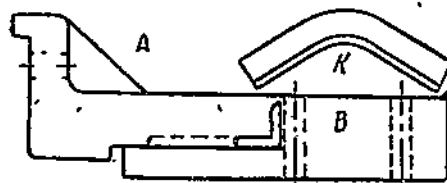
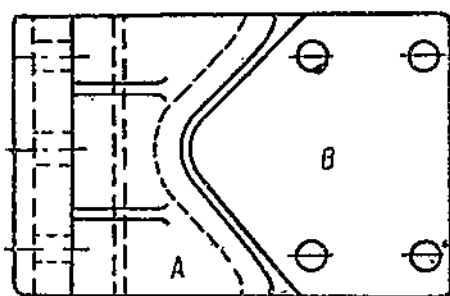
После обратного хода сухари ставятся в положение, представленное в левой части чертежа пунктиром. При втором ходе подвижной штамп охватывает сухари своей расширенной частью и сдвигает их по мере своего продвижения к середине, в результате чего получается загиб концов, как показано на правой стороне чертежа той же фигуры. Сухари Г своей нижней частью упираются в неподвижный выступ штампа.



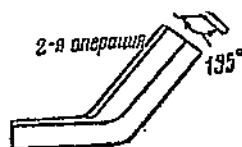
Фиг. 526. Гибка сложной скобы

Гибка скобы сложной формы в виде буквы W (фиг. 525). Длина плоской заготовки определяется формулой:

$$L = 2a + 2b + 2c + 2l + z + 8 \cdot 0,25 \cdot 10.$$



Гибка производится на бульдозере в две операции. На бульдозере устанавливают штампы для первой и второй операции (фиг. 526). За первую операцию производится гибка средней части скобы в штампе, состоящем из неподвижной половины В и под-



Фиг. 527 и 528. Гибка угольников

вижной А. За вторую операцию происходит полное оформление скобы. За первый ход бульдозера производится штамповка по первой операции, за время обратного хода поперечины бульдозера скоба из первого штампа переключается во второй, а в первый штамп закладывается нагретая прямая заготовка. Таким образом, начиная со второго хода, за каждый ход бульдозера получается скоба.

Гибка угольников и размалковка их. Угольник К, представленный на фиг. 527, штампуется на штампе, который состоит из двух частей А и В. Чугунная матрица В прикрепляется к столу бульдозера болтами. Подвижной штамп А прикрепляется через дыры С в вертикальном выступе штампа к поперечине бульдозера болтами.

Длина заготовки определяется по следующей формуле:

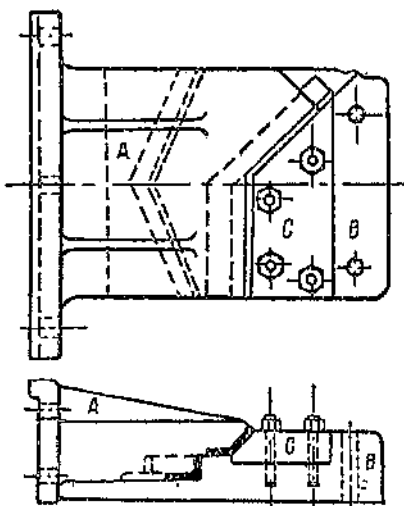
$$L = a + b + \frac{2\pi \cdot R \cdot a}{360}$$

где R — радиус закругления окружности, проходящей через центр тяжести поперечного сечения угольника, а a — угол загиба.

Если требуется в изогнутом угольнике размалковать один конец, как представлено на фиг. 528, то угольник предварительно подвергают гибке таким же способом, как было указано выше. Эта операция производится в нижней части штампа. После гибки угольник передается в верхнюю часть штампа, где производится размалковка.

Штамп состоит из неподвижной части В, прикрепленной к столу бульдозера. В штампе В для размалковки угольников сделана стальная вставка С.

Общий вид штампа на фиг. 529 дает полное представление об его устройстве.

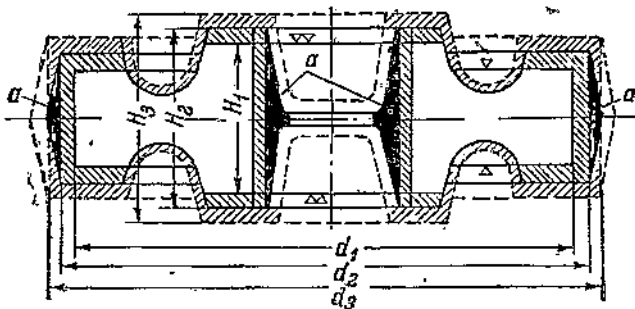


Фиг. *529. Штамп для угольников

ГЛАВА XXI

КОНСТРУКЦИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШТАМПОВ

Прежде чем приступить к проектированию штампа, необходимо предварительно подробно проработать технологический процесс штамповки и составить чертеж самой поковки. Для иллюстрации на фиг. 530 представлен разрез отштампованной детали с припусками и допусками. Как известно, для изготовления чертежа поковки необходимо предварительно выяснить все размеры припусков и допусков.



Фиг. 530. Разрез отштампованной детали с припусками и допусками

На фигуре размеры d_1 и H_1 являются чистовыми размерами изделия, d_2 и H_2 — размеры с припусками. Таким образом припуск на диаметр будет $d_2 - d_1$, а припуск по высоте на обе стороны $H_2 - H_1$.

Затем необходимо предусмотреть допуски в большую сторону.

Контур изделия с допуском обозначен пунктиром.

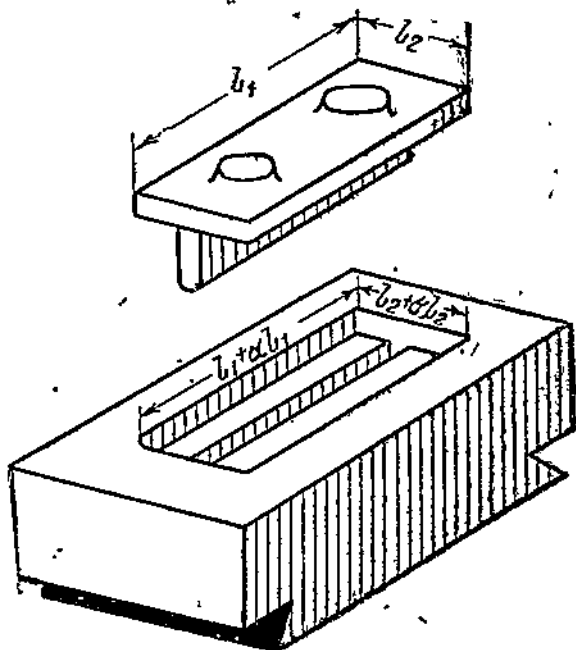
Обычно изделие штампуются немного больше размеров с припуском, для чего достаточно принять половину допуска в сторону большую. Исходя из этого, можно определить контур отштампованного изделия, после чего необходимо сделать соответствующие уклоны для того, чтобы отштампованную деталь можно было вынуть из штампа.

Процесс прибавки металла, благодаря необходимости делать уклоны, показан на фиг. 530.

Чистовой ручей должен иметь такие размеры, чтобы изделие, отштампованное в нем, после охлаждения имело требуемые размеры. Так как штамповка производится при определенной температуре, а окончание штамповки происходит обычно при 800° , то естественно, что после остывания поковка будет иметь

размеры меньше размеров полости штампа. Ввиду этого размеры полости штампа делаются большими.

Известно, что всякое тело длиной l , будучи нагрето до температуры t , удлиняется на величину $\alpha \cdot lt$, где α — коэффициент



Фиг. 530а. Определение полости штампа

линейного расширения α , следовательно, длина l превратится при нагреве в L

$$L = l + \alpha \cdot lt = l(1 + \alpha t).$$

Для черного металла — железа и стали — коэффициент линейного расширения при высоких температурах можно принимать равным

$$\alpha = 0,000011 + 0,000008 \cdot t,$$

где t — температура.

Обычно линейная усадка (αt) прокатного железа равна $\frac{1}{65}$. Кюррейн для линейной усадки железа и стали дает величину 1:192 от линейного размера изделия.

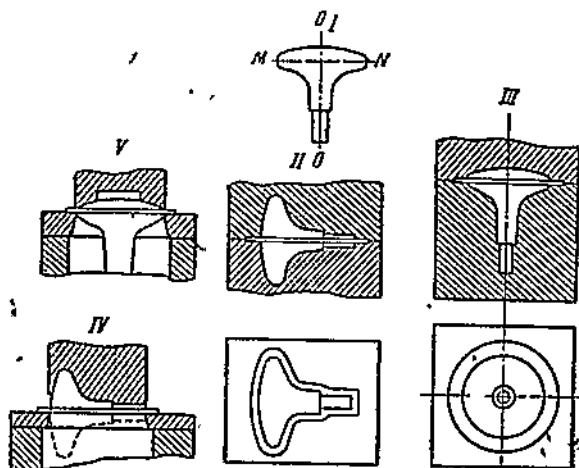
Гофмейстер предлагает принять среднюю линейную усадку равной 0,012. Этой цифрой и следует руководствоваться при проектировании штампов для железа и стали, т. е. принимать усадку 12 мм на 1 пог. м.

На фиг. 530а представлено изделие, имеющее длину l_1 и ширину l_2 . Полость штампа имеет размеры: длину $l_1 + \alpha \cdot l_1 t$ и ширину $l_2 + \alpha \cdot l_2 t$.

Руководствуясь этими данными, следует, приняв в основу размеры чертежа поковки, определить размеры полости штампа.

После этого необходимо произвести удачный выбор разъема в штампе, так как от этого зависит очень многое.

На фиг. 531 представлено изделие, которое может быть отштамповано двумя способами: разъем штампа может быть про-



Фиг. 531. Два варианта разъема штампа

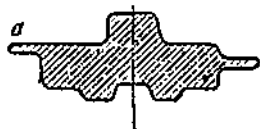
изведен по линии MN или по плоскости OO . В первом случае штамп будет иметь вид, представленный на эскизе III , во втором случае — на эскизе II .

Если сравнить оба штампа, то видно, что штамп по эскизу III значительно проще и может быть весь обработан на обыкновенном токарном станке, между тем как штамп по эскизу II требует весьма сложной фрезерной работы, а следовательно, и стоимость его будет в несколько раз дороже стоимости штампа по эскизу III .

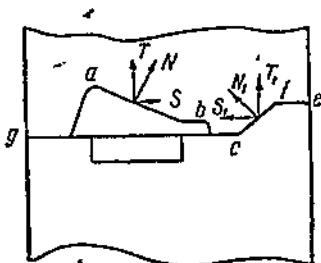
Для обрезки облоя при штамповке по первому способу требуется штамп, показанный на эскизе V той же фигуры. Этот штамп в целом имеет очень простую форму и может быть изготовлен на токарном станке. При штамповке по второму способу обрезка облоя значительно усложняется, потому что прорезной штамп имеет очень фигурную форму и требует дорогой фрезерной работы.

Разъем необходимо располагать таким образом, чтобы можно было легко проверить правильность установки штампа до об-

резки облоя. Так, например, на фиг. 531а в левой ее части представлено, что облой *a* в своей верхней части совпадает с поверхностью поковки. В правой части той же фигуры облой *a* занимает положение среднее по толщине. При втором расположении облоя гораздо легче заметить неправильную установку штампа, чем при первом, если облой не будет обрезан.



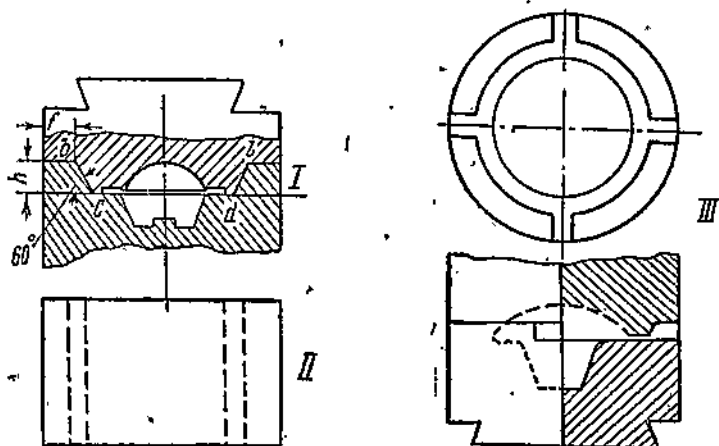
Фиг. 531а. Два вида облоя



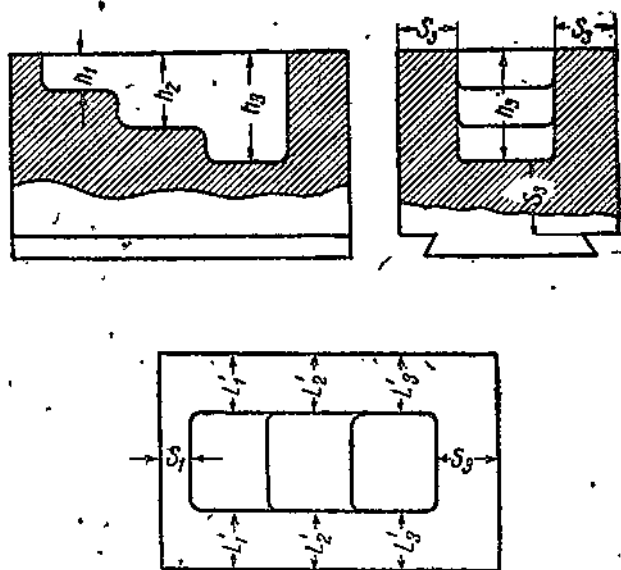
Фиг. 532. Замок штампа

Если изделие представляет собой тело вращения, то штампы могут не иметь направляющих, так как распределение напряжений в деформируемом металле будет симметрично для всех радиальных направлений. Если же поковка имеет форму неодинаковую по толщине с поверхностями, имеющими наклон к направлению движения верхнего штампа, то при ударе верхнего штампа появляются силы реакции, сдвигающие штамп в известном направлении, вследствие чего не могут быть достигнуты ни точность формы, ни точность размера изделия. Ввиду этого делают на штампе так называемый замок, изображенный на фиг. 532. Замок имеет форму наклонной плоскости *cf*. При ударе появляется сила реакции N_1 , которую можно разложить на вертикальную силу, идущую вверх, T_1 и горизонтальную S_1 . При штамповке изделия появляется реакция в виде силы N , которая может быть разложена на силы T и S . Наклонная плоскость замка *cf* должна быть такой, чтобы горизонтальные усилия S_1 равнялись горизонтальному усилию S . При этих условиях штамп будет работать правильно.

В некоторых случаях замки устраиваются на штампах, имеющих большие размеры поперечного сечения. Так, на фиг. 533, I представлен штамп, на котором изготовлен замок *bc* и *dl*, причем если этот штамп имеет прямоугольную форму, как представлено на детали II той же фигуры, то расположение замка показано на ней пунктиром. Если штамп имеет круглую форму, то замок показан на детали III. В некоторых случаях вместо замков нижний штамп имеет направляющие шпильки *C*, верхний штамп имеет соответствующее отверстие *E*. При падении верхнего штампа шпильки входят в отверстие *E* и придают верхнему штампу точное положение.



Фиг. 533. Замок штампа с большим поперечным сечением



Фиг. 534. Штампы с различной глубиной полости

Вообще рекомендуется избегать штампов без направляющих. Гофмейстер дает таблицу размеров основных частей направляющих (табл. 51).

Таблица 51

Размеры направляющих поверхностей штампов

Длина стороны штампа мм	Наклон направляющей	Высота направляющих	Ширина направляющих
		мм	
До 200	60°	10	20
200—300	60°	15	30
300—450	60°	20	40

Толщина штампа зависит от его глубины; чем больше последняя, тем толще следует делать штамп.

На фиг. 534 показана плоскость штампа, которая имеет различную глубину. При глубине h_1 толщина S_1 значительно меньше толщины S_2 для глубины h_2 , большей h_1 . Другие стенки штампа делаются одинаковыми, но по толщине соответствующими наибольшей глубине.

Гофмейстер дает размеры толщины S стенок штампа в зависимости от глубины h (табл. 52).

Таблица 52

Толщина стенок штампа в зависимости от его глубины, мм

$S = 30$	55	65	75	85	95	100	105	120	130	140	145	150
При $h = 10$	30	50	60	70	80	90	100	130	150	170	190	200

При изготовлении полостей штампа не делают углов с острыми переходами, а все сопряжения поверхностей изготавливают закругленными. Величина радиуса закругления зависит от глубины полости штампа: чем больше глубина, тем больше и радиус.

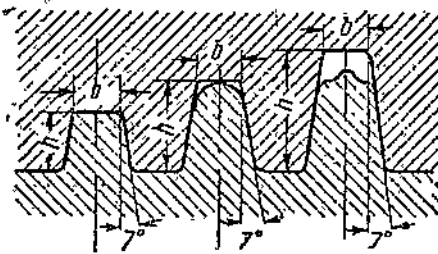
На табл. 53 представлены величины радиусов закругления штампа в зависимости от глубины его полости.

Таблица 53

Радиусы закругления штампов
в зависимости от глубины полости, мм

Глубина полости штампа, h	Радиус закругления	Глубина полости штампа, h	Радиус закругления
10—18	1,5	90—100	5,0
20—27	2,0	100—115	5,5
30—35	2,5	115—130	6,0
35—50	3,0	130—150	6,5
50—70	4,0	150—170	7,0
70—90	4,5	170—200	8,0

Во многих случаях изделие имеет выступающие ребра. Как известно, заполнение полостей металлом для ребер производится лучше в том случае, если они расположены в верхнем штампе. Угол наклона стенок полости для ребер зависит от высоты ребер. На фиг. 535 представлен разрез штампа с тремя полостями для выступающих ребер, откуда следует, что с увеличением высоты при одном и том же угле наклона происходит ухудшение заполнения полости металлом.



Фиг. 535. Разрез штампа с тремя полостями для ребер

Гофмейстер дает в табл. 54 взаимоотношения между высотой и шириной выступов и углом наклона.

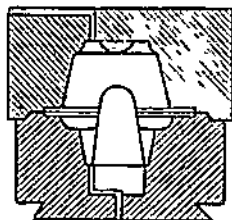
Обычно углы наклона полости верхнего штампа делаются больше, чем в нижнем, для того чтобы верхний штамп не мог захватить поковку при своем подъеме, что приводит к несчастным случаям. Обычно, если угол наклона в верхнем штампе 3° , то в нижнем он может быть $1,5$ или 2° . Если в верхнем штампе угол наклона 5° , то в нижнем 3° ; если вверху 7° , то внизу 5° и т. д.

Таблица 54

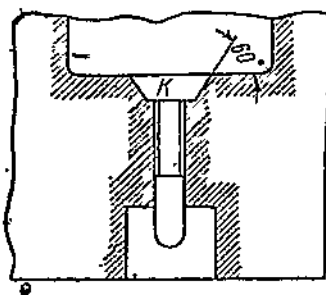
Ширина, высота и угол наклона полостей верхнего штампа при ковке ребер (фиг. 535)

Угол наклона	Отношение высоты к ширине
$\alpha \approx 7^\circ$	$h = b$
$\alpha \approx 10^\circ$	$b < h < 2b$
$\alpha \approx 13^\circ$	$2b < h < 3b$
$\alpha \approx 16^\circ$	$3b < h < 4b$

В общем следует заметить, что в настоящее время многие заводы значительно уменьшили наклон полости, что, понятно, ведет к некоторому сокращению расхода металла. Например, автомобильный завод Бьюик штампует коленчатый вал под молотом со штамповочными уклонами в 3° , а некоторые американские



Фиг. 536. Воздушные каналы в верхнем штампе



Фиг. 536а. Выбрасыватель для выемки изделия

кузнцы добились штамповки коленчатых валов с уклоном всего в 1° . Однако эти достижения сопряжены с необходимостью увеличить жесткость удара при штамповке, что влечет за собой увеличение веса шабата до 30-кратного против веса падающих частей. Кроме того, в значительной мере уменьшены углы наклона при чеканке и калибровке.

В верхних штампах в случаях штамповки изделий с большими выступами устраиваются так называемые воздушные каналы, по которым воздух при заполнении штампа металлом удаляется из верхней полости. Подобные штампы изображены на фиг. 536, а размеры каналов для воздуха представлены в табл. 55.

Пуансоны для прошивки делают слегка коническими, причем угол конуса бывает при длинных пуансонах всего в $1,5-2^\circ$; для других пуансонов он делается значительно больше.

В некоторых штампах для выемки изделий устраивается в нижней части так называемый выбрасыватель *K*, как представлено на фиг. 536а. Выбрасыватель имеет верхнюю, несколько уширенную часть, к которой примыкает стержень, проходящий вниз. При давлении на конец этого стержня выбрасыватель поднимается вверх, вместе поднимается и поковка выше краев штампа, благодаря чему она может быть захвачена клещами и вынута из полости.

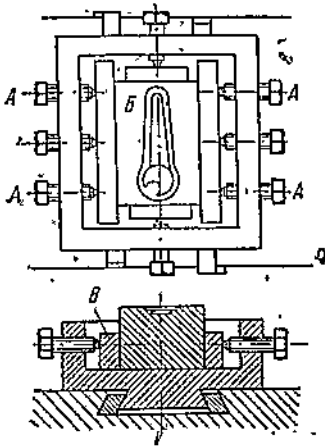
Таблица 55

Размеры каналов для воздуха в штампах по Гофмейстеру, мм

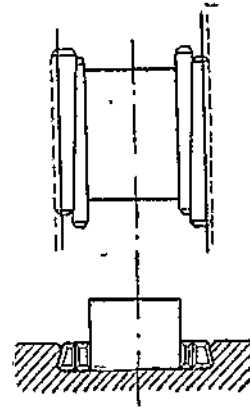
Высота штампа	Диаметр каналов
До 150	5
150—250	8
Свыше 250	10

Закрепление штампов на молотах и прессах

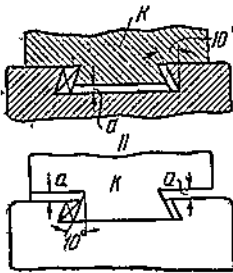
Закрепление может быть осуществлено так, как показано на фиг. 537 и 538. На фиг. 537 закрепление матрицы *Б* производится боковыми болтами *А* через промежуточные планки *В*, на фиг. 538 закрепление производится клиньями.



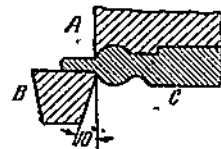
Фиг. 537. Закрепление штампа болтами



Фиг. 538. Закрепление штампа болтами



Фиг. 539. Закрепление штампа ласточкинм хвостом

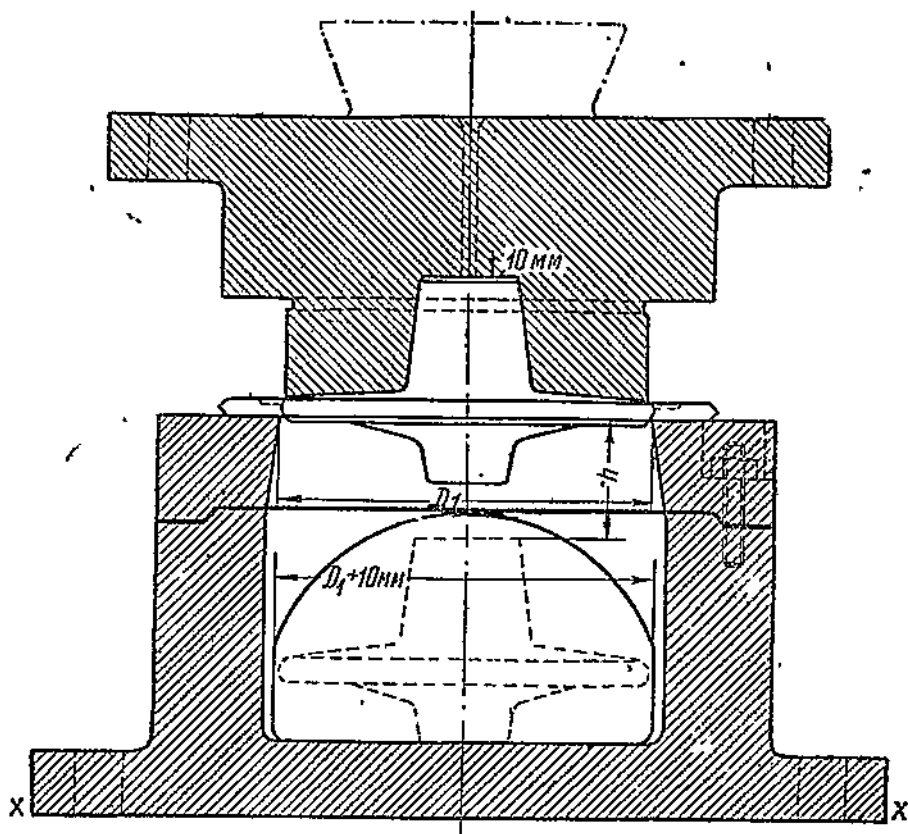


Фиг. 540. Прорезной штамп для обляя

Подобного рода крепления практикуются для штампов небольшого размера; штампы большего размера крепятся так, как показано на фиг. 539, посредством клиньев в двух вариантах. Штамп имеет отрезок в виде ласточкина хвоста *К*, причем в первом варианте штамп опирается своими крайними плоскостями, а нижняя поверхность ласточкина хвоста не доходит до выемки в шаботе и между ними имеется зазор *а*, — вариант этот непра-

виден. Во втором варианте штамп опирается на шабот нижней поверхностью ласточкина хвоста, — такая установка правильна.

Для обрезки облоя существуют так называемые прорезные штампы. На фиг. 540 изображен один конец изделия С, обрезаемого на штампе, в котором В является матрицей, А — пуансоном.



Фиг. 541. Разрез простого штампа для обрезки облоя

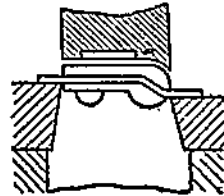
На фиг. 541 показан разрез простого штампа для обрезки облоя.

На фиг. 542 и 543 показаны разрезы обрезных штампов, причем при положении штампованной детали согласно фиг. 542 пуансон является более сложным, чем при положении этой же детали согласно фиг. 543, из чего следует, что при обрезке облоя всегда нужно принимать в соображение, как располагать деталь, чтобы штамп имел более простую форму. В некоторых случаях при больших размерах изделия матрица изготавливается составной, как показано на фиг. 544.

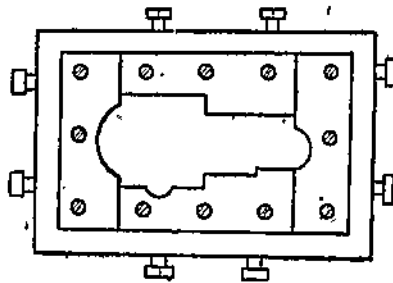
Вставные пуансоны и прорезные части штампа при штамповке очень часто производят не полную прорезку отверстий, а только значительные углубления, для чего штамп должен иметь выступающие части. Эти части очень быстро срабатываются, и чтобы не менять из-за этого всего штампа, изготавливают эти выступающие части или пуансоны вставными, как показано на фиг. 545.



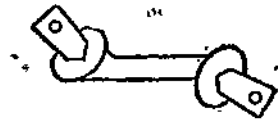
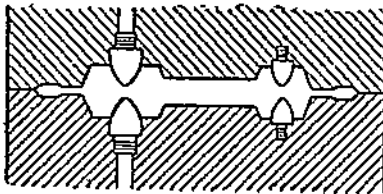
Фиг. 542. Разрез
обрезного штампа



Фиг. 543. Разрез
обрезного штампа



Фиг. 544. Составная матрица

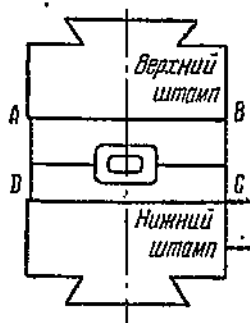


Фиг. 545—546. Вставные части штампов

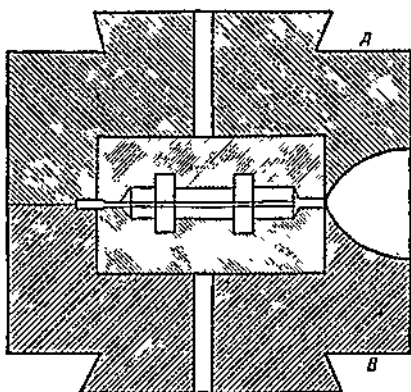
Если делается прорезка отверстий или выемок в изделии, то эти выступающие части штампа также срабатываются очень скоро, ввиду чего и их делают вставными, как показано на фиг. 546.

Штампы изготавливаются из блоков, которые должны быть прокованы по трем осям координат, чем достигаются одинаковые механические свойства стали по всем направлениям.

Заготовка для штампа имеет форму кубов или прямоугольных параллелепипедов. Прежде всего происходит протирка блоков по рабочей плоскости, затем эти куски сбалчиваются планками и прострогиваются по двум сторонам установочной плоскости ABCD (фиг. 547). На этих установочных плоскостях делаются риски, чтобы можно было точно устанавливать верхний штамп на



Фиг. 547. Изготовление блоков для штампов



Фиг. 548. Разрез штампа со штампованной вкладкой

нижний, после этого уже идет обработка выступов в виде ласточкина хвоста, а затем изготовление ручьев на фрезерных станках. Базами для разметки расположения ручьев на поверхности штамповой заготовки служат простроганные плоскости. Последняя работа требует высокой квалификации рабочих-фрезеровщиков и слесарей-инструментальщиков. Поэтому неудивительно, что техника изготовления штампов искала выхода из этого затруднения и нашла его в фрезерных автоматах Келлэра и других фирм.

Автоматы эти могут, хотя довольно медленно, воспроизводить какой угодно формы полость штампа, если имеется деревянная или гипсовая модель.

Копировальные автоматы для изготовления штампов нашли широкое применение не только в Америке, но и у нас на авто-тракторных заводах.

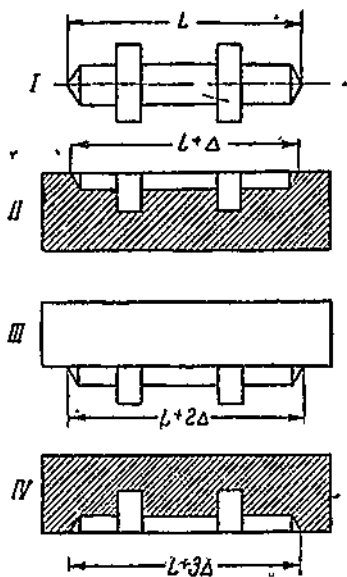
Изготовление штампованных штампов

В последнее время все больше переходят на штампованные штампы, которые оказываются более стойкими, чем штампы, в которых полость штампа изготовлена механической обработкой.

Впервые такие штампы были изготовлены на заводе Форда, затем этот опыт был перенесен на наш Челябинский автотракторный завод, а далее — на завод ЗИС в Москве.

Штампованные штампы имеют незначительные размеры и представляют собой вкладыши в штамповые блоки (фиг. 548).

Сущность этого процесса заключается в следующем. Представим себе, что нам требуется изготовить деталь, показанную на фиг. 549. Для этого требуется подготовить рабочий штамп, который представлен на фиг. 549, II. Так как штамповка происходит в горячем состоянии, то при определении размеров полости рабочего штампа необходимо учесть усадку металла. Таким образом, если усадка имеет длину Δ , то длина полости штампа будет $L + \Delta$. Для изготовления рабочего штампа штамповкой нам необходимо иметь штамп рабочего штампа, или, как его называют в Америке, мастер-штамп, показанный на фиг. 549, III. Так как рабочий штамп будет штамповаться в горячем состоянии, то необходимо предусмотреть и здесь усадку, поэтому мастер-штамп будет иметь размеры, предусматривающие двойную усадку. Таким образом, если рабочий штамп имеет длину $L + \Delta$, то мастер-штамп будет иметь длину $L + 2\Delta$.

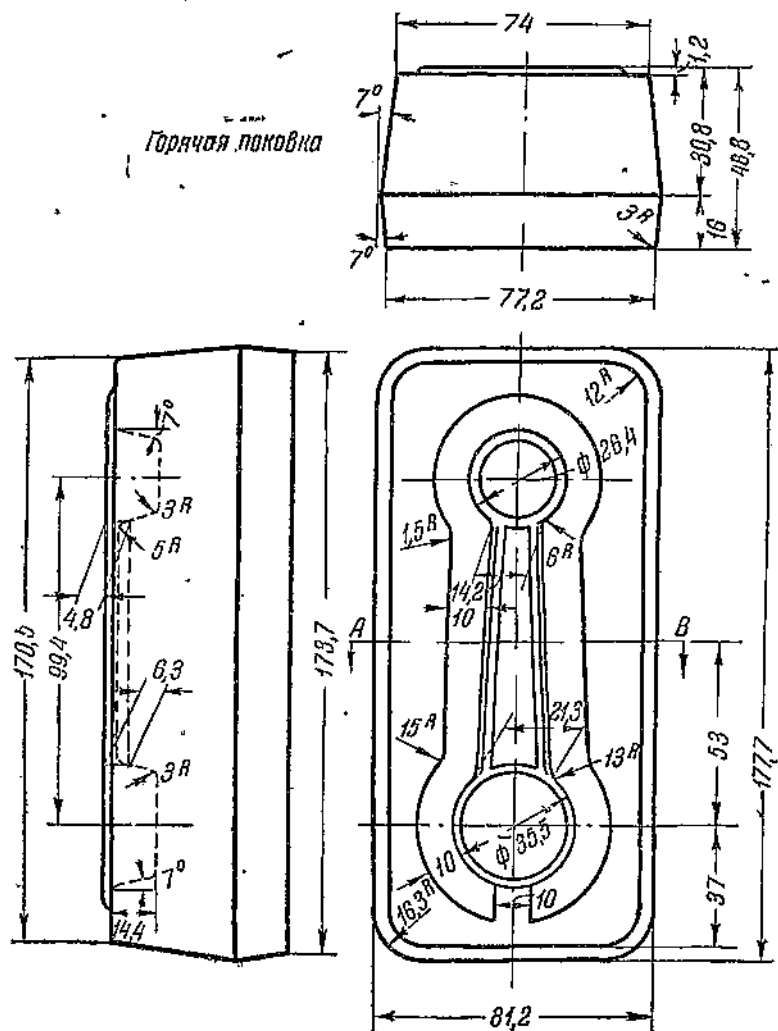


Фиг. 549. Изготовления штампованных штампов

Так как мастер-штамп довольно быстро срабатывается, то должен быть еще один штамп основной и носящий название мастер-мастер-штамп, каковой показан на фиг. 549, IV. В этом штампе размеры уже предусмотрены для тройной усадки, так что длина L детали здесь уже будет $L + 3\Delta$. Этот основной мастер-мастер-штамп изготавливается обыкновенным способом, т. е. полость его образуется механической обработкой. В этом штампе в горячем состоянии штампуется мастер-штамп. После этой штамповки мастер-штамп подвергается проверке и ручной доводке для получения точных размеров. Потом этим штампом штампуют уже рабочий штамп, который после отштамповки подвергается ручной отделке и проверке размеров; затем придают полости штампа гладкую поверхность.

Для получения точных размеров при штамповке необходимо весьма точное соблюдение температуры окончанияковки штампа; с этой целью нагрев штампа производится в печах до строго оп-

ределенной температуры. Затем опытом устанавливают, сколько требуется времени для охлаждения поковки при штамповке, чем достигается одинаковая или почти одинаковая температура окончанияковки для всех производимых штампов, вследствие чего

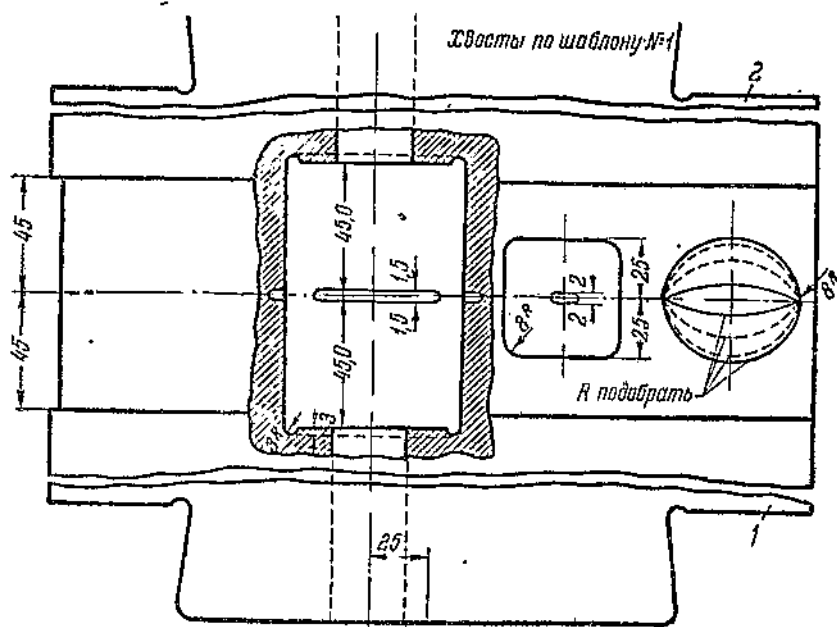


Фиг. 550. Вкладка для штампованного штампа

все они будут иметь одинаковую усадку, а следовательно, и одинаковые размеры. Вкладка штампа подвергается механической обработке по боковым поверхностям и по нижней, которая не имеет рельефа, причем боковые поверхности имеют очень незначительное расширение, как показано на фиг. 550. Соответствующую

шее гнездо для вкладки делается в штампе. Блок нагревается, вследствие чего увеличиваются линейные размеры гнезда до такой степени, чтобы можно было вставить туда вкладку; после охлаждения блока вкладка зажимается очень плотно в блоке. Нижний штамп прикрепляется к шаботу молота, а верхний — к бабе молота.

На этой же фигуре представлен передний вид штампа с частичным разрезом гнезда для вставки вкладок штампов и на фиг. 551 — разрез блока со вставленными вкладками.



Фиг. 551. Разрез блока со вставленными вкладками

Изготовление штампов штамповкой дает громадную экономию в дорогостоящей легированной стали, так как вкладка с полостью штампа имеет весьма незначительный вес по сравнению со всем блоком. Кроме того, при износе вкладки возможна смена ее при том же блоке; не требуется дорогостоящей механической обработки рельефа штампа.

Так как при массовом производстве штамп изнашивается довольно быстро, что влечет за собой смену штампа, то необходимо иметь в запасе определенное количество штампов для того, чтобы поддерживать непрерывность производства.

При механической обработке полости штампа это требование вызывает необходимость наличия хорошо оборудованных мастерских с многочисленными фрезерными и копировальными станка-

ми. При штамповке штампов механическая мастерская будет весьма незначительная и стоимость штампов будет ниже.

Необходимо отметить, что мастер-мастер-штамп может произвести до своего износа 150—200 мастер-штампов, а каждый мастер-штамп до своего износа может дать около 500 рабочих штампов. Таким образом с одного мастер-мастер-штампа в среднем можно получить 87 500 рабочих штампов, из чего уже можно заключить, какую громадную выгоду получает производство, пользуясь штампованными штампами.

Сталь для штампов и термическая обработка штампов

Выбор стали для штампов имеет весьма существенное значение для производства, так как изготовление штампа обходится чрезвычайно дорого, а быстрый износ его требует замены новым штампом, что влечет за собой большое увеличение цеховых расходов и значительное повышение стоимости изделия. В большинстве случаев штампы изготавливаются из качественных сортов углеродистой и из специальных легированных сталей. Более дешевые сорта стали применяются для изготовления штампов для работы на бульдозерах и прессах, где иногда применяются даже чугунные и литые стальные штампы. Обычно чугунные и литые стальные штампы применяются для штамповки гибкой.

Штамп испытывает очень большие напряжения, так как при ударе молота он подвергается сжатию, изгибу, истиранию, некоторые его части растяжению, а, кроме того, он испытывает большие напряжения от разницы температур в различных своих частях. При работе штамп, как известно, нагревается, причем температура нагрева иногда доходит до 400—500°. Поэтому сталь, из которой изготовлен штамп, должна при этой температуре обладать большой вязкостью и не терять в значительной мере своей крепости.

Как выяснилось, наибольшей стойкостью против истирания (разработки полостей штампа) обладает сталь, имеющая сорбитовую структуру. Поэтому и сталь для штампа должна обладать таким свойством, чтобы при определенной термической обработке она могла получить сорбитовую структуру.

Обыкновенная углеродистая сталь для штампов может иметь следующий химический состав: 0,55—0,75% С; 0,15—0,75% Si; 0,25—0,5% Mn; 0,03% серы и фосфора.

В Америке применяется для штампов сталь, которая содержит углерода до 0,9%.

Углеродистая сталь является плохим материалом для штампа, так как во многих случаях при закалке в воде дает трещины. Кроме того, она теряет твердость, т. е. подвержена отпуску при нагреве штампа выше 300—350° вследствие ее соприкосновения с горячим металлом. Кроме того, после закалки она обладает малой вязкостью.

Практикой установлено, что лучшей сталью для обрезных, дыропробивных, высадочных штампов является высокоуглеродистая сталь с 1% углерода.

Различные примеси к стали сообщают ей различные свойства: например, примесь хрома увеличивает твердость, примесь никеля увеличивает вязкость. Марганец при содержании больше 0,8% действует так же, как никель. Молибден уменьшает хрупкость при отпуске, повышает крепость и твердость; вольфрам сильно повышает крепость и твердость стали и уменьшает чувствительность ее к перегреву.

Преимущество специальных сталей для штампов по сравнению с углеродистыми можно видеть из данных, приведенных в табл. 56, в которой указывается стойкость штампов, определяемая количеством изделий, которое можно снять со штампа до его ремонта, причем специальная сталь для штампов была принята марки 5ХНМ. Эти данные взяты с автозавода им. Сталина.

Таблица 56

Изделие	Стойкость штампов, шт.		
	из углеродистой стали, нормальная	из специальной стали	
		нормальная	максимальная
Шатуны	800—1000	7 500	15 800
Шестерни	500	5 500	12 400
Поворотный кулак	400	5 200	6 650
Серьга задней рессоры	700	3 400	5 500
Вилки	500	11 000	24 000

Из наших легированных сталей лучше всего зарекомендовала себя хромоникелевомолибденовая сталь 5ХНМ следующего состава (в %): углерода—0,6, кремния—0,35, марганца—0,8, хрома—0,8, никеля—1,8, молибдена—0,3, серы—0,03, фосфора—0,03.

Эта сталь может коваться в температурном интервале от 1100 до 1900°, отжиг ее может производиться в пределах 650—780°.

Температура закалки для штампов с глубокой гравировкой 830—860°, охлаждение—в струе воздуха под слабым давлением. Если же закалку производить в масле, то нагрев перед закалкой должен быть от 800 до 830°. После закалки эту сталь отпускают для штампов с глубокой полостью при температуре 270—305°, а для полостей средней глубины—от 305 до 320°.

Присутствие в этой стали молибдена сводит к минимуму коробление при закалке, что очень важно для штампов, так как не требуется их доводки после закалки. Из этой же стали хо-

рошо работают высадочные штампы для горизонтально-ковочных машин. Ввиду того что в эту сталь входят никель и молибден, очень дорогие металлы, были сделаны попытки замены этой стали более дешевой с присадкой имеющихся у нас металлов.

Исследованиями Приданцева и Дубового установлено, что эта сталь может быть заменена другой, более дешевой, сталью — хромомарганцевомолибденовой, причем в результате этих исследований выяснилось, что эта сталь обладает высокой способностью сохранять механические свойства при нагревах до высоких температур. Затем она лучше противостоит истиранию, и штампы дольше сохраняют свои размеры и форму. Ввиду этого у нас в настоящее время стали применять для горячих штампов следующие марки:

1. Сталь 5ХНМ или заменитель ее — сталь 5ХММ для молотовых и горячевысадочных штампов.

2. Сталь 3ХВ8 для вставок и пуансонов для горизонтально-ковочных машин.

3. Сталь 7ХЗ для матриц и пуансонов.

Нагрев штампов из стали 7ХЗ не должен превышать 450—500°, из стали марки 3ХВ8—550—580°, из стали 5ХНМ—480—500°.

Обрезные штампы для горячей обрезки заусенцев изготавливают из стали У7, сложные обрезные штампы — из стали 5ХНМ или 7ХЗ. Противные пуансоны для горячих работ изготавливают из стали У7—У8 или из специальных сталей типа хромоникелево-молибденовых.

Ввиду того что пуансон подвергается большему износу, чем матрица, то из углеродистой стали У7—У8 изготавливают матрицы, а специальные сорта стали пускают на пуансоны.

Приводим таблицу марок сталей для горячих штампов, рекомендуемых инж. Дубовым на основе опыта автозавода, а также его собственных исследований (табл. 57).

Таблица 57

Марка стали	Химический состав стали, %							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	W	Mo	V
5ХММ	0,5—0,6	1,3—1,6	≤ 0,4	0,5—0,8	≤ 0,25	—	0,2—0,3	0,1—0,2
4ХММ	0,4—0,5	1,3—1,6	≤ 0,4	0,5—0,8	≤ 0,25	—	0,2—0,3	0,1—0,2
МоуАjax	0,55—0,6	0,5—0,8	≤ 0,3	0,7—0,9	1,25—1,5	—	0,7—0,9	—
7ХЗ	0,6—0,75	0,2—0,4	≤ 0,3	3,2—3,8	—	—	—	0,1—0,2
3ХВ8	0,32—0,38	0,2—0,4	≤ 0,3	3—3,5	—	8—9	—	0,3—0,5

Назначение сталей:

1. 5ХММ применяется для молотовых штампов и пуансонов для горячей обработки.

2. 4ХММ применяется для крупных молотовых штампов с глубокими ручьями.

3. МоLy-AJax применяется для штамповых вставок к молотовым штампам и пуансонов для тяжелых работ.

4. 7ХЗ идет на матрицы и пуансоны при высадке и матрицы при горячей обрезке.

5. 3ХВ8 применяется для сменных вставок матриц, сильно нагреваемых в работе, для прошивных пуансонов для тяжелых работ, а также гибочных и обрезных матриц.

Таблица 58

Спецификация сталей для штампов

Наименование штампов	Марки стали	Твердость после закалки и отпуска	
		по Шору	по Бринеллю
Молотовые	5ХММ, 5ХГМ и 4ХНВ	60—44	3,0—3,4
Обрезные мелкие	У7а и 7ХЗ	80—68	2,6—2,8
Обрезные крупные и вырезные для горячих работ	7ХЗ и 5ХММ	68—60	2,8—3
Вырезные для холодных работ	У7а и 7ХЗ	80—68	2,6—2,8
Штампы для ковочных машин:			
а) блоки без вкладышей	50г	44—42	3,5—3,9
б) блоки с вкладышами	Ст.-6	30	4,2
в) вкладыши	5ХММ и 4ХНВ	65—56	2,8—3
г) пуансоны заготовительных ручьев	50г	44—42	3,5—3,6
д) пуансоны прошивные и фигурные	5ХММ и 4ХНВ	52—44	3,2—3,5
Мелкие прошивные пуансоны и матрицы для горячих работ	3ХВ8	68—60	2,8—3,0
Бойки фасонные и плоские	50г	52—44	3,2—3,5
Ножи для ножиц	У7а	68—60	2,6—2,8
Штампы для фрикционных прессов	7ХЗ и 5ХММ, 5ХГМ	75—65	2,7—2,0

ГЛАВА XXII

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОКОВОК

Отжиг, нормализация, закалка и отпуск

Послековки и штамповки в металле остаются некоторые напряжения, которые необходимо уничтожить термической обработкой. Кроме того, в результате термической обработки можно получить изделие с повышенными свойствами металла.

Первым видом термической обработки является отжиг, который применяется для снятия напряжений и для увеличения вязкости стали. Обычно после отжига временное сопротивление падает, а удлинение возрастает. Отжиг производится нагревом стали до определенной температуры в зависимости от сорта и затем медленным охлаждением.

Вторым видом термической обработки является нормализация стали. Нормализация стали — это термическая операция, при которой сталь нагревается выше верхней критической точки на $50-60^\circ$, а затем после нагрева изделие вынимается из печи и охлаждается на спокойном воздухе. В результате правильно проведенной нормализации сталь получает структуру сорбитовую или перлитно-сорбитовую. При нормализации поковок или изделий, полученных штамповкой, преследуются и достигаются следующие результаты.

1. Создается вторичная перекристаллизация стали, в результате чего сталь получается более мелкозернистой и более равномерной по сравнению с исходным ее состоянием. Кроме того, после нормализации сталь лучше воспринимает закалку.

2. После нормализации улучшаются механические свойства стали в смысле повышения вязкости и временного сопротивления разрыву.

3. Изделия получаются более однородными во всей своей массе по микроструктуре и механическим свойствам.

4. При нормализации выравниваются внутренние натяжения, а это в значительной мере уменьшает возможность коробления при дальнейшей термической обработке.

Из опытов, проведенных проф. Минкевичем над различными сортами сталей, выяснилось, что сталь после отжига имела меньшее сопротивление разрыву, чем та же сталь после нормализации, но зато в первом случае удлинение было больше, чем во втором.

Например, сталь с содержанием $0,74\%$ С, $0,7\%$ Мп и $0,29\%$ Si была подвергнута отжигу при 770° и испытана на разрыв. Оказалось, что предел текучести составляет $29,3$ кг/мм², сопротивление разрыву — 62 кг/мм² и удлинение — $19,8\%$. Та же сталь, нормализованная при 880° , имела предел текучести $51,5$ кг/мм², сопротивление разрыву — $95,8$ кг/мм² и удлинение — $12,6\%$.

Легированная сталь с примесью хрома и никеля состава: $0,41\%$ С, $0,32\%$ Мп, $0,11\%$ Si, $0,59\%$ Cr и $0,95\%$ Ni была подвергнута отжигу при 800° ; получился предел текучести 33 кг/мм², сопротивление разрыву — 69 кг/мм², а удлинение — $20,5\%$. Эта же сталь после нормализации при нагреве 810° имела предел текучести 74 кг/мм², сопротивление разрыву — $95,8$ кг/мм², а удлинение — $17,6\%$.

Из этих данных ясно видно преимущество нормализации перед отжигом.

Термическая обработка кубиков и штампов¹

Таблица 59

Марка	Вид обработки	Скорость нагрева °С/час	Выдержка при нагреве		Пределная температура нагрева, °С	Выдержка при пределной температуре	Режим охлаждения	Температура ра с которого начается охлаждение закалки по на воздухе °С	Твердость после нормализации, отпуска и закалки по Бринеллю
			тем- пера- тура	время час.					
50г	Нормализация	125	750	3	820	1 час на каждые 50 мм толщины	На воздухе	820	4,0
То же	Высокий отпуск	125	600	2	650	2 часа на каждые 50 мм толщины	По 50° в час до 400°	400	4,0
»	Закалка	125	650	1	780	1 час на каждые 50 мм толщины	Закалка в воде до 250°	250	2,7
»	Отпуск после за- калки	—	—	—	В зависимости от желаемой твердости	—	На воздухе	—	3,0—3,4
5ХНМ 4ХНВ	Нормализация	100	850	3	950	1 час на каждые 50 мм толщины	То же	950	4,0
То же	Высокий отпуск	100	600	2	650	2 часа на каждые 50 мм толщины	По 50° в час до 400°	400	4,0
»	Закалка	100	650	1	830	1 час на каждые 50 мм толщины	Закалка в масле	250	3,0—3,4
»	Отпуск после за- калки	—	360 380	4—6	В зависимости от желаемой твердости	—	На воздухе	360 380	3,0—3,4

¹ Соколов и Милованов «Ковка и штамповка паровозных деталей». Данные завода им. Л. М. Катановича.

Отжиг производится со следующей целью:

1. Уничтожить в стали внутренние натяжения, возникающие при горячей механической обработке.

2. Создать вторую перекристаллизацию стали для улучшения тягучести и вязкости.

Таблица 60

Инструкционная карта термообработки штампов средних размеров.

Наименование операций	При высоте штампа, мм.		
	200	300	400
Закалка			
Количество штампов, загружаемых в печь	6	6	4
Температура печи при посадке	450°	450°	450°
Время выдержки при этой температуре, мин.	50	50	60
Время нагрева (из расчета 40 мин. на 25 мм высоты)	5 ч. 20 мин.	8 час.	10 ч. 40 мин.
Температура нагрева	820°	820°	820°
Выдержка при этой температуре	1 ч. 15 мин.	1 ч. 40 мин.	2 ч. 10 мин.
Охлаждение на станине до температуры	650°	650°	650°
Продолжительность охлаждения в печи до температуры 450°	2 ч. 30 мин.	2 ч. 30 мин.	2 ч. 30 мин.
Отпуск			
Температура печи при загрузке	—	450°	—
Выдержка при этой температуре, мин.	40	60	75
Время нагрева штампа при температуре отпуска 575°	2 ч. 20 мин.	3 часа	3 ч. 45 мин.
Время выдержки при этой температуре	1 ч. 45 мин.	2 ч. 30 мин.	3 ч. 20 мин.
Охлаждение в масле, мин.	30	30	30
Отжиг хвоста			
Температура нагрева	600°	680°	720°
Время выдержки	2 ч. 20 мин.	3 часа	3 ч. 20 мин.

3. Понизить твердость стали для облегчения ее механической обработки.

4. Улучшить структуру стали.

В табл. 59, 60 и 61 приведены данные по термической обработке, применяемой при изготовлении штампов.

Таблица 61¹

Инструкционная карта термической обработки мелких штампов

Наименование штампов	Марка стали	Предварительная термическая обработка			Высокий отпуск	Окончательная термическая обработка		
		температура, °С	закалка	отпуск		температура, °С	закалка	отпуск
Пуансоны и матрицы высодочные	7ХЗ 5ХНМ	900	Масло	690	—	870	Масло	600
		850		690		830		520
Пуансоны обрезные	5ХНМ	850	,	690	700°, охлаждение с печью или на воздухе	880	,	450
Пуансоны для горячей резки	5ХНМ	850	,	690	—	830	,	600 ¹
Ножи для холодной резки	7ХЗ У7	—	—	—	—	840	—	350—400
		—	—	—	—	820	Вода	250—300
Вкладыши	5ХНМ 7ХЗ	—	—	—	—	830	Масло	600
		—	—	—	—	870	Масло	650

Примечания. 1. Время нагрева во всех случаях из расчета 40 мин. на 25 мм, выдержка $\frac{1}{6}$ времени нагрева.
 2. Отпуск производить немедленно после закалки с температуры 100—150°.
 3. Предварительная термическая обработка дается сложным деталям для уменьшения коробления после черновой механической обработки.

¹ Соколов и Милованов, Ковка и штамповка паровозных деталей.

Ниже приводится таблица приблизительных критических точек и температур ковки, отжига, нормализации и закалки для углеродистых сталей (табл. 62).

Таблица 62

Критические точки и температура для ковки и термической обработки углеродистых сталей

Содержание углерода %	Критические точки °C		Высший нагрев для ковки °C	Пределы нагрева, °C		
	Ac ₁	Ac ₃		для отжига	для нормализации	для закалки
0,1	725	—	1200	900—910	920—950	—
0,2	725	820	1150	840—850	860—885	840—850
0,4	725	Ac ₂₋₃ 780	1150	790—810	830—855	790—810
0,6	725	750	1100	770—790	800—820	770—790
0,8	725	735	1000	750—770	780—800	750—770
0,9	725	725	1000	740—760	770—785	740—760
1,0	725	Ac _m 800	950	740—760	830—855	710—760
1,2	725	895	950	740—760	900—940	740—760
1,3	725	935	950	740—760	920—950	740—760
1,5	725	995	950	740—760	950—1000	740—760

Из данных таблицы выясняются приблизительные критические точки и температуры ковки, отжига, нормализации и закалки для углеродистых сталей.

Закалка производится в воде, а в некоторых случаях в масле. В зависимости от температуры отпуска механические свойства меняются, особенно твердость. Чем выше температура отпуска, тем твердость после закалки будет более значительно снижаться. В настоящее время очень многие поковки, даже сравнительно небольшого размера, подвергаются нормализации. Так, например, при ковке различных деталей паровозов, вагонных и паровозных осей и т. д. применяется нормализация (табл. 63).

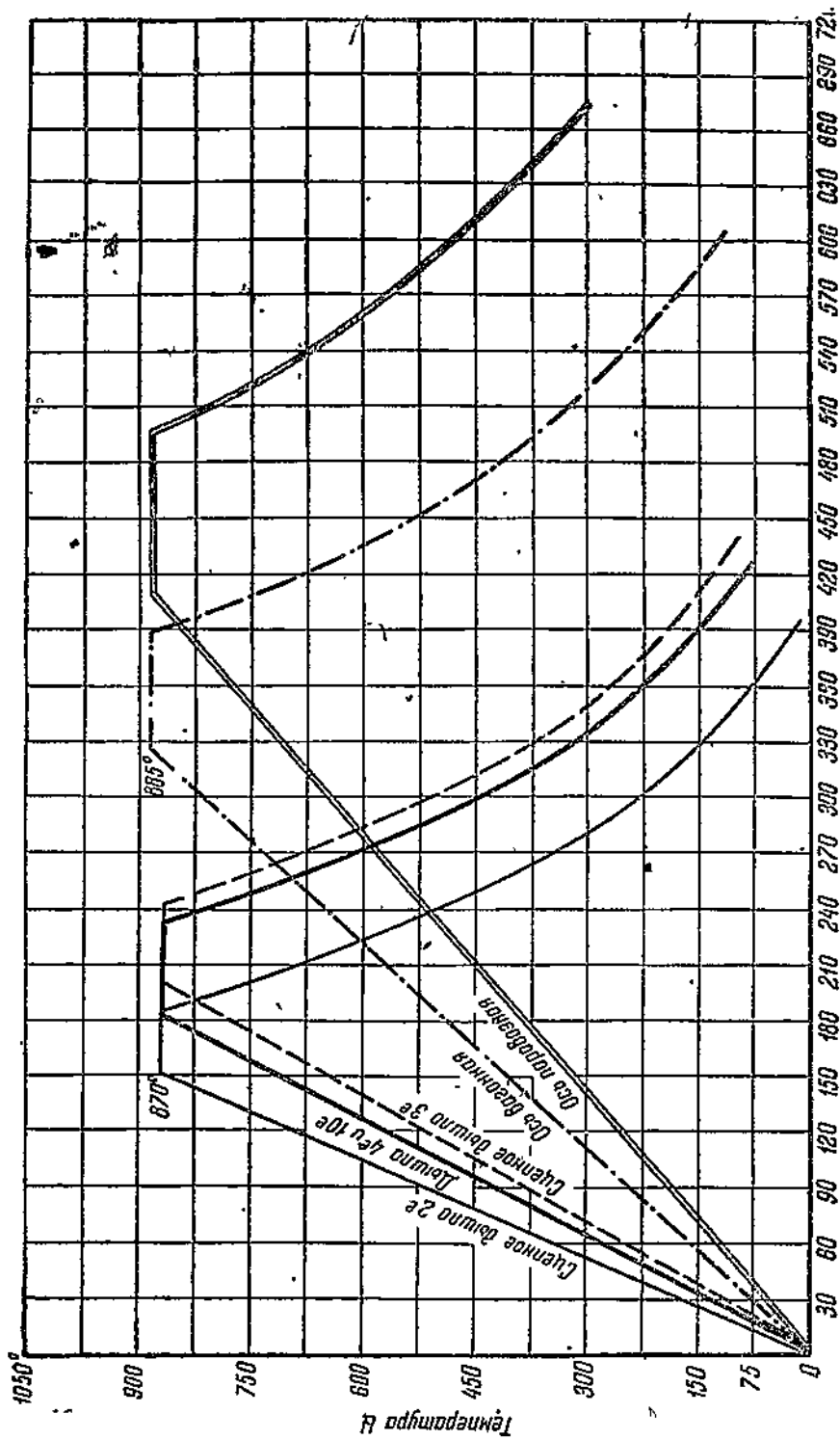
На предлагаемой ниже диаграмме (фиг. 552) представлены пять кривых, характеризующих термический процесс нормализации. Время нагрева показано в минутах: так, например, стеновое дышло 2е для паровоза ФД при нормализации подвергается нагреву в течение 150 мин., затем выдержке около 35 мин., после чего идет охлаждение. Для паровой оси, имеющей значительно большие поперечные размеры, нагрев производится сверх 400 мин., а выдержка в течение 100 мин., после чего происходит охлаждение.

Для легированных сталей имеются специальные данные в каталоге завода «Электросталь», которыми следует руководствоваться при определении температур нагрева для нормализации, закалки и отпуска.

Таблица 63

Режим нормализации и отжига поковок для паровозных деталей

Наименование поковки	Серия паровозов	Колесные размеры по высоте мм	Нормализация				Отпуск				Отжиг		
			температура °С	продолжительность выдержки, час	охлаждение	скорость нагрева	температура °С	продолжительность выдержки, час	охлаждение	скорость нагрева	температура °С	продолжительность выдержки, час	охлаждение
Дышла	ЕЛ ЭМ ЭУ ЭУУ	103—126	скорость нагрева	1	—	250°/час	620—10	2,5	На воздухе	100°/час	860—10	3	С печью до 500°, скорость охлаждения 60°/час. После 500° на воздухе
			температура °С	890—20	1	—	1	1	4	На воздухе	100°/час	860—10	6
Пальцы	ЕЛ ЕФ ФД ЭМ ФЕ	241—267	скорость нагрева	2	На воздухе	150°/час	620—20	4	На воздухе	100°/час	860—10	6	То же
			температура °С	890—20	2	На воздухе	300°/час	620—20	2	На воздухе	100°/час	860—10	2,5
Контрольные и др.	—	—	скорость нагрева	1	—	300°/час	620—20	2	На воздухе	100°/час	860—10	2,5	То же
			температура °С	890—20	1	—	300°/час	620—20	2	На воздухе	100°/час	860—10	2,5



Фиг. 552. Диаграмма нагрева и выдержки при нормализации
Время в минутах.

ГЛАВА XXIII

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПЛАНИРОВКА
КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХОВ

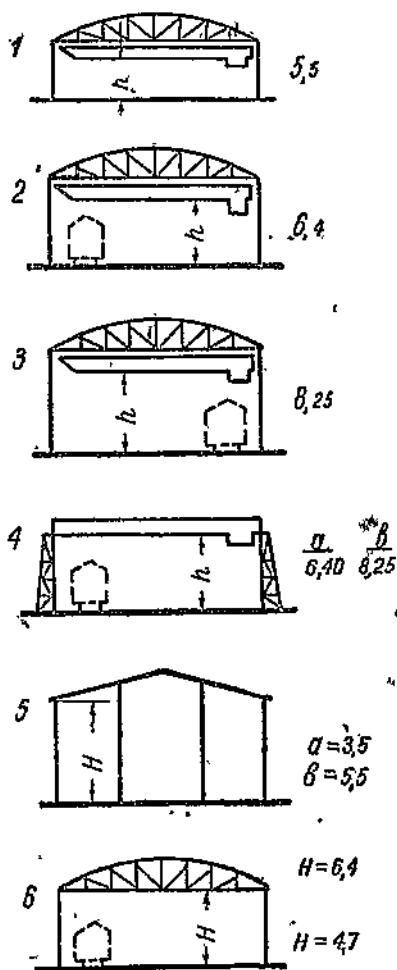
Кузнечно-штамповочное производство, как и всякое другое, в своей организации должно исходить из заданной программы, точно обуславливающей количество изготавливаемых поковок. При этом должны быть указаны технические условия для их изготовления, а также сроки и последовательность выпуска из производства. При проработке программы производства необходимо классифицировать все детали, сгруппировав их в группы по признаку размеров, сорта стали, машин-орудий, на которых будет происходить их изготовление. Прежде всего необходимо приступить к проработке технологического процесса для каждой детали: для этого необходимо определить припуски и допуски и изготовить чертежи поковок для каждой детали. После этого следует определить вес поковок, учесть необходи-

Таблица 64

О п и с а н и е	Схема склада (фиг. 553)	Высота до нижнего пояса крана h , м
Склад обслуживается мостовым электрокраном без ввода железнодорожных путей. Высота хранения 3 м	1	5,5
Склад обслуживается мостовым электрокраном с вводом железнодорожных путей. Высота хранения 3 м. Кабина крана помещается в противоположной от железной дороги стороне	2	6,4
То же. Кабина управления со стороны железнодорожных путей	3	8,25
Открытый склад а) $h = 6,40$ в) $h = 8,25$, если железнодорожный путь проходит под кабиной крана	4	$\frac{a}{6,40}$ $\frac{b}{8,25}$
Закрытый склад металла без механизации а) Хранение в стойках, клеточных и других стеллажах до высоты 3,5 м в) Хранение вертикальных прутков длиной до 5,5 м	5	$a = 3,5$ $b = 5,5$
Склад сортового материала без крана, но с вводом железнодорожного пути. Предельная высота хранения до 6 м при $H = 6,4$ м при узкой колее (750 мм). Предельная высота хранения 4,5 м (при вертикальном хранении металла) при $H = 4,7$ м	6	$H = 6,4$ $H = 4,7$

мую при изготовлении обсе́чку и угар и определить вес заготовок. Зная объем и вес заготовки, зная размеры детали и те требования в отношении уковки, которые предъявляются к данной детали, следует определить поперечные размеры и длину заготовки или размеры слитка с учетом отходов от прибыльной части и нижней части слитка.

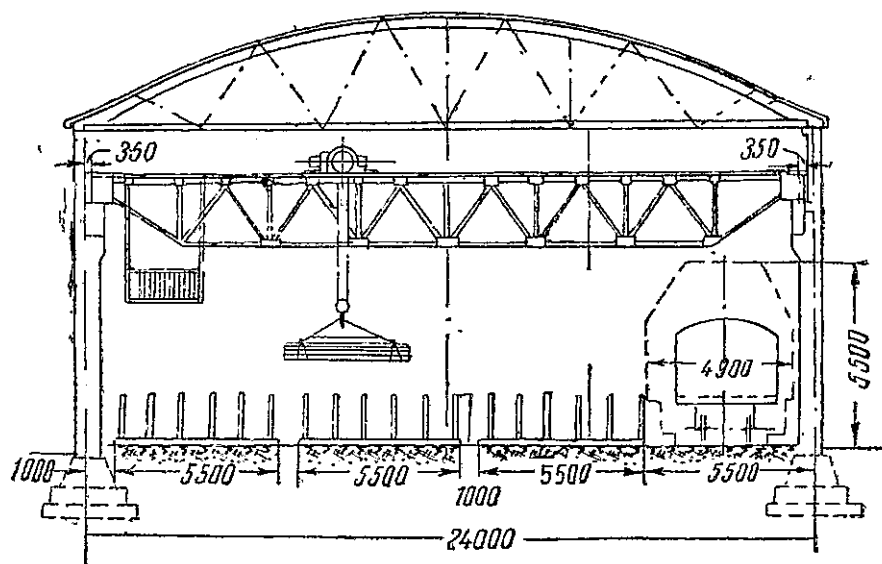
После этой проработки будет уже выявлено, какое количество материалов потребует производство в год, в месяц и за одну смену. Обычно на всех заводах имеются централизованные базисные склады материалов, откуда они направляются в различные цеха. Независимо от этого при цехах имеются склады материалов двухнедельные и на меньшие сроки, но в некоторых случаях при кузнечных и штамповочных цехах существуют свои склады материалов, которые должны иметь запас не менее чем на месяц. Склады могут быть устроены и на открытых площадках, причем они должны быть оборудованы мостовыми кранами на эстакадах, как представлено на фиг. 553, 4, или же могут обслуживаться железнодорожными или портальными кранами. В большинстве случаев склады строятся закрытые, имеют мостовые краны и ввод в помещение железнодорожного пути, причем высота склада должна давать возможность проходить в склад вагону и паровозу. На фиг. 553 представлены схемы поперечного сечения складов для металла с указанием высот, а на фиг. 554 — схема склада с мостовым краном.



Фиг. 553. Схема поперечных сечений складов для металла

Из приведенных на фиг. 553 схем складов следует, что в некоторых случаях склад обслуживается мостовым краном, но не имеет ввода железнодорожных путей. Такие склады устраиваются для сортового материала небольшого размера. На схемах 2 и 3 показаны разрезы складов, которые обслуживаются мостовыми

кранами и имеют ввод железнодорожных путей, причем этот ввод установлен в направлении длины склада или у торцевой стороны поперек склада. На схеме 4 представлен открытый склад, обслуживаемый мостовым краном, расположенным на эстакаде. На схеме 6 показан склад сортового материала без крана, но с вводом железнодорожного пути; последний вид складов практикуется в том случае, когда производство не требует тяжелых сортов заготовки блюминга и слитков. Во всех тех случаях, когда производство должно пользоваться слитками



Фиг. 554. Схема склада металла с мостовым краном

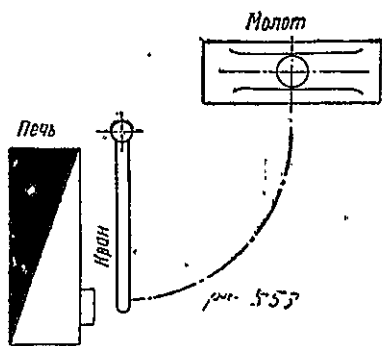
или заготовкой крупных размеров, склады необходимо снабжать мостовыми кранами.

На складе материалов необходимо иметь книгу или картотеку, в которой должны быть занесены хранящиеся материалы по сортам. На каждый сорт нужно предусмотреть отдельную карту с указанием химического анализа и механических свойств на основании заводских приемочных актов.

Сортовой материал обыкновенно хранится на стеллажах, которые должны быть все перенумерованы, как и все места хранения металла на складе. Эти номера должны быть проставлены в картотеках, чтобы, взяв картотеку в руки, можно было сразу определить, где лежит необходимый материал, какого он качества и сколько этого материала имеется на складе.

Проработка технологического процесса должна заключаться в определении операцийковки и штамповки, необходимых для изготовления изделий. Кроме того, должны быть вычерчены все

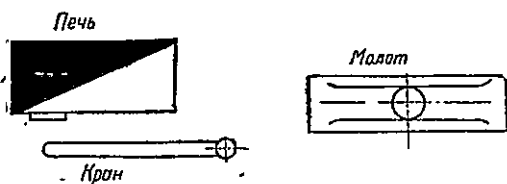
шаблоны и скобы, нужные для проверки этих изделий по размерам. Затем требуется теоретическим путем или из таблиц определить тоннаж молотов и давление прессов, необходимых для производства тех или иных операций. Таким образом выявляется характер требуемого для выполнения программы оборудования. Далее должен быть разрешен вопрос о нагреве и о температурном интервалековки, так как различные сорта стали нагреваются до различных температур и имеют различные температурные интервалыковки. В дальнейшем вопрос связан с определением норм времени для изготовления каждой детали, а зная нормы времени, можно определить уже и количество требуемого оборудования.



Фиг. 555. Расположение молота и печи — первая схема

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что каждая производственная единица, будь то кузнечный или штамповочный цех, должна иметь хорошее технологическое бюро и хорошую организацию складов материалов.

Далее следует обратить серьезное внимание на организацию рабочего места, для чего необходимо предвидеть рациональное и удобное для работы размещение печей, молотов, прессов и расстановку рабочей силы. При ковке под молотом рекомендуется принять расположение



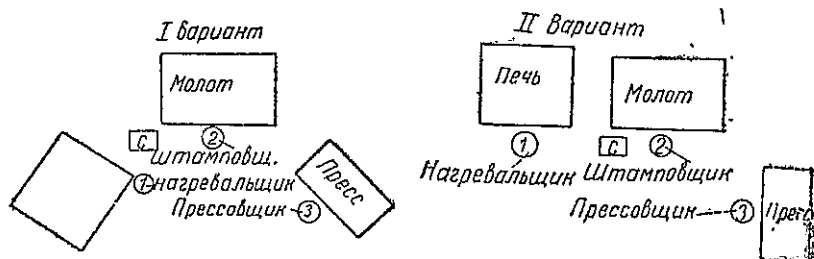
Фиг. 556. Расположение молота и печи — вторая схема

молота и печи, как показано на схеме 1 на фиг. 555, причем подача заготовки из печи к молоту обслуживается поворотным краном.

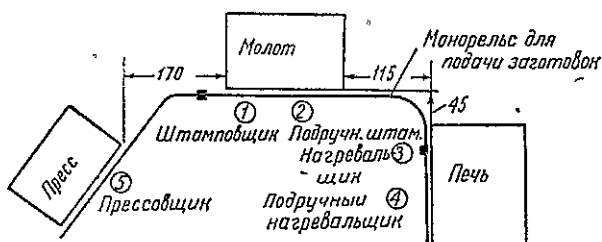
Другое, более совершенное, размещение молота и печи показано схемой 2 на фиг. 556. Выгода заключается в том, что кузнец у молота не будет ощущать действия лучистой теплоты печи.

Схема организации рабочего места при штамповке изделий весом не свыше 16 кг показана на фиг. 557 в двух вариантах с указанием и размещением рабочих у машин-орудий и у печи. Для штамповки изделий весом больше 16 кг рекомендуется

схема фиг. 558, 558а и 558б. При этой схеме нагретая заготовка из печи подается к молоту и далее от молота — к обрезающему прессу по воздушному пути.



Фиг. 557. Схема организации рабочего места



Фиг. 558. Схема расположения оборудования кузнечного цеха

Схема организации рабочего места при гибке на машине «бульдозер» показана на фиг. 559, а схема организации рабочего места у горизонтально-ковочных машин — на фиг. 559а.

В общем необходимо принять, что печь при ковочном молоте должна быть расположена с левой стороны, то же и при штамповочном молоте, а при горизонтально-ковочной машине — с правой стороны.

Рабочее место должно обслуживаться определенным штатом рабочих определенной специальности и необходимой степени квалификации в соответствии с характером производства. В табл. 66 приведен состав персонала, работающего у ножниц, молотов и прессов.

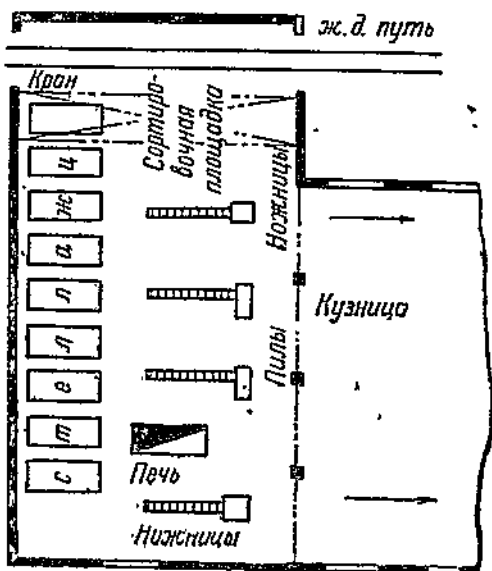
Подобным же образом определяют необходимое число крановщиков, слесарей, электротехников, работающих при отжигаемых и термических печах, в травилке, на наждачных кругах, электромонтеров, сальщиков при кранах, монтеров-мастеров, технический персонал и т. д. Затем должна быть составлена ведомость рабочей силы и административно-технического персонала.

При планировке цеха как кузнечного, так и штамповочного в настоящее время руководствуются схемой 2 фиг. 556,

Таблица 66

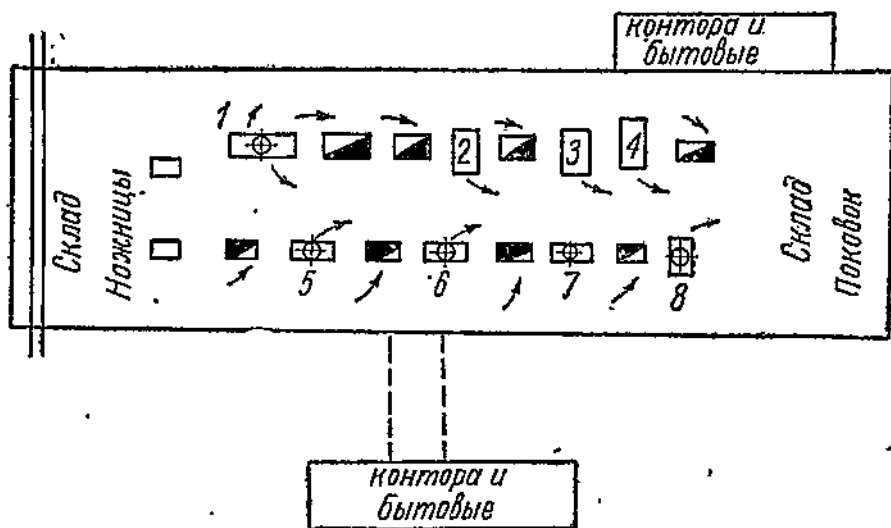
Наименование специальности	Разряд	Количество
Резка материала на ножницах под давлением в 175 т при резке заготовки 140 × 140 мм:		
резчик	3	1
подручный	2	1
При молоте с весом падающих частей в 0,5 т		
кузнец	5	1
машинист	4	1
нагревательщик	3	1
При молоте в 0,75 т		
кузнец	5	1
подручный	3	1
машинист	4	1
нагревательщик	3	1
При молоте в 1 т		
кузнец	6	1
подручный	3	1
машинист	4	1
нагревательщик	3	1
При молоте 1,5 т тот же персонал, что и при 1-т молоте:		
При молоте в 2 т		
кузнец	6	1
подручный	3	2
машинист	4	1
нагревательщик	3	1
При молоте в 3 т		
кузнец	7	1
подручный	3	2
машинист	4	1
крановой	4	1
нагревательщик	3	1
При молоте в 5 т тот же персонал, что и при молоте в 3 т:		
При ковочном прессе 600 т		
кузнец	7	1
подручный	3	2
машинист	5	1
нагревательщик	3	1
При ковочном прессе 800 т тот же персонал, что при прессе в 600 т		
При ковочном прессе в 1200—1500 т		
кузнец	7	1
помощник	5	1
подручный	3	4
машинист	5	1
помощник	3	1
нагревательщик	4	1

т. е. молоты и печи располагаются в одну линию, как показано на фиг. 561. Обычно железнодорожный путь входит в помещение цеха в направлении короткой боковой стороны его, и таким образом подача материала производится на железнодорожных платформах. Разгрузка производится мостовым краном; разгруженный материал укладывается в штабеля. Обычно при цехе устраивают склад не более чем на двухнедельную потребность в материале для производства. За складом устраивается заготовительное отделение (фиг. 560), где устанавливаются ножницы и пилы для резки материала. Далее идут две линии собственно кузницы: молоты и печи. Для удобного и рационального размещения при вышеуказанном расположении корпус цеха должен иметь ширину в 24 м. Подвозка заготовки к печам производится по двум край-

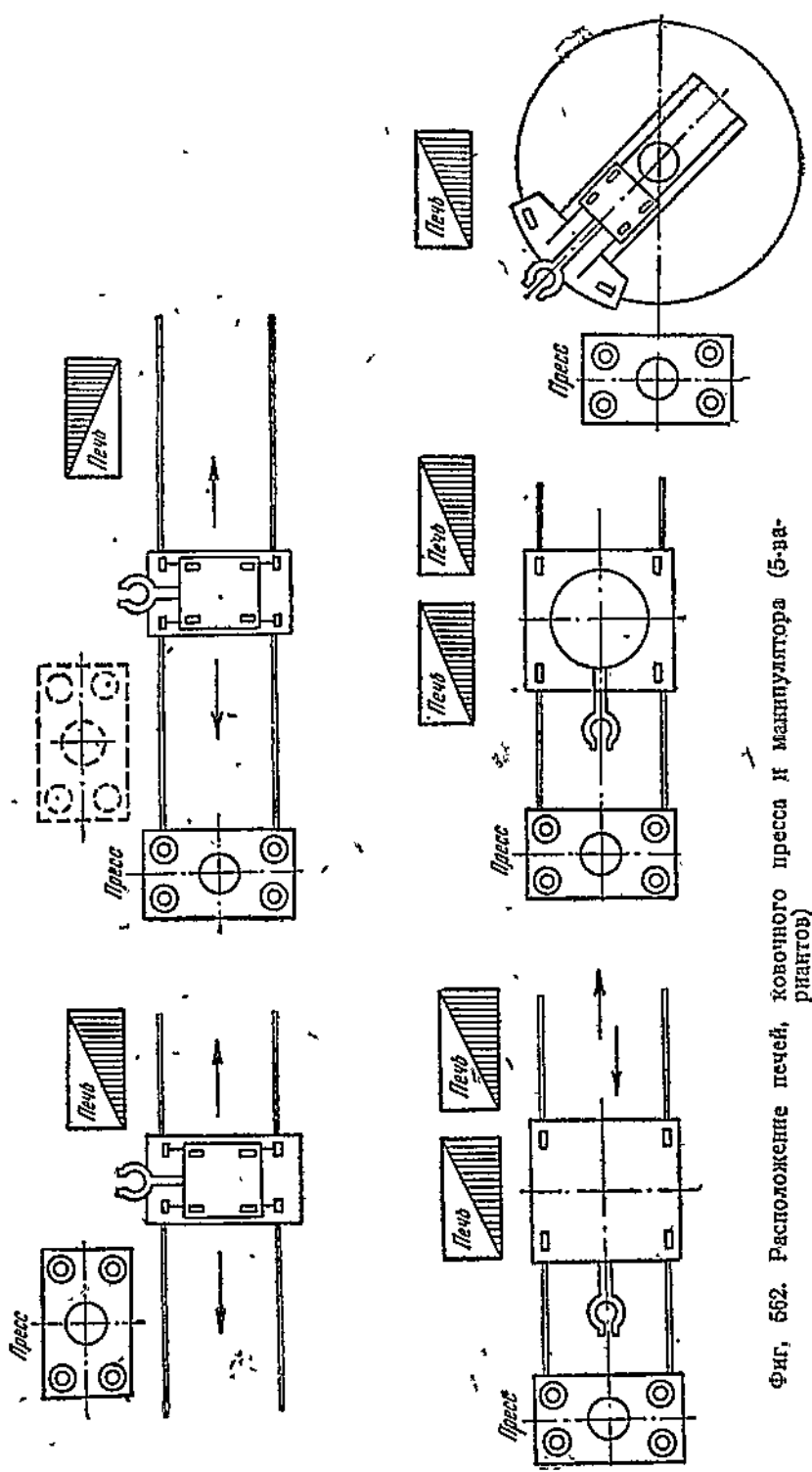


Фиг. 560. Расположение заготовительного отделения молотов и печей

ни и печи. Для удобного и рационального размещения при вышеуказанном расположении корпус цеха должен иметь ширину в 24 м. Подвозка заготовки к печам производится по двум край-



Фиг. 561. Расположение конторы и бытовых помещений



Фиг. 552. Расположение печей, ковочного прессы и манипулятора (5-риангов)

ним проходам, готовые же изделия вывозятся к складу поковок по среднему проходу цеха.

Контра и бытовые помещения при кузнечных цехах располагаются, как показано на фиг. 561, т. е. они могут примыкать непосредственно к цеху или же их на расстоянии 20 м соединяют с цехом тоннелем или коридором.

Цеха для горячей штамповки имеют такое же расположение, но прессы для обрезки ставятся так, как показано на фиг. 553 и 558а. Для более крупных поковок, как уже было указано выше, необходимо подачу нагретой заготовки к молоту производить по монорельсу или же специальным краном.

Есликовка производится с манипулятором, то расположение печей, ковочного прессы и манипулятора устраивается по одной из схем, показанных на фиг. 562.

При каждом кузнечно-штамповочном цехе должно быть организовано контрольно-техническое бюро для проверки качества изделий. В штамповочных цехах обыкновенно для этого отводится специальное место, где ставятся верстаки, на которых детали подвергаются контролю и измерению. В последнее время технические условия на поковки предусматривают необходимость их термической обработки. Поэтому часто необходимо предусматривать при кузницах отделение для термической обработки. Обычно оно устраивается за первым складом изделий, полученных от молотов и прессов. Эти изделия после зачистки заусенцев и предварительного осмотра поступают в термические печи, после чего идут на травление для снятия окалины.

Из вышеизложенного следует, что организация кузнечно-штамповочных цехов является чрезвычайно сложной задачей и требует очень внимательной предварительной проработки. Хорошая же организация это — залог успеха.

ЛИТЕРАТУРА

ПО КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Тринкс, Промышленные печи.
2. Грачев, Ковочное производство.
3. Швейсгут, Кузнечное дело.
4. Гаврилкин, Ковка металлов.
5. ЦНИИМАШ, Материалы по наладке кузнечных машин и печей.
6. Литвак, Горячая обработка авиационных металлов давлением.
7. Гоц, Гатов и Шульцев, Кузнечное дело.
8. Неймайер, Холодная и горячая штамповка, II.
9. Порецкий, Курс кузнечного дела, т. I, II, III и IV.
10. Эдуардов и Максарев, Номограммы для определения мощностей молотов и прессов.
11. Фукс, Молота.
12. Шнейдер, Штамповка.
13. Дубовой, Изготовление штампов путем штамповки.
14. Гофмейстер, Кузнечные штампы.
15. Круглов, Нормы припусков в кузнечном деле.
16. Оргинформация.
17. Соколов и Милованов, Ковка и штамповка паровозных деталей.
18. Лилико, Приемы ручной ковки.
19. Неймайер, Техничко-экономические показатели при проектировании кузнечных цехов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
--------------------	---

РАЗДЕЛ I

МЕТАЛЛЫ И ИХ СВОЙСТВА

Глава I. Испытание металлов	8
---------------------------------------	---

Первичные материалы, применяемые дляковки и штамповки. Углеродистые и легированные стали. Химический состав и механические свойства стали. Слиток как первичный материал для крупных поковок. Его строение и механические качества. Усадочная раковина, усадочная рыхлость, газовые пузыри, трещины в слитке. Заготовка катаная согласно ОСТ за № 1642 и 1643. Сортной катаный материал.

Глава II. Механические свойства металлов при различных температурах	20
---	----

Глава III. Пластическая деформация	27
--	----

Изменение формы куска металла (его деформация) под влиянием воздействия на него внешних сил в виде давления прессы или удара молота. Зоны затруднений деформации при осадке (конуса скольжения). Течение металла при осадке. Закон подобия, закон постоянства объема. Закон наименьшего периметра при наибольшей площади. Закономерности, вытекающие из опытов Зоббе, Риделя. Течение металла при ковке под молотом и прессом. Определение давления, необходимого для осадка.

Глава IV. Нагрев металла	50
------------------------------------	----

Продолжительность нагрева. Температура нагрева разных сортов сталей и температурные интервалы при ковке. Топливо для горнов и печей.

Глава V. Нагревательные печи и кузнечные горны	70
--	----

Типы кузнечных печей. Печи камерные с постоянным подом. Печи с выкатным подом. Печи круглые с вращающимся подом, печи методические, Печи муфельные. Печи электрические. Кузнечные горны. Приборы для измерения температуры.

РАЗДЕЛ II

СВОБОДНАЯ КОВКА

Глава VI. Машины-орудия для свободнойковки	100
--	-----

Общий обзор, применяемых в кузнечном деле машин-орудий. Классификация их. Ножницы. Молоты приводные с рессорой. Пневматические молоты. Паровоздушные молоты одно-стоечные, двустоечные, порталные. Расход пара на работу молота, Расход воздуха. Фундаменты под молоты. Ковочные прессы гидравлические и парогидравлические. Ковочные прес-

сы, работающие от электропривода. Ковочные вальцы. Вспомогательные машины при свободной ковке: шаржир-машины, манипуляторы и кантователи.	
Глава VII. Основные операции свободнойковки и инструменты, применяемые в кузнечном производстве	152
Осадка, высадка, вытяжка (обыкновенная и на оправке), перебивка или разгонка, наметка или прожимки, рубка, пробивка и прошивка, сварка.	
Инструменты: бойки различной формы, наковальни, клещи, вьютяжки, наметки, прижимки (отбойник), зубила, квадраты, топоры, гладилки, пробойники, прошивки сплошные и пустотелые оправки, клиновые раскатки, правильные плиты. Проверочный измерительный инструмент.	
Глава VIII. Припуски и допуски	174
Припуски и допуски. Определение размеров поковки. Определение веса и размера требующейся для данного изделия заготовки. Таблицы припусков Гипромаша ЦНИИМАШ. Определение припусков для тяжелойковки с учетом обсежки и угара.	
Глава IX. Влияниековки на механические свойства стали	182
Значение величины уковки. Значение величины осадки слитка до высоты при тяжелойковке. Опыты Шарпи и Портвена.	
Глава X. Определение давления прессы и веса падающих частей молота при свободнойковке	187
Подбор молота по размерам заготовки на основании экспериментальных данных Зибеля, Дэви и др. Определение давления ковочного прессы, требующегося дляковки поковок данных размеров.	
Глава XI. Примеры ручнойковки	195
Примерыковки поковок простой формы путем вытяжки. Ковка болта и гайки. Ковка скобы путем гибки. Коленчатый рычаг. Паровозная тормозная подвеска. Звено цепи. Ручной молоток и кувалды	
Глава XII. Примерыковки под молотами	202
Скоба головки паровозного шатуна. Паровозный тормозный вал. Паровозная закладка. Контркривошип паровоза. Ковка щеки кулисы. Ковка кулисы. Ковка пальца кривошипа. Ковка контркривошипа. Ковка паровозных дышел. Ковка коленчатого вала. Ковка различных изделий с применением автогенной резки. Ковка крупных частей с применением горновой сварки.	
Глава XIII. Примерыковки под ковочными прессами	218
Ковка бортового вала. Ковка ротора. Ковка цельнокованого барабана. Ковка дизельных валов, трех- четырех- шести- и восьмиколенчатых с выверткой и без вывертки. Ковка турбинной обичайки.	
Глава XIV. Производство рессор и пружин	236
Типы рессор. Сорта рессорной стали. Загибка ушков. Нагрев под гибку и калку листов. Закалка, отпуск. Изготовление рессорных хомутов. Сборка рессор. Испытание рессор. Изготовление пружин.	

РАЗДЕЛ III ШТАМПОВКА

Глава XV. Горячая штамповка	255
Общие понятия о горячей штамповке. Европейский и американский методы штамповки. Типы штампов. Облой. Форма канавок для облоя. Углы наклона боковых стенок полости штампа. Замки в штампе. Подготовительные, подкатные, гибочные черновые и чистовые ручьи. Определение размеров и веса заготовки с учетом облоя и угара. Определение требуемого для штамповки давления и веса падающих частей молота. Метод Фишера, Гофмейстера и Шнейдера.	
Обрезка облоя на кривошипных и эксцентриковых прессах.	
Глава XVI. Примеры горячей штамповки на молотах и прессах	273
Штамповка цилиндрических и конических шестерен. Штамповка гаечного ключа. Штамповка из прутка. Штамповка кувалды, балансира, шатуна, вращающегося мотора, распределительного валика, коленчатого вала, сцепного вагонного крюка, буферной тарелки и т. п. Штамповка паровозных хомутов. Штамповка корпусов снарядов.	
Глава XVII. Машины-орудия для горячей штамповки	301
Молоты, падающие с бабой, подвешенной на ремне или канате. Молоты фрикционные с доской. Паровые штамповочные молоты и работающие на сжатом воздухе. Молоты бесшаботные. Фрикционные винтовые прессы.	
Глава XVIII. Штамповка на горизонтально-ковочной машине	323
Общее понятие о штамповке на ковочной машине путем высадки. Правила осадки материала. Методы набора требуемого объема материала. Примеры штамповки различных изделий на горизонтально-ковочной машине. Головки болта. Шарнирная головка серья. Штамповка с прошивкой: двойной шестерни, муфты, втулки, конических колес, хомутов для рессоор. Штамповка изделий вилкообразной формы. Раздача и осадка труб.	
Глава XIX. Горизонтально-ковочные машины	341
Ковочные машины американской конструкции «Аякс» «Нейшенел». Ковочные машины европейской конструкции Эймуко	
Глава XX. Штамповка гибкой и машины-орудия для гибкой	353
Определение длины материала для гибки. Определение давления при штамповке гибкой. Бульдозер. Примеры штамповки на бульдозерах.	
Глава XXI. Конструкция и изготовление штампов	364
Штамповальные штампы. Сорты стали для штампов. Термическая обработка штампов.	
Глава XXII. Термическая обработка поковок	382
Отжиг, нормализация, закалка и отпуск.	
Глава XXIII. Организация производства и планировка кузнечных цехов	390
Склады материалов. Цеховой транспорт. Организация ремонта машин-орудий и штампов. Организация контроля производства и управления цехом.	

Редактор Я. Ю. Вейнберг

Подписано к печати 19/XII 1944 г.

Уч.-изд. л. 30,5

Печ. л. 25¼

Зн. в 1 п. л. 48 400

Л106505.

Тираж 10 000.

Заказ 67

Цена 30 руб.

Типография Металлургиздата,
Москва, Цветной бульвар, д. 30