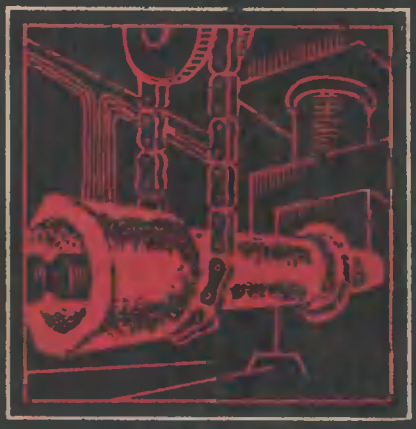
Д. М. ДЕЛЬНИКОВ

КОВКА НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ



Н. М. ГЛИКИН

КОВКА НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебного пособия
для профессионально-технических
училищ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
Москва 1968

6П4.3
Г54
УДК 621.73

Гликин Н. М.

Г—54 **КОВКА НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ.** Учеб. пособие для проф.-техн. училищ. М., «Высш. школа», 1968.
256 с. с илл. 10 000 экз. 45 к.

В книге подробно описаны нагревательные устройства, пневматические, паровоздушные молоты, гидравлические прессы, механизмы для машинной ковки, основной и вспомогательный кузнечный, а также контрольно-измерительный инструмент. Изложены способы выполнения операций свободной ковки, горячей штамповки и термической обработки поковок. Приведены сведения о механизации и автоматизации кузнечных работ, черных и цветных металлах, применяемых в кузнечно-штамповочном производстве, рассмотрены способы подготовки их к ковке.

Кратко изложены сведения об организации рабочего места и труда, техническом нормировании и технике безопасности.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для профессионально-технических училищ, готовящих кузнецов для работы на молотах и прессах.

6П4.3

Отзывы и замечания просим направлять по адресу: *Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».*

3—12—3
69—68

ВВЕДЕНИЕ

Могучей движущей силой советского общества является горячий и животворный патриотизм, основанный на преданности нашего народа своей великой Родине, на братском содружестве всех наций нашей необъятной страны. Особенно убедительно подтвердилось это в годы Великой Отечественной войны, когда наш народ, руководимый Коммунистической партией, показал массовый героизм на фронте и в тылу.

Советский патриотизм ярко проявился и в послевоенные годы. Замечательными победами ознаменовалась борьба нашего народа за выполнение и перевыполнение планов послевоенных пятилеток. За этот период восстановлено и построено большое количество промышленных предприятий, а валовая продукция значительно превысила довоенный уровень.

Директивы XXIII съезда Коммунистической партии Советского Союза по пятилетнему плану на 1966—1970 гг. знаменуют собой важный этап в борьбе советского народа за создание материально-технической базы коммунизма. «Главную экономическую задачу пятилетки партия видит в том, чтобы на основе всемерного использования достижений науки и техники, индустриального развития всего общественного производства, повышения его эффективности и производительности труда обеспечить дальнейший значительный рост промышленности, высокие устойчивые темпы развития сельского хозяйства и благодаря этому добиться существенного подъема уровня жизни народа, более полного удовле-

творения материальных и культурных потребностей всех советских людей» *.

Откликаясь на решения XXIII съезда партии, кузнецы и штамповщики завода Уралмаш сделали первые вклады: они открыли лицевые счета экономии, на которые записаны сотни тонн материалов, тысячи рублей.

Исключительную роль в решении главной экономической задачи — в создании материально-технической базы коммунизма — призвано сыграть машиностроение.

Машиностроение является сердцевиной тяжелой индустрии, основой технического прогресса. От развития машиностроения в значительной степени зависит дальнейшее совершенствование всех отраслей народного хозяйства. Без успешного развития машиностроения невозможно повышение производительности труда.

Уделяя развитию машиностроительной промышленности первостепенное внимание, Коммунистическая партия Советского Союза исходит из указания В. И. Ленина о том, что «берет верх тот, у кого величайшая техника, организованность, дисциплина и лучшие машины» **.

Значение машиностроительной промышленности в народном хозяйстве определяется тем, что она создает орудия производства.

В настоящее время в СССР создано мощное машиностроение, оснащенное передовой техникой и способное производить сложные и точные машины для технического перевооружения всех отраслей нашего народного хозяйства.

Созданная в СССР первоклассная индустрия является основой технического прогресса и экономического могущества страны.

По объему продукции машиностроения и металлообработки наша страна занимает первое место в Европе и второе в мире. Если принять объем машиностроительной и металлообрабатывающей продукции в 1913 г. равным единице, то относительный рост продукции в нашей стране представится в следующем виде:

Годы . . .	1913	1928	1940	1945	1955	1958	1959	1960	1965	1966	1970 (план)
Относительный рост	1	1,8	35	45	162	240	276	320	460	515	750

Достигнутые масштабы и технический уровень советского машиностроения являются прочным фундаментом для его дальнейшего развития и совершенствования.

В машиностроительной промышленности широко применяется кузнечно-прессовое производство, значение которого в технологии металлообработки с каждой пятилеткой заметно возрастает.

Ниже приведены данные о росте выпуска кузнечно-прессовых машин.

Годы	1913	1940	1945	1955	1958	1960	1965	1966	1970 (план)
Выпуск кузнечно-прессовых машин, тыс. шт.	1,5	4,7	2,9	17,1	26,2	29,9	34,4	38,2	50—52

Происходит изменение парка металлообрабатывающего оборудования в машиностроении: доля кузнечно-прессового оборудования в нем постепенно возрастает, а доля металлорежущего соответственно снижается.

В пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 гг. уделено особое внимание улучшению технологии кузнечно-штамповочного производства.

Осуществляется дальнейшее развитие заготовительной базы машиностроения за счет улучшения специализации и реконструкции действующих предприятий, а также за счет строительства новых крупных специализированных цехов и заводов по производству поковок.

Возрастающие объемы кузнечно-прессового производства требуют вовлечения в промышленность дополнительного количе-

* Материалы XXIII съезда КПСС. Изд-во политической литературы, М., 1966, стр. 228.

** В. И. Ленин. Соч., изд. 4-е, т. 27, стр. 167.

ства кузнецов. Подготовка новых рабочих осуществляется в системе профессионально-технического образования.

Настоящее пособие имеет целью дать учащимся знания научных основ современной техники и технологии кузнечного производства в объеме, необходимом для овладения профессией кузнеца.

Глава I
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КУЗНЕЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Заготовки требуемой формы можно изготовлять методом литья, ковки, сварки и механической обработки. Прочность получаемой заготовки зависит от качества металла, из которого она изготовлена, и от способа ее изготовления.

Наиболее прочными и дешевыми являются заготовки, полученные обработкой металлов давлением (ковкой, штамповкой и прессованием), так как пластическое изменение формы происходит с наименьшим отходом металла, с наиболее благоприятным расположением волокон металла по контуру деталей и с наибольшей производительностью.

Кузнечно-штамповочное производство позволяет получать не только требуемую форму изделий, но и повышать первоначальные механические свойства исходных материалов.

Этим и объясняется, что тяжело нагруженные детали современных машин изготовляются преимущественно ковкой и штамповкой.

К о в к а — это процесс горячей обработки металлов давлением, наиболее доступный и дешевый, особенно для условий единичного и мелкосерийного производства.

Ковка имеет многовековую давность: еще в глубокой древности из металла ковали мечи и топоры. Искусство ковки в древние века было высоким. Так, в Сибири, в начале V века до нашей эры ковкой изготавливались кинжалы с бронзовыми рукоятками и железными клинками.

Уже первые века нашей эры знаменательны высоким мастерством русских кузнецов. В X веке они отковывали кольчуги для воинов, в то время как в Европе кованые кольчуги появились только в XIII веке.

В деревнях и городах кузнецы являлись первыми ремесленниками. Они поставляли сельскохозяйственный инвентарь, предметы домашнего обихода, охоты, рыболовства и др.

Образцом русского кузнечного ремесла XIII века является шлем суздальского князя Ярослава Всеволодовича, выкованный из одного куска железа (рис. 1), и декоративный топорик (рис. 2).

Русское мастерство славилось далеко за пределами нашего

государства. Во многие страны вывозились от нас кованые предметы хозяйственного инвентаря и оружия.

В связи с развитием в XIV и XV веках артиллерии, морского и речного судоходства, добычи медных и железных руд произошел сдвиг в развитии кузнечного производства. Растет ковка пищалей, пушек, ядер к ним, деталей и частей вододействующих машин, строительных конструкций и т. п.

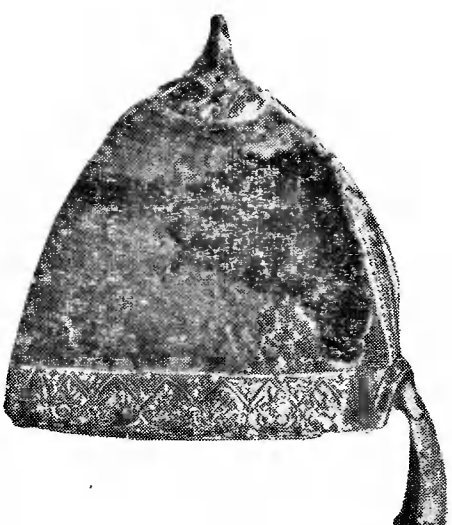


Рис. 1. Шлем суздальского князя Ярослава Всеволодовича

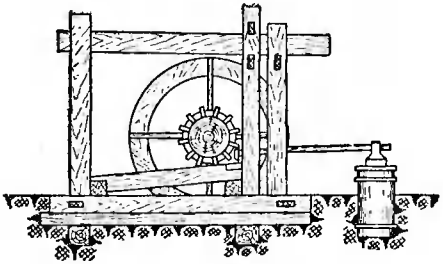
Рис. 2. Декоративный топорик (XIII век н. э.)

Наряду с этим кузнецы отковывали точные и художественные изделия: механизмы башенных часов, «царские ворота» для монастырей и церквей, паникадила, подсвечники и т. п.

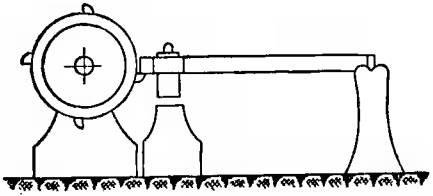
Все эти изделия изготавливались кузнецами ручной ковкой с использованием наковальни и горна и силы нескольких подручных, работавших с помощью кувалд (рис. 3).

Изготовление крупных поковок вручную требовало затраты большой физической силы. В связи с этим в XVI веке появились первые механические молоты — водяные, приводимые в действие от водяного колеса: хвостовой (рис. 4, *а*), лобовой (рис. 4, *б*) и среднебойные с весом падающих частей 150 *кГ*, а также падаю-

Рис. 3. Древнерусская миниатюра с изображением кузницы



а)



б)

Рис. 4. Рычажные молоты XVI века:
а — хвостовой, *б* — лобовой

щие молоты копрового типа, бабу которых поднимали 7—8 человек с помощью каната, перекинутого через блок.

«Обязанности кузнеца, вплоть до Петровских времен, были значительно шире современных. Кузнец выделывал железо, отковывал крицу, ковал изделие, термически обрабатывал, если нужно, вел и слесарную обработку. Хотя примерно с IX—X веков нашей эры среди кузнецов происходит дифференциация на кричников (отковка криц) и кузнецов-универсалов и оружейников, слово кузнец означало «мастер по металлу вообще...». Кузнеца считали мастером «на все руки» и ему поручали устройство укреплений, строительство плотин и вододействующих машин» *.

В XVIII веке на Урале были созданы железоделательные заводы, на которых работало свыше 500 приводных молотов.

Постройка молотов осуществлялась на заводе под руководством кузнеца Марка Сидорова и изобретателя Якова Татищева. Этот завод по признанию англичан являлся одним из лучших не только в России, но и за границей.

Вскоре появились падающие молоты с канатом и ремнем (рис. 5), давшие возможность производить одноручьевую штамповку мелких фасонных изделий.

Тульский оружейник Василий Антонович Пастухов первым в России освоил горячую штамповку деталей огнестрельного оружия. Тульские оружейники заслуженно славились в Европе еще в начале прошлого столетия.

В середине XIX века началось применение паровых молотов, открывших новый этап в развитии кузнечно-прессового производства. Паровой привод позволил расширить технологические возможности кузнечного производства.

Применение паровых штамповочных молотов в сочетании с ковочными молотами позволило осуществлять штамповку относительно крупных поковок.

Наряду с паровыми молотами появились гидравлические прессы для свободной ковки крупных поковок. Растущие масштабы производства требовали замены свободной ковки более производительным и экономичным методом — горячей штамповкой.

Возрастала мощность кузнечных машин. В восьмидесятых годах прошлого столетия в Перми был установлен уникальный паровой ковочный молот с весом падающих частей 50 *Т*, а в 1895 г. в Петербурге на Обуховском заводе смонтирован гидравлический ковочный пресс усилием 7500 *Т*.

Однако в целом в условиях капитализма развитие техники и технологии кузнечного производства, как и всей промышленности, в царской России шло весьма медленными темпами и отставало от развитых по тому времени других капиталистических государств. Лишь после Великой Октябрьской социалистической

* Сб. «Новое в области штамповочной технологии». Машгиз, 1951, стр. 8.

революции в связи с индустриализацией нашей страны начинается быстрое развитие кузнечно-штамповочного производства. Для таких отраслей промышленности, как автомобильная, авиационная, тракторная, транспортного и сельскохозяйственного машиностроения, для которых характерно крупносерийное и массовое производство, требовалось большое количество штампованных

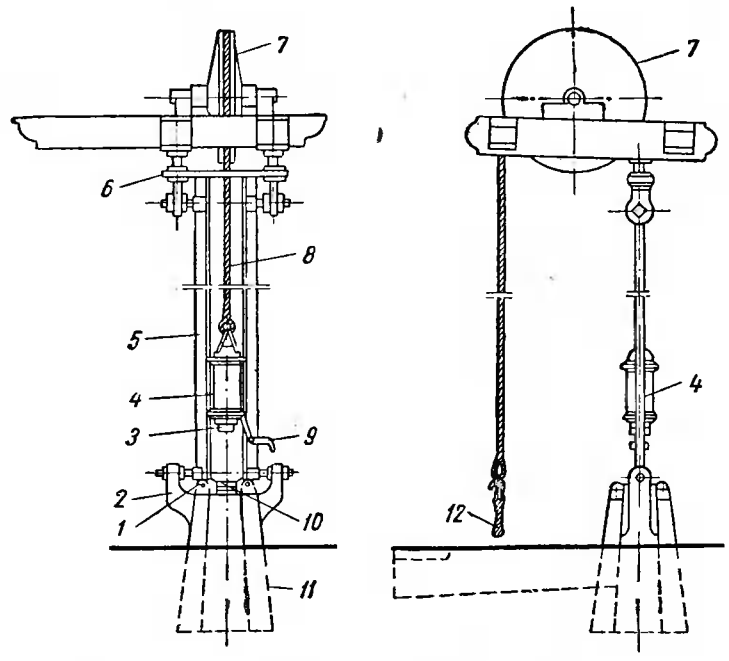


Рис. 5. Штамповочный молот Тульского завода:
1 — винты крепления штампа, *2* — приливы шабота, *3* — верхний штамп, *4* — баба весом 32—64 *кГ*, *5* — стойка, *6* — рама, *7* — блок, *8* — канат, *9* — откидной рычаг для удержания бабы на весу, *10* — нижний штамп, *11* — шабот весом 208 *кГ*, *12* — стремя для ног двух-трех рабочих, поднимающих бабу

поковок. Вес штампованных деталей от веса машины составляет: у автомобиля — 80, у трактора — 70, у самолета — 80%.

За годы первых пятилеток в нашей стране были созданы первоклассные кузнечно-штамповочные цехи на автомобильных заводах в городах Горьком и Москве, на тракторных — в Волгограде, Челябинске и Харькове, на Первом государственном подшипниковом заводе, Ростовском заводе сельскохозяйственного машиностроения и многих других. Кроме того, большинство действующих кузнечно-штамповочных цехов подверглось реконструкции. Были построены также современные прессо-ковочные це-

хи на крупнейших машиностроительных предприятиях: Уралмаше, Южуралмаше, Новокраматорском заводе и др.

Все реконструированные и новые кузнечно-штамповочные и прессо-ковочные цехи были оснащены современным оборудованием и средствами механизации. В результате указанных мероприятий парк кузнечно-прессового оборудования в нашей промышленности в настоящее время в 20 с лишним раз превышает парк дореволюционного периода.

За годы Советской власти создана новая отрасль — кузнечно-прессовое машиностроение, полностью удовлетворяющая потребности отечественного кузнечно-прессового производства.

Русские ученые содействовали развитию практики и теории кузнечно-штамповочного производства. Первый капитальный труд по технологии обработки металлов давлением был создан проф. А. П. Гавриленко, который систематизировал, обобщил практику кузнечного дела и дал новые трактовки и расчеты, не потерявшие значения и в наши дни. Проф. К. Ф. Грачев обобщил и дал толкование влияния процессов ковки на качество изделий на основе современного металловедения.

Русские ученые создали современную теорию обработки металлов давлением (Д. К. Чернов, С. И. Губкин и др.) и теорию кузнечных машин (И. А. Тиме, Я. Н. Маркович, А. И. Зимин и др.).

Технический прогресс в кузнечно-прессовом производстве открывает все бóльшие возможности и преимущества перед механической обработкой. Практика показывает, что при получении фасонных деталей механической обработкой непосредственно из прутка отходы металла в стружку составляют 50—70% веса прокатной заготовки, тогда как при изготовлении тех же деталей из отштампованных поковок экономия металла составляет в среднем 25% израсходованного металла; кроме того, на каждую тысячу тонн расходуемого металла освобождается 15 единиц металлорежущих станков и 30 рабочих.

Еще больший эффект получается по снижению трудовых затрат и росту производительности труда: если за один час работы квалифицированный токарь может выточить и нарезать на обычном токарном станке 6—7 болтов определенного размера, то на штамповочном прессе за один час можно изготовить до нескольких тысяч таких же болтов.

Таким образом, кузнечно-штамповочное и прессо-ковочное производство являются одним из наиболее прогрессивных видов производства, неуклонное и преимущественное развитие которого находит отражение в планах развития нашей промышленности.

Метод свободной ковки выгодно отличается от других методов тем, что позволяет изготовить поковку в короткий срок и с наименьшими затратами, так как подготовка производства достаточно проста и не трудоемка.

Свободная ковка находит преимущественное применение на предприятиях с единичным и мелкосерийным производством, а также в ремонтном деле. В серийном и массовом производствах экономически оправдывается применение метода горячей штамповки.

Большое самостоятельное значение свободная ковка имеет в тяжелом машиностроении, в производстве поковок для ответственных деталей, таких, как коленчатые валы двигателей, судовые валы, гребные винты, корпуса котлов и сосудов высокого давления, генераторные валы, турбинные диски, обода и зубчатые венцы, прокатные валки, колонны прессов, крупные детали экскаваторов, шаровых мельниц, дробилок и пр.

Метод свободной ковки непрерывно совершенствуется: изыскиваются и применяются новые, более рациональные способы и приемы ковки, совершенствуются инструмент и приспособления, повышается степень механизации работ, улучшается организация труда и т. д.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое ковка?
2. На какие виды подразделяется ковка по способу изготовления поковок?

Глава II
ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

§ 1. МЕТАЛЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Основными материалами, применяемыми в машиностроении, являются сплавы черных металлов, а также цветные металлы и сплавы.

Сплавы черных металлов представляют собой соединения железа с углеродом, кремнием, марганцем, серой, фосфором и другими элементами.

В дореволюционной России производство черных металлов было развито очень слабо и лишь в результате Великой Октябрьской социалистической революции после восстановления народного хозяйства их производство стало развиваться быстрыми темпами.

Сплав железа с углеродом, содержащий углерода до 2%, и некоторыми другими элементами называется *сталью*. Чем больше в стали углерода, тем она прочнее и тверже, но менее вязкая и более хрупкая. Кроме углерода, сталь содержит незначительное количество постоянных примесей, которые попадают в металл в процессе плавки. Такими примесями являются кремний, марганец, сера и фосфор. Для большинства сталей сера и фосфор — вредные примеси. Сталь, содержащая много фосфора, делается хрупкой при низких температурах (хладноломкая), а содержащая много серы — хрупкой при температурах выше 600° С (красноломкая).

Сталь выплавляется из чугуна в плавильных печах. При этом происходит значительное выгорание углерода и примесей.

По способу производства и роду плавильных печей сталь бывает:

конверторная (бессемеровская и томасовская), выплавляемая в особых грушеобразных сосудах — конверторах. За последние годы, благодаря применению кислорода и ряду усовершенствований, начали выплавлять конверторную сталь повышенного качества, что в сочетании с высокой производительностью делает конверторное производство стали перспективным;

мартеновская, выплавляемая в мартеновских сталеплавильных печах пламенного типа. Этот вид стали в настоящее

время наиболее распространен. Мартеновская сталь идет на изготовление большинства деталей в машиностроении;

электросталь, выплавляемая в электрических печах (дуговых и индукционных). Электросталь отличается высоким качеством, с минимальным содержанием вредных примесей. За последнее время сталь высокой чистоты получается в особых электрических печах методом электроннолучевой плавки в вакууме.

По химическому составу стали делятся на углеродистые и легированные.

В углеродистых сталях, кроме железа, основным элементом, влияющим на свойства стали, является углерод, содержание которого колеблется от 0,01 до 1,5—2,0%. Кроме углерода, углеродистая сталь содержит примеси кремния, марганца, серы, фосфора и некоторых других.

Углеродистые стали бывают:

обыкновенного качества с содержанием углерода не более 0,6%. Стали обыкновенного качества марки МСт.0, КСт.0, МСт.1, КСт.1, МСт.3кп, МСт.5, МСт.7, БСт.0, БСт.3, БСт.6 и др. выплавляют в мартеновских печах и конверторах и разливают для получения крупных слитков. Марки и химический состав сталей обыкновенного качества приведены в ГОСТ 380—60;

качественные, которые используются для изготовления ответственных деталей; марки 05кп, 08кп, 10кп, 10, 15, 15кп, 20, 20кп, 25, 30, 35, 40 и др. (ГОСТ 1050—60);

высококачественные с небольшим содержанием серы и фосфора.

Легированные стали, кроме углерода и обычных примесей, содержат легирующие, т. е. улучшающие сталь, элементы, которые вводятся в сталь при ее изготовлении. По легирующим элементам сталь и получает название.

Легирующий элемент участвует наравне с железом и углеродом в образовании структуры стали и влияет на ее свойства.

В качестве легирующих элементов применяются:

никель — придает стали твердость, высокую прочность, пластичность и вязкость;

хром — повышает твердость, прочность и износостойкость стали, одновременно понижая пластичность и вязкость;

молибден — повышает прочность, твердость и жаростойкость стали, незначительно понижает пластичность и вязкость; сохраняет механические свойства при высокой температуре;

кремний — сообщает стали упругость и незначительно снижает вязкость;

марганец — повышает твердость и прочность, придает стали износоустойчивость и немагнитность;

вольфрам — повышает твердость и прочность стали;

ванадий — повышает твердость стали и сообщает ей мелкозернистое строение, повышая этим пластичность и вязкость;

титан — сообщает стали плотное мелкозернистое строение и улучшает ее механические свойства;

алюминий — повышает жароупорность, а при низком содержании меди повышает пластичность;

медь — повышает устойчивость стали против ржавления.

Приблизительный химический состав стали определяют пробой на искру — по цвету и форме искр.

Легированные стали по назначению делятся на следующие:

конструкционные, применяемые для изготовления деталей машин, приборов, механизмов и ответственных металлических конструкций; общее количество легирующих элементов в них не превышает 5—6%;

инструментальные, служащие для изготовления высококачественного режущего, ударно-штамповочного и измерительного инструмента. От легированных конструкционных сталей они отличаются более высоким содержанием углерода и легирующих элементов;

с особыми физическими и химическими свойствами (нержавеющая, кислотоупорная, огнестойкая и др.).

Для отдельных легирующих элементов в маркировке сталей приняты следующие обозначения: Н — никель; Х — хром; К — кобальт; С — кремний; Ф — ванадий; В — вольфрам; М — молибден; Г — марганец; Д — медь; П — фосфор; Т — титан и Ю — алюминий.

Никелевые конструкционные стали отличаются высокой прочностью, значительной пластичностью и вязкостью. Они без затруднений куются. Основной недостаток никелевых сталей — их высокая стоимость.

Хромистые стали имеют повышенную твердость. Они применяются сравнительно широко из-за небольшой стоимости.

Кремнистые стали имеют повышенную прочность и упругость.

Марганцовистые стали обладают высокой пластичностью и прочностью.

Хромоникелевые стали имеют повышенную твердость, упругость, пластичность и вязкость.

Кремнехромистые стали имеют повышенную устойчивость против окисления.

Хромованадиевые стали имеют мелкозернистую структуру с повышенной пластичностью, вязкостью и упругостью.

Хромоалюминиевые стали имеют высокую твердость.

Из инструментальных легированных сталей наиболее распространенными являются хромистая, хромовольфрамовая и быстрорежущие.

Легированные стали труднее ковать, чем углеродистые, так как их теплопроводность значительно меньше теплопроводности углеродистых сталей и их приходится нагревать медленнее и

дольше выдерживать в печи при высоких температурах. Кроме того, ковка легированных сталей затруднительна и потому, что они сохраняют значительную прочность и в нагретом состоянии.

О качестве металлов и сплавов судят по их физическим, механическим и технологическим свойствам.

К физическим свойствам стали относятся:

теплопроводность — способность металла проводить тепло от одной более нагретой части к другой, менее нагретой. Это имеет очень важное значение при нагреве, так как чем меньше теплопроводность, тем больше опасность получения трещин;

теплоемкость — способность металла поглощать тепло. Количество тепла, необходимое для повышения температуры 1 *кг* вещества на 1° С, называется *теплоемкостью*. Наибольших величин теплоемкость достигает при температурах 723—1100° С. Теплоемкость выражается в больших калориях. Средний показатель теплоемкости стали при ковочной температуре равен 0,16. Показатель теплоемкости необходим при расчетах потребного количества топлива для нагрева металла под ковку;

температура плавления — температура, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое. Ее необходимо знать для определения температуры нагрева перед ковкой, чтобы не допустить порчи металла;

плотность — количество вещества в единице объема ($г/см^3$), которое необходимо знать для определения веса заготовки. Средняя плотность стали составляет 7,85 $г/см^3$.

К механическим свойствам стали относятся:

прочность — способность металла сопротивляться разрушению от действия на него внешних сил; прочность характеризуется особой величиной — пределом прочности:

$$\sigma_в = \frac{P_{max}}{F_0} \; кГ/мм^2,$$

где $\sigma_в$ — предел прочности;

P_{max} — максимальная нагрузка, $кГ$;

F_0 — поперечное сечение образца, $мм^2$.

Прочность — основное свойство всех машиностроительных металлов; с повышением температуры выше 250—300° С прочность понижается;

пластичность — способность металла деформироваться, т. е. изменять свою форму и размеры под действием приложенного давления без разрушения и сохранять полученную форму и размеры после прекращения действия внешних сил. Пластичность характеризуется пределом текучести, который составляет 40—50% от предела прочности, и относительным удлинением, равным 25—30% предела прочности. С повышением температуры пластичность увеличивается, что имеет большое значение для ковки;

твердость — способность металла сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела. На твердость металл испытывается на специальных твердомерах различными способами. Для этой цели в кузнечных цехах применяется чаще всего специальное оборудование — пресс Бринелля (рис. 6, *а*). Для проведения испытания на поверхности металла зачищают небольшой участок, а затем металл устанавливают на стол *1*. Вращая маховичок *2*, стол поднимают до соприкосновения металла с шариком *3*, закрепленным в верхней части пресса. Электродвигатель *5* приводит в действие систему рычагов и в результате шарик

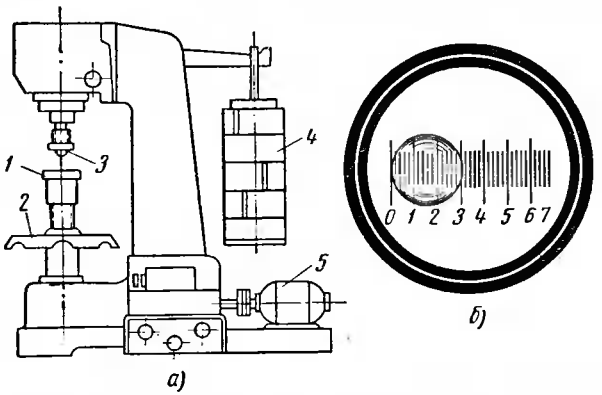


Рис. 6. Пресс Бринелля для испытания металла на твердость:

а — общий вид, *б* — замер лунки с помощью лупы с делениями; *1* — стол, *2* — маховичок, *3* — шарик, *4* — грузы, *5* — электродвигатель

усилием грузов *4* вдавливается в поверхность металла. Через 15—20 *сек* давление прекращают. На поверхности металла остается лунка, диаметр которой замеряют с помощью лупы с делениями (рис. 6, *б*);

ударная вязкость — способность металла изменять свою форму без разрушения при ударе. Ударная вязкость выражается в затраченной работе ($кГ \cdot м$), отнесенной к площади ($см^2$) начального поперечного сечения испытуемого образца. Испытание производится на специальных машинах-копрах.

К технологическим свойствам стали относятся:

ковкость — способность металла изменять свою форму без разрушения при определенной температуре под воздействием внешних нагрузок;

свариваемость — способность металла давать неразъемное соединение металлов при местном нагреве до плавления или до пластического состояния;

закаливаемость — способность нагретого до определенной температуры металла повышать свою твердость при быстром охлаждении; при этом повышается его прочность и понижается пластичность;

обрабатываемость резанием.

В качестве исходной заготовки для ковки служат слиток — для крупных и прокат — для средних и мелких поковок.

§ 2. КУЗНЕЧНЫЕ СЛИТКИ

Для прокатки сортового металла наиболее ходовыми являются слитки весом от 5 до 8 *т*, а для прокатки листового металла — от 5 до 25 *т*. Для прокатки легированной стали слитки отливаются весом до 5 *т*.

Слитки больших размеров имеют чаще всего шести- и восьмигранное сечение, а слитки небольших размеров, особенно из легированной стали, — квадратное сечение — для прокатки сортового металла, прямоугольное — для прокатки сортового и листового металла и круглое — для прокатки специальных сталей и специальных изделий (труб, колес, бандажей и др.).

Стальные кузнечные слитки, применяемые на машиностроительных заводах для изготовления из них поковок, имеют вес от нескольких десятков килограммов до 380 *т*.

Слитки из цветных металлов — небольшие по весу и размерам.

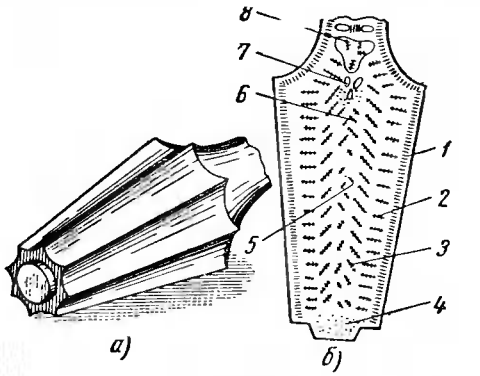


Рис. 7. Слиток:

а — общий вид, *б* — строение: *1* — наружный слой, *2* — внутренний слой, *3* — ликвационная зона, *4* — донная часть, *5* — средняя часть, *6* — усадочная рыхлость, *7* — пустоты, *8* — усадочная раковина

Слиток имеет сложное строение (рис. 7). По сечению слитка зерна-кристаллиты снаружи мелкие, а чем ближе к середине, тем они крупнее. Химический состав металла тоже разный: ближе к середине слитка содержится больше серы, фосфора и неметаллических включений.

В стали после заливки в изложницы при застывании образуются зародыши кристаллов, которые постепенно вырастают в кристаллиты, из которых в свою очередь образуются видимые невооруженным глазом дендриты. Наружный слой *1* слитка (см. рис. 7, *б*) получает мелкозернистую структуру, а слой *2*, находящийся под ним, — крупнозернистую (столбчатые кристаллы). В центральной, несколько смещенной кверху части слитка, засты-

вающей позднее, скопляется большая часть легкоплавких соединений — серы и фосфора. Эта часть *3* слитка называется *ликвационной зоной.* Она имеет пониженную прочность. Под ней в донной части располагается мелкозернистая, наиболее прочная часть *4* слитка. В средней (по сечению) части *5* слитка расположены крупные кристаллы.

В самой верхней прибыльной части слитка, затвердевающей в последнюю очередь, вследствие уменьшения объема стали при застывании, образуется рыхлость *6,* пустоты *7* и усадочная раковина *8.*

Усадочная рыхлость и ликвационная зона ухудшают качество слитка. Пустоты при ковке вытягиваются, сплющиваются и не всегда завариваются и при работе изготовленной детали могут перейти в трещину.

Кроме перечисленных, в слитке могут получаться следующие пороки:

брызги — появляются в нижней части слитка при заливке в изложницы металла от ударов струи о поддон изложницы. После прокатки или ковки брызги в изделии образуют плены;

пузыри — газовые образуются в середине слитка или под коркой, если в расплавленном металле содержалось много газов (рис. 8);

песочины и шлак — попадают в слиток при небрежном ведении заливки металла в изложницы и при неисправном состоянии ковша;

трещины — могут образоваться при неравномерном и очень быстром охлаждении слитка, вынутого из изложницы;

флокены — мелкие трещины, которые образуются в слитке в результате повышенного содержания в жидкой стали водорода. При охлаждении слитка в изложнице водород стремится проникнуть между зернами и выйти из металла, но не успевает, и тогда в слитке образуются мелкие разрывы, превращающиеся при прокатке или ковке в трещины-флокены.

В слитке различают три части: верхнюю, или прибыльную, часть, которая составляет у слитков из углеродистых сталей 14—17% от веса слитка, из легированных сталей 20—35% и из инструментальных сталей до 40%; среднюю часть слитка — наиболее доброкачественную, составляющую основное его тело, и нижнюю, донную, часть, составляющую 5—7% от веса слитка.

Прибыльная и донная части слитка в начале процесса ковки отрубаются.

Неоднородность по структуре и химическому составу стальных слитков, идущих на изготовление крупных поковок и проката, оказывает влияние на качество получаемых деталей.

Лучшими механическими свойствами обладает металл наружных слоев слитка, находящихся в зоне интенсивного отвода тепла при его охлаждении в изложнице. Чем ближе к центру слитка, тем медленнее происходит отвод тепла при охлаждении и тем ниже механические свойства металла.

Эти особенности исходного металла следует учитывать при изготовлении из них заготовок для дальнейшей обработки в механических цехах на металлорежущих станках. Напуски и большие припуски на заготовках ведут к тому, что при механической обработке на станках с них снимается в стружку лучший слой металла.

Кузнечные слитки являются исходным материалом для изготовления крупных сплошных массивных, пустотелых и кольцеобразных поковок: зубчатых колес, валов, колонн, тяг, барабанов,

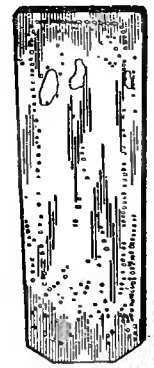


Рис. 8. Газовые пузыри

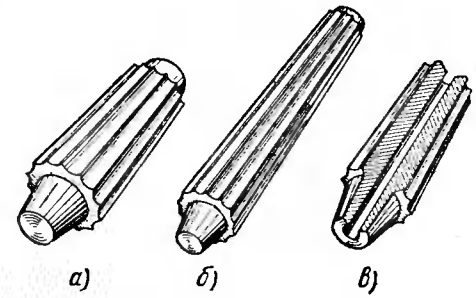


Рис. 9. Слитки: *а* — нормальный, *б* — удлиненный, *в* — пустотелый

венцов и др. Для них могут применяться нормальные, удлиненные и пустотелые (полые) слитки (рис. 9).

У нормальных и полых слитков отношение их длины к диаметру равно двум, а у удлиненных — четырем. Удлиненные слитки обычно по весу не превышают 11—12 *т.* Они имеют весьма незначительный вес прибыльной (12%) и донной (2%) частей. Выход годного металла (не считая отходов) при ковке удлиненных слитков повышается до 73—77%. Кроме того, удлиненные слитки дают возможность увеличить производительность кузнечно-прессовых машин на 20—30% за счет сокращения количества нагревов и машинного времени при ковке. Применение удлиненных кузнечных слитков наряду с экономией металла сокращает расход топлива при нагреве под ковку.

Пустотелые слитки отливаются весом до 130 *т.* Диаметр полости в слитках определяется из соотношения:

$$\frac{D}{4} \leqslant d \leqslant \frac{D}{2{,}6};$$

где D — наружный диаметр слитка;

d — внутренний диаметр слитка.

Применение пустотелых слитков обеспечивает сокращение расхода металла на 25—30%, упрощает процесс ковки пустотелых поковок за счет исключения тяжелых и трудоемких заготовительных операций по сравнению с изготовлением их из сплошного слитка и уменьшает продолжительность цикла ковки в 2—3 раза.

Выход годного при изготовлении поковок из пустотелых слитков обычно составляет от 55 до 67%.

§ 3. ПРОКАТ

Получаемая при прокатке слитков заготовка-полупродукт служит исходным металлом для получения различных прокатных изделий. Ниже приведены данные о производстве проката в СССР в сравнении с производством в царской России.

Годы	1913	1940	1955	1958	1965	1966	1970 (план)
Прокат, млн. *т* . .	3,5	13,1	8,5	43,1	70,9	76,6	95—98

Различают два вида заготовок-полупродукта: болванки обжатые (блюмсы) и прямоугольного профиля (слябы).

Блюмсы — заготовки квадратного сечения с закругленными углами и вогнутыми гранями крупных размеров со сторонами от 140 до 450 *мм* при длине от 1 до 6 *м*, получаемые на обжимном стане (блюминге). Блюмсы идут для дальнейшей прокатки сортового металла или служат заготовкой в кузнечном производстве.

Слябы — заготовки прямоугольного сечения толщиной от 50 до 300 *мм* и шириной от 500 до 1600 *мм*. Слябы получаются на слябингах и идут для дальнейшей прокатки.

В результате дальнейшей прокатки полупродукта получается готовый прокат: сортовой, листовой, трубы, специальный и периодический.

Сортовой прокат представляет собой катаную заготовку различного профиля: круглый (рис. 10, *а*) диаметром до 200 *мм*, квадратный (рис. 10, *б*) со стороной от 40 до 250 *мм*, прямоугольный (рис. 10, *в*) толщиной до 60 *мм* и шириной от 12 до 200 *мм*, а также шестигранный и полосовой.

К сортовому прокату относится фасонный (рис. 10, *г*), имеющий угловой, коробчатый и другие профили (двутавровые балки, швеллеры, угловая сталь и др.) и профили специального назначения (рис. 10, *д*).

Использование фасонного проката для изготовления деталей в крупносерийном и массовом производствах позволяет экономить металл, снижать трудоемкость изготовления деталей и, кроме того, получать детали с повышенными механическими свойствами, благодаря благоприятному расположению волокон металла по контуру изготовляемой детали.

Специальные виды проката служат для изготовления бандажей, колес, зубчатых колес.

У периодического проката (продольного *1* и поперечно-винтового 2) поперечное сечение периодически изменяется по длине заготовки (рис. 10, *е*). Периодический прокат является фасонной заготовкой для последующей штамповки, а иногда заготовкой под механическую обработку.

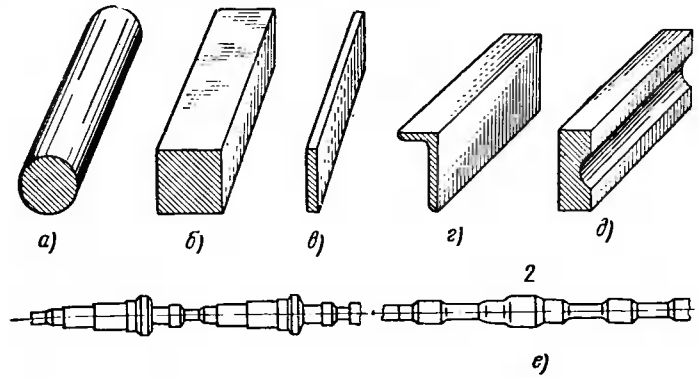


Рис. 10. Прокат:
а — круглый, *б* — квадратный, *в* — прямоугольный, *г* — фасонный, *д* — специального назначения, *е* — периодический (*1* — продольный, *2* — поперечно-винтовой)

Для ряда деталей весьма рациональным видом заготовок являются трубы, так как стоимость их значительно ниже стоимости поковок, а коэффициент использования металла значительно выше. Кроме того, трудоемкость механической обработки деталей из труб обычно невысокая.

В отдельных случаях целесообразным является использование труб вместо горячего проката, несмотря на его более низкую стоимость. Это оправдывается как экономией в расходе металла, так и снижением трудоемкости.

§ 4. ПОРОКИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

Сталь, поступающая на завод, сопровождается сертификатом (накладной), в котором указаны марка стали, химический состав, номер плавки, количество и размер прутков, вес партии, номер ГОСТа и результаты испытаний, если они требуются для данной стали по техническим условиям.

На каждом прутке толщиной более 30 *мм* завод-поставщик ставит клеймо, обозначающее марку стали, номер плавки и знак

технического контроля (приемщика ОТК). Клеймо ставится на торце прутка либо на боковой поверхности. Помимо этого, каждый торец прутка заводом-поставщиком окрашивается краской в цвет, соответствующий данной марке стали.

При приемке сталь подвергается тщательному контролю по внешнему виду и химическому составу. Проверка механических свойств и химического состава (а иногда макро- и микроструктуры) осуществляется центральной лабораторией завода. Химический анализ по спектру поступившей стали на складе выполняют с помощью переносного прибора — стилоскопа. Для выявления внешних пороков (особенно у легированной стали) пользуются зачисткой «контрольных лент» на поверхности прутков. Для этой же цели на некоторых заводах осуществляют предварительное травление (выборочное) поступивших на склад прутков.

Обнаруживаемые при приемке, в процессе ковки и на окончательном контроле пороки металла в значительной мере связаны с качеством исходного материала, а последний наследует его от качества слитка, из которого получен прокатный металл. Кроме того, на качество прокатных заготовок влияет режим нагрева слитков, прокатки и охлаждения прутков.

Государственными общесоюзными стандартами (ГОСТами) предусмотрено изготовление проката наиболее часто встречающихся в промышленности номинальных размеров сечения. Фактические же размеры сечения проката отличаются от номинальных на некоторую величину в бо́льшую или меньшую сторону в пределах допуска, устанавливаемого ГОСТом.

В зависимости от предусмотренных отклонений различают прокат обычной точности и повышенной точности. Так, например, квадратные прутки сечением 150×150 *мм* обычной точности изготовляют с отклонениями $^{+0,8}_{-2,0}$, а такие же прутки повышенной точности — отсортировкой с отклонениями $^{+0,6}_{-2,0}$.

Для получения относительно высокой точности горячекатаный прокат после его охлаждения подвергается волочению, при котором размер его сечения доводится до нужной высокой точности. Такой прокат называется *калиброванным*. Так, например, горячекатаный прокат повышенной точности квадратного сечения со стороной квадрата 80 *мм* имеет отклонения $^{+0,4}_{-1,2}$, а прутки такого же сечения, но калиброванные, имеют только одностороннее отклонение в меньшую сторону (в минус) на величину 0,2 *мм*.

Точность проката имеет большое значение при его последующей обработке, в том числе в кузнечно-штамповочном производстве при изготовлении точных поковок.

При выборе точности проката учитывают экономическую целесообразность, так как чем выше его точность, тем он дороже.

При недостаточном прогреве или большом обжатии при прокатке в заготовках могут возникнуть трещины или расслоения. Резкое охлаждение после прокатки также может служить причиной образования трещин. При неравномерном остывании наружного и внутреннего слоев могут образоваться внутренние кольцевые трещины вследствие отрыва средней части заготовки от ее поверхностного слоя.

Трещины иногда тянутся на значительную длину вдоль проката и изготовленные из него поковки расслаиваются.

Волосовины — мелкие длинные и тонкие трещины (глубиной до 1,5—2 *мм*) на поверхности заготовки, имеющие вид вытянутого волоса. Они возникают при прокатке вследствие вытягивания подкорковых газовых пузырей и неметаллических включений в слитке. Волосовины видны невооруженным глазом и при ковке (особенно при осадке) могут быть причиной образования глубоких трещин. Для выявления волосовин применяют травление или ступенчатую обточку прутка на токарном станке на глубину 1—3 *мм* и длину до 10—15 *мм*.

Плены — поверхностные пороки, возникающие при прокатке заготовок с застывшими брызгами на поверхности слитков. Оставшиеся на поковках плены могут привести к браку, так как после их вырубки нарушаются размеры поковки.

Закаты — образующиеся в процессе прокатки на поверхности заготовки долевые складки глубиной до 1 *мм*, которые обычно тянутся по всей длине заготовки.

Подрезы, царапины, риски появляются на поверхности заготовки при прокатке в валках, имеющих изъяны поверхности: задиры, забоины, риски и т. п.

Флокены — пороки, главным образом, в легированных сталях, имеющие вид многочисленных весьма тонких трещин, возникающих после горячей обработки давлением. Флокены часто обнаруживаются только на последних этапах механической обработки, когда деталь уже почти готова. Поковки с флокенами растрескиваются при закалке.

Флокены могут быть заварены ковкой и штамповкой. Неглубокие трещины, волосовины, плены, закаты можно вырубить пневматическим зубилом или зачистить шлифовальным кругом.

Неметаллические включения в катаных заготовках — шлаки, песок, стекло, огнеупорные материалы и др. — получаются в слитке в результате загрязнения ими жидкого металла при плавке и разливке в изложницы. Неметаллические включения понижают прочность поковок и изделий и могут привести к поломке режущего инструмента при обработке таких заготовок на металлорежущих станках.

§ 5. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

В настоящее время в машиностроении для обработки давлением наибольшее применение нашли следующие цветные металлы и сплавы.

Алюминий — легкий и весьма пластичный металл серебристо-белого цвета, плотность 2,7—2,8 *г/см*³. Алюминиевые сплавы поступают в виде прессованных прутков различных диаметров и длин в соответствии с ГОСТ 7857—55. Сплавы алюминия хорошо поддаются ковке при температуре 400—480° С.

Из этих сплавов ковкой изготовляют ответственные детали в автотракторной, авиационной и судостроительной промышленности. Число деталей, изготовляемых из сплавов алюминия, за последние годы непрерывно возрастает.

Магний — легкий металл серебристо-белого цвета, ковкий и твердый, плотность 1,7 *г/см*³. Сплавы магния с марганцем марок МА1, МА2, МА3 и др. хорошо поддаются обработке давлением. Температурный интервал ковки — 340—420° С.

Титан — металл серебристого цвета, плотность 4,5 *г/см*³. Титановые сплавы хорошо куются при температуре 850—1100° С.

Медь — наиболее распространенный в технике цветной металл. Медь весьма пластична и может подвергаться обработке давлением в горячем и холодном состоянии. Температурный интервал нагрева 700—800° С.

Латуни — сплавы на медной основе с добавкой цинка и некоторых других элементов. Латунь свинцовистая — ЛС59, содержащая 59% меди и 1% свинца, широко применяется в кузнечном производстве. Она хорошо куется в температурном интервале 650—750° С.

Бронзы — сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием и другими элементами. В кузнечном производстве в основном применяют два типа бронз: алюминиевую (куется в температурном интервале 750—900° С) и бериллиевую (температурный интервал ковки 700—800° С).

Бронзы и латуни поступают в виде катаных или прессованных прутков в соответствии с ГОСТ 6511—60 и 2060—60.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется сталью?
2. Чем отличается углеродистая сталь от легированной?
3. Какие пороки встречаются в стальном слитке?
4. Какой прокат называется периодическим?
5. Что такое блюмсы и слябы?

Глава III
НАГРЕВ МЕТАЛЛА И НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

§ 6. ТОПЛИВО ДЛЯ НАГРЕВА МЕТАЛЛА

Нагрев металлических заготовок является одной из основных операций в кузнечном производстве. Тепло, необходимое для нагрева металла до температуры ковки (ковочной), образуется в результате процесса горения топлива, основным горючим веществом которого является углерод.

В зависимости от количества подаваемого в топку воздуха, углерод топлива может сгореть полностью и образовать двуокись углерода (углекислый газ) CO_2 или при недостатке воздуха сгореть не полностью с образованием окиси углерода (угарного газа) CO.

При полном сгорании 1 *кг* углерода выделяется 8140 калорий тепла, а при неполном сгорании такого же количества углерода выделяется только 2400 калорий, остальное количество тепла будет оставаться в продуктах неполного горения. При добавлении к этим газам воздуха и при достаточной для горения температуре можно осуществить дожигание угарного газа с выделением остаточного тепла. Подсчитано, что при содержании 1% угарного газа CO в отходящих газах теряется от 5 до 6% тепла, заключенного в сжигаемом топливе.

На практике, при работе нагревательных печей, особенно с ручным обслуживанием топок, чаще всего наблюдается неполное сгорание топлива, т. е. сгорание только части углерода с образованием угарного газа.

Для того чтобы достигнуть полного сгорания топлива, подают воздух с избытком на 5—10% по сравнению с расчетной его потребностью.

Внешним признаком неполного сгорания топлива является образование коптящего пламени в печи. Признаком полного сгорания является равномерное заполнение рабочей камеры печи длинным пламенем молочно-белого цвета без ярких, блестящих языков.

Для нагрева металла при ковке применяют жидкое, газообразное и реже — твердое и пылевидное топливо, а также электрическую энергию. Если топливо употребляется в том виде, в каком

оно добывается, оно называется *естественным*, или природным, а если до употребления перерабатывается, его называют *искусственным*.

Всякое топливо (жидкое, газообразное или твердое) представляет собой соединение большого количества различных веществ, называемых в химии элементами, из которых в горении активно участвуют только три: углерод, водород и кислород; первые два сами горят, а третий — не горит, но поддерживает горение. Остальные вещества, как сера, азот, вода и зола, являются негорючими, ухудшающими качество топлива, и поэтому получили название «балласта».

Количество тепла, которое выделяется при сгорании топлива, зависит от его состава. Чем больше в нем полезных горючих элементов, тем большее количество тепла выделяется при его сгорании.

Количество тепла, выделяющееся при сгорании единицы топлива, измеряется в калориях. *Калорией* называется количество тепла, необходимое для нагревания воды на 1° С в количестве: 1 *кг* — большая калория, или килокалория (*ккал*), или 1 *г* — малая калория (*кал*).

Количество тепла в килокалориях, которое выделяется при полном сгорании 1 *кг* твердого или жидкого топлива (*ккал/кг*) или 1 $м^3$ газообразного топлива (*ккал/$м^3$*), называется *теплотворной способностью,* которая является главной характеристикой всякого топлива. Например, теплотворная способность мазута 10 500 *ккал/кг*. Теплотворная способность угля колеблется в зависимости от сорта и содержания золы и влаги от 4400 до 7500 *ккал/кг*.

Чем выше теплотворная способность топлива, тем оно ценнее, так как для получения одного и того же количества тепла его требуется меньше.

При расчетах расхода жидкого, газообразного и твердого топлива за единицу принимают условное топливо с теплотворной способностью 7000 *ккал/кг*.

В качестве жидкого топлива в кузнечных цехах обычно применяют мазут — остаток, получаемый из нефти после отгонки из него керосина, бензина и минеральных масел. Мазут имеет большую теплотворную способность и ограниченное содержание балласта (золы, воды и серы). Мазут содержит (%): углерода — 86, водорода — 12,7, кислорода и азота вместе 1,3. Балласта в мазуте может содержаться до 2—2,3%.

По содержанию парафина мазуты делятся на несколько марок (А, Б, В, Г, Д), отличающихся между собой степенью вязкости, имеющих различные температуры застывания (от —5 до +36° С). От вязкости мазута зависит легкость и качество его распыления. Если для мазута марки А подогрева летом не требуется, то зимой его необходимо подогревать до 20—30° С. Мазут марки Б зимой и летом необходимо подогревать до температуры 30—40° С. Для остальных марок мазута температура подогрева обычно составляет 60—70° С.

Газообразное топливо является наиболее совершенным. В кузнечных цехах находит применение естественное и искусственное газообразные топлива. Искусственный генераторный газ получают из твердого топлива (торфа, дерева, каменного угля) в специальных устройствах — газогенераторах. Естественное топливо — это природный газ, выделяющийся из мест залегания нефти, угля и торфа.

Теплотворная способность применяемых в кузнечном производстве газообразных топлив составляет (*ккал/$м^3$*): генераторных 1200—1600, природных до 8800.

Газообразное топливо по сравнению с другими его видами обладает следующими преимуществами:

лучшее смешение с воздухом, что обеспечивает наиболее полное сгорание топлива и упрощает конструкцию печи и устройств для его сжигания;

возможность подогрева газа и воздуха позволяет получить в печах ковочную температуру при сжигании относительно низкокалорийных газов;

подача газообразного топлива легко регулируется с помощью приборов, что дает возможность получить точную температуру и постоянный режим работы печи;

подача газообразного топлива к любому количеству печей и в любом количестве не вызывает затруднений;

работа печей на газообразном топливе создает более благоприятные условия труда при их обслуживании.

К твердому топливу относятся каменный (антрацит и кокс) и древесный уголь. Для кузнечных горнов употребляют спекающийся уголь марки ПЖ, горящий сравнительно коротким пламенем. При кузнечной сварке применяют главным образом кокс.

Теплотворная способность каменного угля составляет 6500—7500 *ккал/кг*.

Следует указать, что по мере технического прогресса в кузнечных камерных печах твердое топливо применяют все меньше в связи с несовершенством его сжигания и менее благоприятными условиями труда по сравнению с жидким и газообразным топливом.

§ 7. УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА

Топливо сжигается при помощи специальных устройств, конструкция которых зависит от вида применяемого топлива. Применяемые для сжигания устройства называются: для жидкого топлива — форсунками, газообразного — горелками и твердого — топками.

Мазут, сжигаемый в печах, предварительно распыляется на мелкие капельки. Чем мельче распыливание мазута, тем больше поверхность соприкосновения его капелек с воздухом, тем лучше и полнее его сгорание. Форсунки, применяемые для распыливания мазута и смешивания его с воздухом, бывают двух типов: низкого и высокого давления. В форсунках низкого давления распыление мазута производится воздухом под давлением от 300 до 1000 *мм вод. ст.* [от 0,03 до 0,1 *ат*]. Мазут подается под давлением 1,5—2 *ат*. Форсунки высокого давления работают под давлением распыливающего воздуха в 2—8 *ат* и давлении мазута до 0,1 *ат*. Самым выгодным для распыливающего воздуха в форсунках низкого давления считается давление 500—700 *мм вод. ст.* Через эти форсунки проходит воздух, необходимый как для распыливания, так и для горения. В форсунки высокого давления подается воздух или пар только для распыливания мазута, а для его сжигания воздух засасывается из цеха через форсуночное отверстие в печи.

Наиболее распространенной является форсунка низкого давления, простейшая конструкция которой изображена на рис. 11, *а*. Форсунка состоит из воздушного сопла *5* и мазутного сопла *4*, насаженного на трубку *7*. Воздушное сопло ввинчивается в корпус форсунки *3*. Мазутная трубка ввинчена в тройник *6*. Диаметр воздушного сопла определяет производительность форсунки: чем он больше, тем выше производительность форсунки, при одинаковом диаметре мазутного сопла.

Форсунки низкого давления дают широкий факел длиной 0,6—1,2 *м*, а форсунки высокого давления — узкий факел длиной 2,5—4,5 *м*.

Форсунка высокого давления инж. Шухова (рис. 11, *б*) состоит из двух трубок *2* и *1*, вставленных одна в другую; по внутренней *2* трубке под давлением поступает через щели *3* мазут, а по наружной *1* трубке подается под давлением воздух или пар.

Хотя форсунки высокого давления имеют ряд преимуществ перед форсунками низкого давления, все же в кузнечных цехах отдают предпочтение последним. Это объясняется тем, что форсунки высокого давления, имея длинный факел и острое пламя, нередко пережигают отдельные участки заготовки, в то время как форсунки низкого давления дают широкий короткий и мягкий факел пламени, который омывает заготовки и равномерно их нагревает.

В газовых печах газ сжигается при помощи горелок, предназначенных для смешения газообразного топлива и воздуха. По давлению газа горелки бывают двух типов: высокого и низкого давления. Те и другие разделяются на горелки внешнего и внутреннего смешения. В горелке внешнего смешения (рис. 12) газ и воздух подводятся раздельно: струйки газа, выходящие из мелких отверстий конической насадки, двигаются под углом к

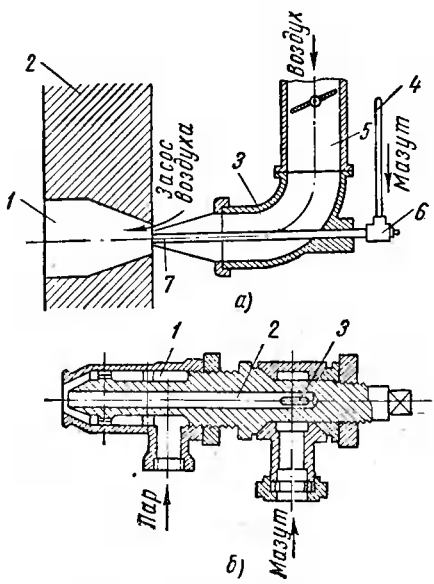


Рис. 11. Форсунки:

а — низкого давления: *1* — форсуночное окно, *2* — стенка печи, *3* — корпус форсунки, *4* — мазутное сопло, *5* — воздушное сопло, *6* — тройник, *7* — трубка мазутного сопла; *б* — высокого давления: *1* — трубка для подачи воздуха (пара), *2* — трубка для подачи мазута, *3* — щели трубки *2*

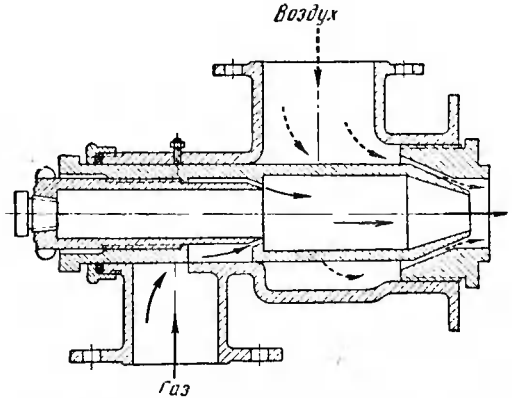


Рис. 12. Газовая горелка внешнего смешения

струе воздуха, выходящего из щелевого отверстия. Смешение газа с воздухом происходит вне горелки.

К горелкам внутреннего смешения относятся инжекционные горелки (рис. 13). В них смешение газа с воздухом в специальном смесителе *4* полностью завершается до поступления в горелку, в которую подается уже готовая газовоздушная смесь.

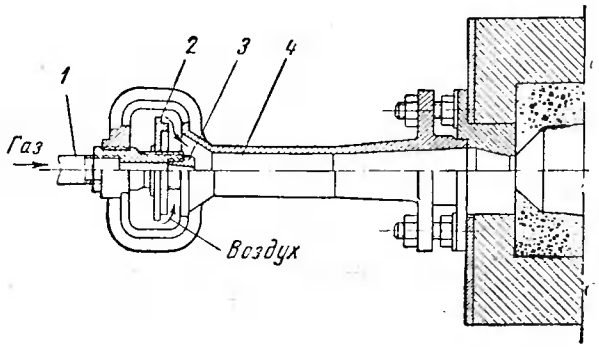


Рис. 13. Газовая горелка внутреннего смешения (инжекционная):
1 — газопровод, *2* — регулировочная шайба, *3* — коническое сопло, *4* — смеситель

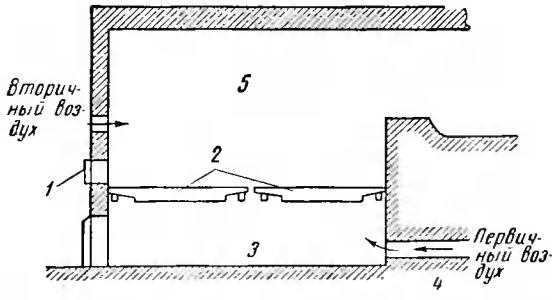


Рис. 14. Топка для сжигания твердого топлива:
1 — рабочее окно, *2* — колосниковая решетка, *3* — зольник, *4* — воздушная труба, *5* — пространство топки

Из газопровода *1* газ под давлением 0,3—1,5 *ат* подается к смесителю *4*. Проходя через коническое сопло *3*, газ засасывает воздух через щель, регулируемую шайбой *2*. Из горелки через ее сопло газ поступает в туннель, где и загорается. Чем больше диаметр отверстия газового сопла и чем больше давление газа, тем больше подсасывается воздуха, следовательно, тем выше производительность горелки. Устройства для сжигания газа в большей степени, чем устройства для сжигания других видов топлива, позволяют автоматизировать процесс смешения и сжигания топлива.

Для сжигания твердого топлива в кузнечных печах служат топки (рис. 14). Топливо в топку подается через шуровочное (рабочее) окно *1* на специальную чугунную решетку *2*, называемую *колосниковой решеткой*. Она состоит из отдельных чугунных брусков-колосников. Под колосниковой решеткой находится зольник (поддувало) *3*, куда проваливается зола и огарки; через зольник в топку по трубе *4* поступает от вентилятора воздух, необходимый для горения. Из зольника воздух через зазоры в колосниковой решетке проходит сквозь слой топлива и таким образом происходит горение, т. е. соединение горючих элементов топлива с кислородом воздуха.

Пространство топки *5*, расположенное выше колосниковой решетки, называется *топочным*. В этом пространстве догорают летучие вещества топлива.

При сжигании углей на колосниковой решетке необходимо:

поддерживать толщину слоя топлива от 80 до 200 *мм* в зависимости от величины кусков угля; лучшие результаты дает уголь в кусках размером 30—50 *мм*;

шуровать топку, разрыхляя и разравнивая верхние слои угля;

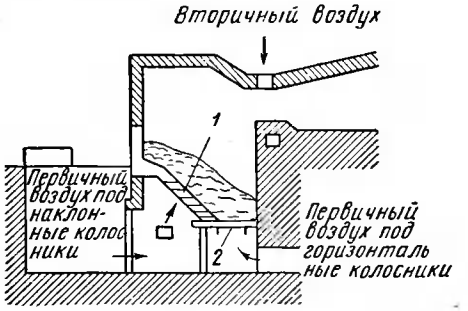


Рис. 15. Полугазовая топка:
1 — ступенчатые колосники, *2* — горизонтальная решетка (колосники)

загружать печь свежим топливом мелкими порциями через возможно короткие промежутки времени (5—8 *мин*).

Наиболее совершенной для сжигания угля является полугазовая топка (рис. 15). Она состоит из наклонной части со ступенчатыми колосниками *1* и горизонтальной решетки *2*. В такой печи топливо сжигается более толстым слоем и при меньшем доступе воздуха. Этим создаются условия неполного сгорания, в результате чего в топке выделяется «полугаз». Полугаз (угарный газ) дожигается в рабочем пространстве печи при подаче вторичного, предварительно подогретого воздуха. При таком сжигании топлива в рабочем пространстве создаются условия, обеспечивающие равномерный нагрев металла и высокую производительность печи.

Средний расход угля в полугазовой топке составляет 250—300 *кг* в час.

§ 8. РЕЖИМ И СПОСОБЫ НАГРЕВА КУЗНЕЧНЫХ ЗАГОТОВОК

Металл перед ковкой нагревают с целью увеличения пластичности (ковкости) его, т. е. уменьшения сопротивления его деформированию, вследствие снижения предела прочности.

Чем выше температура нагрева, тем выше пластичность и ковкость и тем ниже сопротивление металла деформированию. Это в свою очередь дает возможность уменьшить величину потребного для изменения формы металла давления.

При нагреве от комнатной температуры до 1300° С предел прочности на растяжение сталей снижается от 27 до 32 раз. Соответственно снижается и потребное для обработки давлением усилие.

Однако температура нагрева металла не может быть произвольно высокой. Следует также иметь в виду, что при некоторых температурах металл становится хрупким. Так, например, углеродистая сталь при нагреве до температур в интервале 300—500° С обладает синеломкостью, а в интервале 800—1000° С — красноломкостью.

Правильный режим нагрева металла обеспечивает высокую производительность ковочного оборудования, хорошее качество поковок, экономию топлива и металла.

Нагрев оказывает большое влияние не только на пластичность, но и на теплопроводность, структуру стали и механические свойства поковок.

Чтобы правильно вести процесс нагрева, необходимо знать:

максимально допустимую для данной марки стали температуру нагрева в печи (верхний предел);

минимально допустимую температуру конца ковки (нижний предел);

продолжительность нагрева заготовки в печи до температуры начала ковки — скорость нагрева;

время выдержки в печи заготовки, нагретой до требуемой температуры.

Под максимально допустимой температурой нагрева металла в печи следует понимать температуру поверхности заготовки в момент выдачи ее из печи. Эта температура зависит от природы металла. Высокая температура нагрева заготовки, а также длительная выдержка при этой температуре могут привести к ее перегреву, при котором сталь становится крупнозернистой, что ухудшает ее механические свойства, снижает пластичность и увеличивает хрупкость. Перегретая сталь может быть исправлена термической обработкой (отжигом).

Если продолжать нагревать сталь длительное время при температуре, близкой к точке плавления, то произойдет пережог. При пережоге происходит оплавление металла не только по поверхности заготовки, но и внутри ее по границам зерен, отчего связь между ними нарушается. Пережженная сталь теряет прочность и пластичность и становится хрупкой. При небольшом обжатии пережженная заготовка разламывается на части (пушится). Чем выше в стали содержание углерода, тем ниже температура, при которой происходит пережог. Пережженная сталь является неисправимым браком.

Большое значение для качества поковок имеет температура конца ковки (нижний предел). При низких температурах (ниже 800° С) прочность стали значительно возрастает и для изменения ее формы необходимо приложить значительные усилия. Это вызывает преждевременный износ кузнечного инструмента и может привести к поломке кузнечного оборудования. Ковка стали при низких температурах сопровождается явлением *наклепа,* т. е. упрочнением поверхностных слоев металла. Если процесс ковки заканчивать при высоких температурах (выше 1000—1100° С), металл поковки получится крупнозернистым, с низкими механическими качествами. Таким образом, для получения высококачественной поковки необходимо знать температуру начала и окончания процесса ковки.

Область температур, лежащих между верхним и нижним допустимыми пределами, называется *температурным интервалом ковки.* Правильный его выбор является основным условием успешного ведения процесса ковки.

Хорошую пластичность и ковкость сталь имеет при температуре 1050—1300° С. Чем меньше в стали углерода и легирующих элементов, тем выше температура, до которой можно ее нагревать.

Для каждой марки стали установлены определенные температурные интервалы ковки.

Температурные интервалы ковки для ряда сталей и некоторых цветных сплавов даны в табл. 1, а диаграмма температурных интервалов ковки приведена на рис. 16.

При нагреве металла тепло распространяется с его поверхности внутрь с определенной скоростью, которая зависит от теплопроводности металла. Часть заготовки, обращенная к пламени, будет нагреваться быстрее, чем противоположная ей сторона.

Теплопроводность стали зависит от содержания в ней углерода и легирующих элементов: никеля, хрома, вольфрама и др. Чем меньше в стали углерода и легирующих элементов, тем больше ее теплопроводность. Таким образом, низкоуглеродистые и низколегированные стали проводят тепло внутрь быстрее, чем высокоуглеродистые и высоколегированные стали.

Нагрев заготовок ведут равномерно, т. е. таким образом, чтобы не было резкой разницы между температурами поверхности заготовки и ее середины. При нарушении этого условия наиболее нагретая часть заготовки будет стремиться расшириться больше,

чем внутренняя, менее нагретая часть, в результате этого при большой разнице температур заготовка может дать трещину.

Для равномерного прогрева заготовки большого сечения нагрев ведут медленно, особенно до температуры 800—850° С.

Когда поверхность заготовки достигнет установленной для нее температуры, то для выравнивания этой температуры по сечению заготовку некоторое время выдерживают в печи. Время такой выдержки принимается равным 20—25% времени нагрева.

При нагреве стали до высоких температур (свыше 900° С) поверхностный слой ее окисляется кислородом воздуха и печных газов, превращаясь в окалину (угар металла). Образование окалины наносит ущерб кузнечному производству, так как сопряжено с дополнительным расходом металла. Толщина слоя окалины зависит от длительности пребывания металла в печи, от характера печной атмосферы, химического состава металла, а также от температуры печи: чем она выше, тем интенсивнее протекает процесс окисления. Для уменьшения окалины нагрев ведут с учетом влияния указанных факторов.

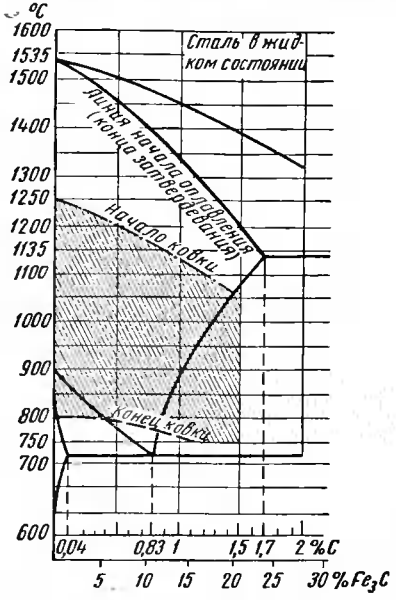


Рис. 16. Диаграмма температурных интервалов ковки

При нагреве в нефтяных и газовых печах потери на образование окалины составляют 2—3% от веса заготовки — при первом нагреве и 1—1,5% — при каждом последующем подогреве. При нагреве в электронагревательных установках отход на окалину снижается в два и более раз.

Перед ковкой нагретый металл очищают от окалины стальной щеткой, а также путем сдувания ее сжатым воздухом или паром, в противном случае закованная в здоровое тело поковки окалина может привести к браку, выявляемому при механической обработке.

При высоких температурах нагрева металла вместе с образованием окалины идет процесс обезуглероживания поверхностного слоя металла. Обезуглероженный слой находится под слоем окалины. Выгорание, т. е. окисление углерода, приводит к ухудшению механических свойств стали, к снижению прочности изготовленного из такого металла изделия. Особенно вредно обезуглероживание в тех случаях, когда поковка подвергается термической обработке, в результате чего получается так называемая пятнистая твердость поверхности изделия, т. е. неодинаковая твердость разных участков поверхности.

Таблица 1

Температурные интервалы ковки

Виды сплавов	Характеристика	Температура ковки, °С: начала (верхний предел)	Температура ковки, °С: конца (нижний предел)
Содержание углерода			
Углеродистые стали	До 0,3 %	1150—1250	800—850
	0,3—0,5%	1100—1200	
	0,5—0,9%	1050—1150	
	0,9—1,5%	1000—1100	
Легированные стали	Низколегированные а*	1100	800—850
	Среднелегированные б	1100—1150	850—900
	Высоколегированные в	1150	
Медные сплавы	Бронза	850	750
	Латунь	750	600
Алюминиевые сплавы	Дюралюминий	470	350

* Содержание легирующих элементов (%): а — не более 3, б — свыше 3 до 5, в — свыше 5.

Важнейшим показателем режима нагрева является время нагрева заготовки до ковочной температуры.

Для определения продолжительности нагрева до температуры 1200° С сплошных стальных слитков и заготовок толщиной свыше 100 *мм* в печи с температурой 1300° С можно применить следующую формулу:

$$T = KD\sqrt{D}\ ч,$$

где T — время, потребное для повышения температуры заготовки от 15 до 1200° С и выдержки при этой температуре, *ч*;

D — диаметр или сторона квадрата (толщина) заготовки или средний диаметр слитка, *м*;

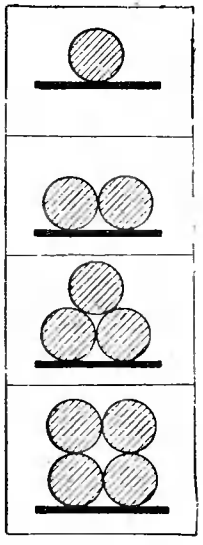
K — коэффициент, учитывающий форму нагреваемого металла и способ укладки его на поду печи, применяемый по данным табл. 2 и 3.

Время нагрева заготовок из конструкционной углеродистой и низколегированной стали приведено в табл. 4.

Для определения времени нагрева легированных сталей необходимо указанное в табл. 4 время умножить на коэффициент: для легированных конструктивных — 2, высоколегированных конструкционных — 3, высоколегированных инструменталь-

Таблица 2

Значение коэффициента K для слитков из углеродистой и низколегированной стали

Способ расположения слитков в печи	K
	10
	14
	17
	20

ных — 4. При нагреве слитков из легированной стали время, полученное по таблице, увеличивается в два раза. Длительность нагрева полого слитка составляет 45% времени, требующегося для нагрева сплошного слитка того же веса.

При подогреве одиночных горячих слитков из углеродистой стали, имеющих температуру поверхности не ниже 650° С в печи с температурой 1200—1300° С, время на подогрев до ковочной температуры определяется по следующей формуле:

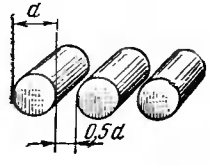
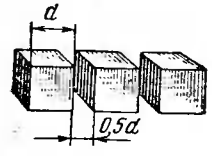
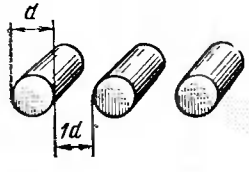
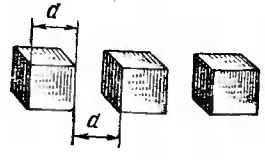
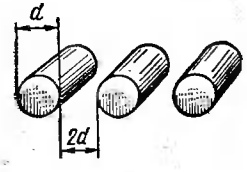
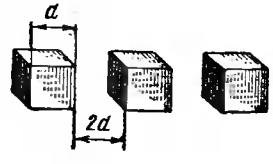
$$T = 6{,}15 \cdot D^{1{,}33}\ ч,$$

где D — средний диаметр слитка, *м*.

На время нагрева оказывает влияние также длина нагреваемой заготовки или ее части. Приведенная на странице 37 формула нагрева предусматривает время, необходимое для нагрева заготовки при условии, когда отношение длины нагреваемой заготовки или ее части к линейному размеру сечения равно трем и более. Если это отношение меньше трех, то полученное по фор-

Таблица 3

Значения коэффициента K для заготовок круглого и квадратного сечения из углеродистой и низколегированной сталей

Заготовки круглого сечения		Заготовки квадратного сечения	
Расположение на поду печи	K	Расположение на поду печи	K
	10		10
	10		14
	20		40
	14		22
	13,5		20
	13		18

муле время должно быть уменьшено путем умножения его на коэффициент в зависимости от отношения длины к диаметру:

Отношение длины заготовки к линейному размеру сечения	более 3	2—3	1,5—2	менее 1,5
Коэффициент изменения времени, полученного по выше приведенной формуле	1,0	0,98	0,92	0,71

Таблица 4

Время нагрева (*мин*) до температуры 1250° С заготовок из конструкционной углеродистой и низколегированной стали

Диаметр или сторона квадрата, *мм*	Профиль заготовки							
	Круглый				Квадратный			
	Расположение заготовок в печи, согласно эскизам табл. 3, при соответствующих значениях коэффициента K							
	10	20	14	13,5	14	40	22	20
10	2,0	4,0	3,0	2,5	3,0	8,0	5,0	3,5
20	4,0	7,5	5,5	4,5	5,0	15,0	9,0	6,5
30	6,0	12,0	8,5	7,0	8,0	23,0	13,5	10,5
40	8,0	16,0	12,0	9,5	10,5	32,0	18,0	14,5
50	10,5	20,5	15,5	12,0	13,5	41,0	23,0	18,5
60	12,5	25,0	18,5	14,5	16,0	50,0	27,5	22,0
70	14,5	29,0	22,0	17,5	19,0	58,0	32,0	26,0
80	16,5	33,0	25,0	20,0	22,0	66,0	37,0	30,0
90	19,0	37,5	28,0	22,5	24,5	76,0	42,0	34,0
100	21,5	42,0	31,5	25,0	27,5	84	46,0	38,0

Необходимое количество нагревов $n_н$ и подогревов (включая первый нагрев) для проведения всех операций ковки определяют по формуле

$$n_н = \frac{T_{ков}}{T_{ост}},$$

где $T_{ков}$ — суммарное время всех операций процесса ковки, *мин*;
$T_{ост}$ — время остывания заготовки до 800° С, *мин*.

$$T_{ост} = C_1 m,$$

где C_1 — фактор, зависящий от температуры начала ковки; значения его приведены ниже.

Начальная температура ковки, °С	1000	1050	1100	1150	1200
Значение C_1	0,12	0,16	0,20	0,23	0,25

m — фактор, зависящий от размеров заготовки, определяемый по формуле

$$m = \frac{1}{\frac{1}{l} + \frac{1}{b} + \frac{1}{h}}$$

где l, b, h — соответственно длина, ширина и толщина заготовки, *мм*.

Для обеспечения бесперебойной работы ковочного механизма необходимо знать оптимальное количество одновременно нагреваемых в печи заготовок, которое определяют по формуле

$$N = \frac{tn}{60},$$

где N — число одновременно нагреваемых заготовок;
t — время нагрева одной заготовки, *мин*;
n — производительность ковочного механизма по выпуску количества поковок в час.

Наряду с рассмотренными режимами и способами пламенного нагрева в кузнечном производстве начали применять электрический нагрев под ковку и особенно под штамповку.

Электрический нагрев по сравнению с нагревом в пламенных печах имеет следующие преимущества:

высокую скорость нагрева, дающую возможность резко увеличить производительность труда;

значительное снижение потерь металла на угар и соответственное снижение припусков на механическую обработку;

возможность точной регулировки температуры, позволяющая избежать перегрева и пережога даже высоколегированных сталей;

возможность полной механизации и автоматизации процесса;

увеличение стойкости штампов в результате незначительной окалины и равномерного нагрева;

уменьшение производственных площадей (до 60%) по сравнению с нагревом в пламенных печах;

уменьшение числа рабочих, обслуживающих нагревательные устройства, и улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Существует несколько способов электрического нагрева заготовок в кузнечном производстве.

Контактный нагрев (рис. 17). При этом способе заготовка *1* зажимается между контактами *3*, которые подключаются к трансформатору *2*, включенному в электрическую сеть. При нагреве этим способом тепло образуется непосредственно в заготовке благодаря сопротивлению металла прохождению электрического тока.

Контактный способ является наиболее экономичным по сравнению с другими способами электрического нагрева. При не-

большом расходе электроэнергии (от 0,35 до 0,45 *квт·ч/кг*) он дает быстрый и высококачественный нагрев.

Контактный нагрев экономически целесообразно применять лишь для нагрева заготовок сравнительно небольшого сечения (до диаметра 75 *мм*). Нагрев больших по сечению заготовок требует огромной силы тока при больших сечениях проводов со сложным устройством контактов.

Наряду с большими преимуществами контактного нагрева он имеет ряд недостатков, основными из которых являются невозможность нагрева заготовок переменного сечения и ограничен-

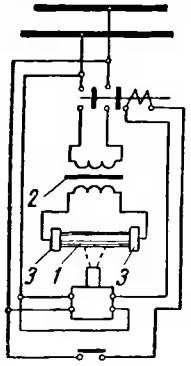


Рис. 17. Схема контактного нагрева:
1 — заготовка, *2* — трансформатор, *3* — контакты

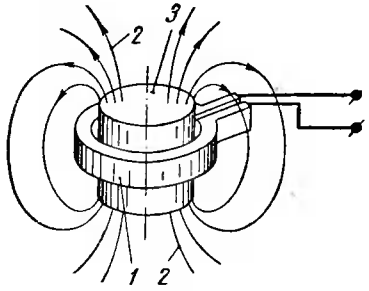


Рис. 18. Схема индукционного нагрева:
1 — индуктор, *2* — магнитное поле, *3* — заготовка

ность сечений заготовок, контактный нагрев которых экономически оправдывается.

Приближенное время нагрева стальных заготовок в зависимости от диаметра контактным способом до температуры 1250° С приведено ниже.

Диаметр заготовки, *мм* .	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Время нагрева, *сек* . .	10	15	22	30	39	50	62	75	90	105	120

Контактным способом можно нагревать заготовку на всю ее длину, конец ее под высадку, часть длины под гибку.

Контактный способ находит применение в кузнечно-штамповочном производстве для нагрева тонких длинных прутков под навивку пружин, при нагреве штучных заготовок под штамповку на молотах, при совмещении операций нагрева и высадки в электровысадочных машинах, при высадке шарообразных головок с последующей штамповкой на молотах и прессах.

Индукционный нагрев. При этом способе металл нагревается электрическим током, возбуждаемым в нем посредством электромагнитной индукции. При прохождении электрического тока по индуктору *1* (рис. 18) вокруг него создается магнитное поле *2*. Если по проводнику проходит переменный ток, периодически меняющий величину и направление, то магнитное поле также меняется. В заготовке *3*, помещенной внутри индуктора и подвергающейся воздействию переменного магнитного поля, возникнет переменный электрический ток, который вызывает ее нагрев.

Индукционный нагрев обладает преимуществами перед контактным и применяется для нагрева заготовок диаметром до 150 *мм* и более. Заготовки могут быть круглыми, квадратными, разного сечения по длине (периодический прокат) и разной длины. Благодаря высокой скорости нагрева до 2000 *град/сек* окалина получается небольшая, что позволяет экономить металл и увеличивать срок службы инструмента.

При индукционном нагреве применяют два вида частоты тока: промышленной частоты — 50 *гц* для заготовок толщиной от 120 до 200 *мм* и повышенной частоты — от 1000 до 8000 *гц* для заготовок диаметром от 20 до 120 *мм*.

Небольшая окалина и отсутствие обезуглероживания поверхности при индукционном нагреве дают возможность назначать уменьшенные припуски на механическую обработку поковок.

Если время разогрева крупных пламенных печей достигает десяти и более часов, то подготовка оборудования для индукционного нагрева требует нескольких минут.

Ориентировочное время индукционного нагрева заготовок приведено в табл. 5.

Таблица 5

Время индукционного нагрева заготовок

Диаметр или квадрат стороны заготовок, *мм*	Время нагрева заготовок, *мин*		Диаметр или квадрат стороны, *мм*	Время нагрева заготовок, *мин*	
	из углеродистой стали	из легированной стали		из углеродистой стали	из легированной стали
10	0,2	0,4	60	3,0	3,5
20	0,6	1,2	70	3,5	4,2
30	1,2	1,7	80	4,0	4,7
40	1,8	2,2	90	4,5	5,3
50	2,5	3,0	100	5,0	6,0

Наряду с контактным и индукционным электронагревом в кузнечном производстве, в особенности для нагрева цветных металлов и сплавов, находят применение электрические печи сопротивления. В электрических печах сопротивления в отличие

от контактных и индукционных нагревателей, передача тепла металлу происходит от нагревательных элементов, расположенных по поверхности внутренних стенок печей. Нагревательные элементы сделаны из жаростойкого сплава (например, нихрома). Ввиду того что тепло от нагревательных элементов к поверхности нагреваемой заготовки передается излучением, а от поверхности внутрь заготовки — теплопроводностью, процесс нагрева длится относительно долго. Электрические печи сопротивления электроемки: на нагрев 1 *т* заготовок расходуется более 1200 *квт·ч*.

§ 9. НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

В кузнечном производстве при нагреве исходных материалов — слитков и проката — в качестве нагревательных устройств применяют печи, а при ручной ковке — горны.

Кузнечные печи. Кузнечные печи, как правило, являются печами пламенного типа. В пламенных печах металл нагревается непосредственно пламенем, проходящим через рабочее пространство печи.

Пламенные печи (рис. 19) имеют следующие основные части: топку с колосниковой решеткой, рабочую, или нагревательную, камеру, под, свод, порог, рабочее окно.

Топка *1* с колосниковой решеткой служит для сжигания топлива. В печах для жидкого и газообразного топлива топка необязательна, так как топливо сжигается при помощи форсунок и горелок в рабочей камере.

Рабочая, или нагревательная, камера *2* предназначена для нагрева металла до необходимой температуры. Нижняя часть нагревательной камеры, на которой располагаются нагреваемые заготовки, называется *подом,* а верхняя часть, опирающаяся на стенки, — *сводом.*

От топки нагревательная камера отделяется *порогом 4,* который способствует хорошему смешению горючих газов с воздухом, а также препятствует попаданию заготовки из нагревательной камеры в топку.

Раскаленные газы, получающиеся при сгорании топлива, поднимаются к своду и, отражаясь от него, опускаются вниз, нагревая при этом металл, находящийся на поду. Отдав часть своего тепла металлу, газы выходят из нагревательной камеры через газовые каналы *5* в поде печи в боров *3,* в котором собираются продукты горения — газы из нагревательной камеры.

Из борова газы (дым) уходят в трубу по дымоходу, в котором устанавливается чугунная заслонка (шибер). Она служит для регулирования выхода газов из печи и полного его закрытия во время остановки печи.

Для загрузки печи холодными заготовками и выгрузки нагретых заготовок служит рабочее окно *6.*

Для правильного нагрева металла и экономного расходования топлива необходимо дверцу (заслонку) рабочего окна закрывать, чтобы через щели в печь не проходил холодный воздух и не выбивалось пламя.

По характеру нагрева и способу загрузки и разгрузки печи делятся на камерные и методические. По способу сбережения тепла отработавших газов печи делятся на рекуперативные и регенеративные. И в тех и в других часть тепла, уносимого горячими отходящими газами, используется в специальных устройствах для подогрева воздуха (а иногда и топлива), поступающего на горение.

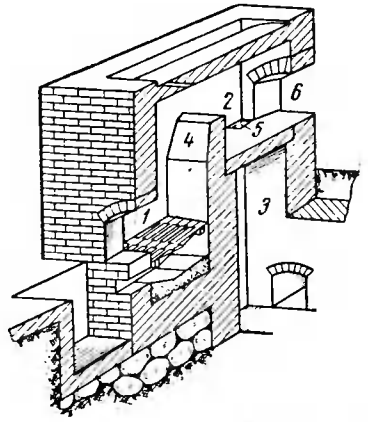


Рис. 19. Схема пламенной нагревательной печи:
1 — топка, *2* — рабочая камера, *3* — боров, *4* — порог, *5* — газовые каналы, *6* — рабочее окно

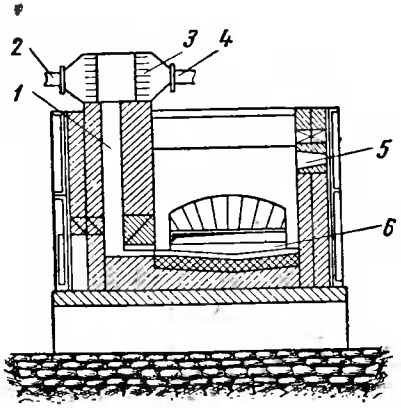


Рис. 20. Нагревательная нефтяная печь:
1 — канал, *2*, *4* — трубы, *3* — рекуператор, *5* — форсунка, *6* — рабочее окно

Камерные печи отличаются от методических (и полуметодических) тем, что помещенные в них заготовки в продолжение всего времени нагрева лежат неподвижно на поду печи и, таким образом, выдача нагретых заготовок осуществляется в то же окно, через которое их подавали в печь. В камерных печах температура по всему рабочему пространству печи относительно одинакова.

Нагрев заготовок в камерной печи является периодическим, так как заготовки подают в печь периодически, после того, как выгруженная партия заготовок откована.

Камерные печи могут быть одно- и двухкамерными, иногда трехкамерными. Они подразделяются на печи со стационарным и выдвижным подом; переносные; щелевые; очковые и шахтные. По

способу механизации загрузки и разгрузки камерные печи делятся на механизированные и немеханизированные.

Для нагрева заготовок при ковке под молотами чаще всего применяют камерные печи, работающие на жидком и газообразном топливе (рис. 20). Мазут подается в печь через форсунку *5*. Продукты горения поступают по каналу *1* в рекуператор *3*, а холодный воздух по трубе *2*, а затем нагретый по трубе *4* — в форсунку. Загрузка и разгрузка печи производятся через рабочее окно *6*.

На рис. 21 показана однокамерная переносная печь, работающая на мазуте. Она отличается сравнительно простой конструк-

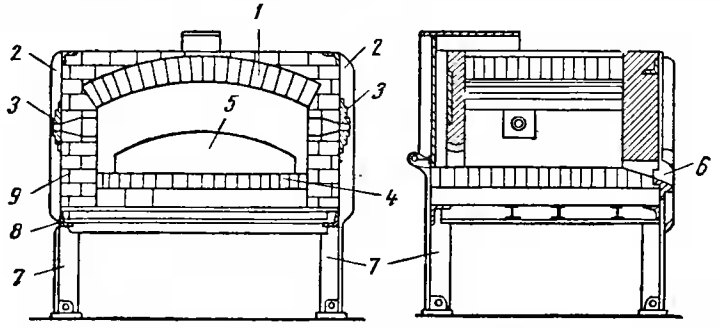


Рис. 21. Однокамерная нефтяная печь:
1 — свод, *2* — щит, *3* — форсунки, *4* — под, *5* — рабочее (загрузочное и выгрузочное) окно, *6* — отверстие для стекания шлака, *7* — ножки печи, *8* — отсекатель, *9* — кирпичная кладка

цией и не требует квалифицированного обслуживания. Печь имеет сварной каркас из листовой стали с ножками из углового железа. Это позволяет с помощью мостового крана переставлять печь на другое место в случае ремонта или другой необходимости. Внутри каркас выложен огнеупорным кирпичом *9*. С передней стороны печи расположено рабочее окно *5*, через которое подаются в печь холодные и выдаются нагретые заготовки. Рабочее окно делается невысоким, несколько больше толщины заготовки.

Форсунки *3* устанавливаются в форсуночном окне. Мазут подводится по трубопроводу из центрального бака, предназначенного для обслуживания нескольких печей. Около печи должен быть установлен нефтемер, показывающий расход мазута. Сжатый воздух подается к печи вентилятором.

Более крупные печи обычно устанавливаются на фундаменте, а отходящие газы направляются вниз, в подподовое пространство. Часто такие печи делают двухкамерными. Они отличаются от однокамерных тем, что дают возможность непрерывно выдавать заготовки. При использовании таких печей уменьшаются потери времени на ожидание нагрева и сокращаются простои

ковочного оборудования. В крупных двухкамерных печах можно также осуществить нагрев с предварительным подогревом заготовок.

На рис. 22 показана кузнечная двухкамерная печь, работаю-

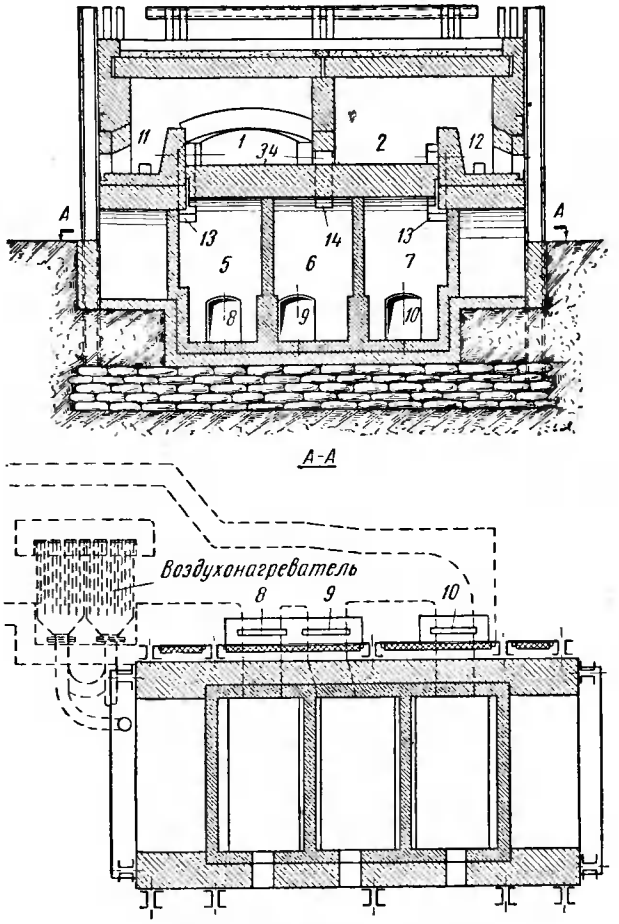


Рис. 22. Двухкамерная печь:
1, 2 — рабочие камеры; *3, 4* — окна; *5, 6, 7* — дымовые камеры; *8, 9, 10* — шиберы; *11, 12* — топки; *13, 14* — каналы

щая на мазуте. Рабочие камеры *1* и *2* являются сообщающимися через каналы — окна *3* и *4*.

Под подом печи расположены три дымовые камеры *5, 6* и *7*. Такая конструкция печи позволяет работать как одновременно на двух камерах, так и на каждой отдельно, с использованием в это время другой камеры для подогрева заготовок.

При работе печи на двух камерах одновременно горят все четыре форсунки (по две с каждой стороны). Горячие газы из топок *11* и *12* поступают в рабочие камеры *1* и *2*, нагревают заготовки и через каналы *13* и *14* опускаются в дымовые камеры *5*, *6* и *7*. В это время все шиберы *8*, *9* и *10* должны быть открыты, т. е. каждая камера работает как самостоятельная печь.

В случае нагрева высокоуглеродистых или легированных сталей возникает необходимость в предварительном подогреве холодных заготовок. В этом случае форсунки зажигают только в одной топке, например в *11*.

Из топки *11* пламя поступает в рабочую камеру *1*, омывает находящиеся на поду заготовки и через окна *3* и *4* переходят в рабочую камеру *2*, где происходит подогрев другой партии холодных заготовок. После этого отработавшие газы из камеры *2* опускаются в дымовую камеру *7* и дальше уходят по шиберу *10*. Таким образом, шибер *10* должен быть открыт, а шиберы *8* и *9* — закрыты. После того как заготовки в камере *1* нагреваются до ковочной температуры, форсунки выключают и шибера переключают, оставляя открытым только шибер *8*. Включают в работу форсунки в топке *12*, и печь начнет работать в обратном порядке: камера *1* превращается в подогревательную и в нее после выгрузки нагретых заготовок подают новую партию холодных заготовок, а заготовки, подогретые в камере *2*, теперь будут нагреваться до температуры ковки. Иногда подогретые указанным способом заготовки нагревают до ковочной температуры без переключения печи путем пересадки их из подогревательной камеры в рабочую камеру с высокой температурой.

Для нагрева заготовок в кузнечных цехах рационально применяют также трехкамерные печи (рис. 23), рассчитанные на обслуживание двух единиц оборудования. Первая нагревательная камера *1* должна обладать высокой способностью к быстрому восстановлению потерянного тепла. Отработавшие газы из камеры *1* поступают в камеру *2* или при желании через камеру *2* в камеру *3*. Средняя (промежуточная) камера *2* своих горелок не имеет. Отработавшие газы, поступающие в нее из камеры *1* или *3* или одновременно из той и другой, выводятся по дымоходу в трубу. Камера *2* используется для предварительного подогрева заготовок. Третья камера *3* по своему устройству напоминает камеру *1* и имеет отдельный боров к трубе, что позволяет использовать ее в качестве самостоятельной нагревательной печи или в качестве дополнения к камере *1* в случае, если последняя перегружена. Кроме того, камера *3* может быть использована для предварительного подогрева заготовок. В этом случае она работает на продуктах сгорания, поступивших из камеры *1* через камеру *2*.

При непродолжительных перерывах в работе цеха: во время обеденных перерывов, в промежутках между сменами и др. —

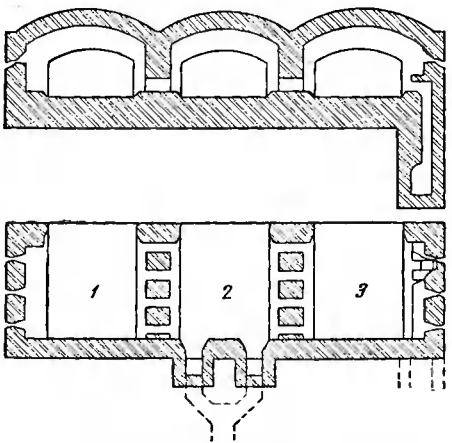


Рис. 23. Трехкамерная печь:
1, 2, 3 — камеры

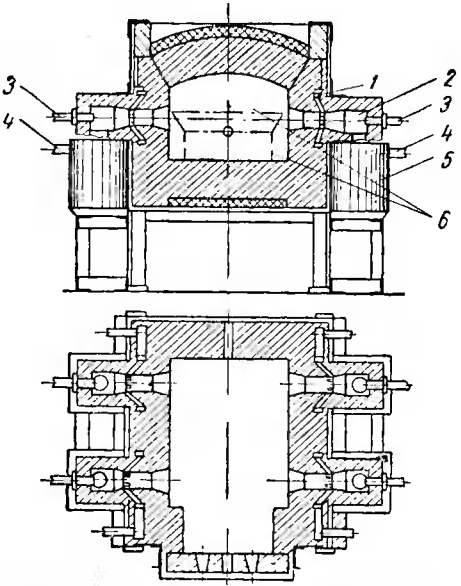


Рис. 24. Камерная печь для безокислительного нагрева:
1 — воздушный канал, *2* — камеры, *3* — трубы для воздуха, *4* — трубы для газа, *5* — регенератор, *6* — рабочее пространство

подача топлива в камеру *1* сокращается, а в камеру *3* прекращается совсем. При этом все три камеры остаются полностью загруженными, так что в момент полной подачи топлива в камеры *1* и *3* заготовки будут предварительно подогреты, и повышение их температуры до требуемого предела потребует сравнительно мало времени.

На рис. 24 показана камерная печь для безокислительного нагрева. В рабочем пространстве *6* печи действуют четыре горелки, к которым по трубам *3* подводится воздух, а по трубам *4* — газ. Подача топлива в горелках регулируется так, что горение идет с недостатком воздуха. Горелки работают не все одновременно: две правые и две левые включаются попеременно. Пока две горелки нагревают металл, две другие в камерах *2* дожигают недогоревшие продукты горения и нагревают внутреннюю насадку регенератора *5* и охлажденные дымовые газы отводятся через дымовой канал в трубу. Воздух, необходимый для дожигания, подводится через каналы *1*. Через насадку нагретого регенератора пропускают холодный воздух и направляют его к горелкам другой стороны.

В процессе дожигания продуктов горения регенератор нагревается и затем отдает свое тепло холодному воздуху, температура которого повышается до 900—1000° С.

Нагретый воздух, будучи подан к работающим форсункам (на противоположную сторону), в условиях недостатка его позволяет при неполном сжигании газа получить в рабочей камере температуру около 1300° С, достаточную для нагрева заготовок под ковку. Так как нагрев происходит в атмосфере продуктов неполного сгорания (угарного газа), то на поверхности заготовок окалины не образуется.

Переключение регенераторов осуществляется автоматически при помощи электрического реле времени, которое должно быть отрегулировано на время, потребное для нагрева насадки регенератора до нужной температуры. Продукты горения из регенератора отсасываются дымососом.

На рис. 25 показана газовая печь с выдвижным подом для нагрева крупных слитков. Выдвижной под *1* дает возможность загружать и разгружать печь мостовым краном, не применяя других специальных загрузочных устройств. Под выдвигают из печи, укладывают на него слитки и затем снова продвигают в печь. Для такого передвижения пода служат выкатные механизмы. Горелки *3* устанавливаются в верхней части рабочей камеры. Продукты горения отводятся по каналам *2* в дымоход *4* и дальше в трубу. По обеим сторонам печи — в подподовом пространстве — располагаются по одному регенератору.

В правой и левой стенках печи встроены горелки, которые работают попеременно. Если работают горелки, расположенные с левой стороны, то горячие дымовые газы поступают в правый

регенератор, нагревают его насадку и уходят через каналы в дымовую трубу. После этого через него начинают пропускать холодный воздух, который будет нагреваться в нем и поступать к левым горелкам. Затем происходит переключение и начинают работать горелки с правой стороны и дымовые газы поступают в левый регенератор. Горелки переключают через каждые 30—40 *мин*.

Наиболее совершенными являются методические нагревательные печи, конструкция которых позволяет нагревать заготовки вначале медленно (до 800° С), а затем быстро повышать температуру до температуры ковки (до ковочного жара). Медленный

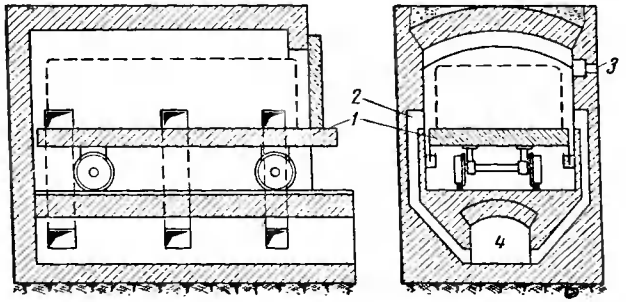


Рис. 25. Газовая печь с выдвижным подом:
1 — выдвижной под, *2* — каналы, *3* — горелки, *4* — дымоход

нагрев осуществляется на поду длинной хвостовой части печи, расположенной со стороны загрузки, а быстрый нагрев — в головной ее части, называемой сварочной камерой. Горячие газы от форсунок (горелок), расположенных в передней стенке сварочной камеры, движутся к хвостовой части печи, омывая на пути расположенные на поду заготовки. Таким образом, заготовки передвигаются навстречу движущемуся потоку нагретого газа; причем, по мере его охлаждения он встречает все более холодные заготовки. Это обеспечивает медленный прогрев холодных слитков (заготовок) на протяжении всей подогревательной части печи, что особенно важно при нагреве высоколегированных металлов.

Методические печи имеют относительно большую длину и высокую производительность. Охлаждение газов в хвостовой части печи обеспечивает экономное расходование в них топлива. Методические печи обычно механизированы: имеют разного рода толкатели (рычажные, пневматические, винтовые), периодически проталкивающие весь ряд заготовок, уложенных на поду печи. Их применение при свободной ковке наиболее целесообразно там, где требуется нагрев большой партии заготовок (блюмсов, слитков), например в производстве осей для железнодорожных вагонов.

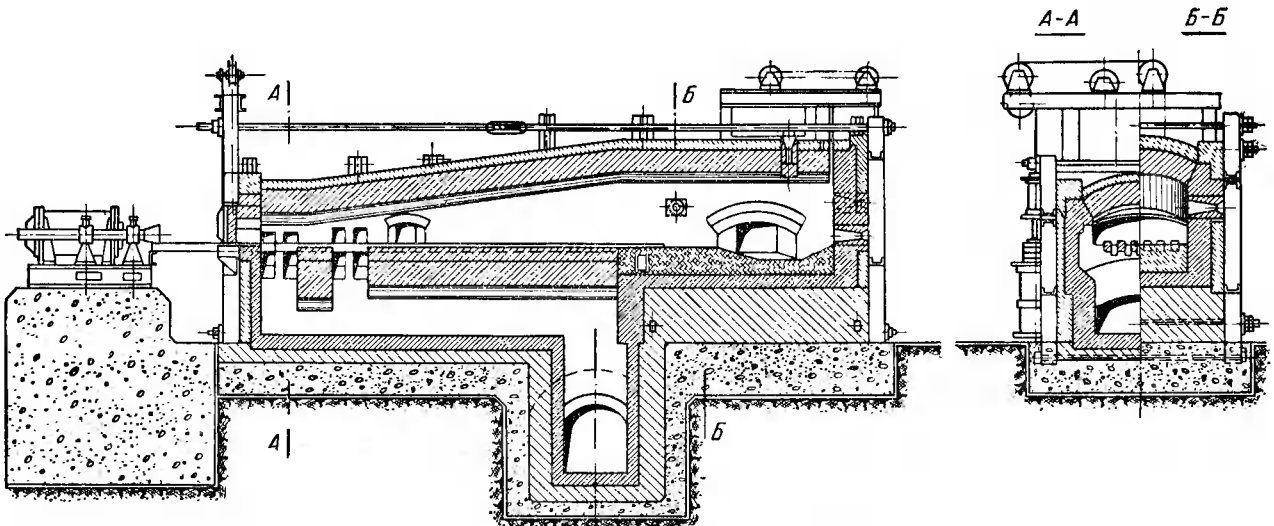


Рис. 26. Полуметодическая печь с толкателем

При меньших партиях одинаковых заготовок могут применяться укороченные, так называемые полуметодические печи (рис. 26). Загрузка такой печи, как и методической, холодными заготовками и выдача нагретых заготовок осуществляются непрерывно поштучно по мере выработки их ковочным механизмом. Заготовки укладываются на стол загрузочного окна в зону движения хобота толкателя. В подогревательной части печи (длиной 3250 *мм*) заготовки подогреваются до 600—700° С, а в сварочной камере (длиной 2250 *мм*) нагревают до ковочной температуры. Отбор дымовых газов происходит в начале хвостовой части печи по каналам шириной 375 *мм*, по которым газы поступают в боров. Перед поступлением в боров газы могут пропускаться через рекуператор (на рисунке не показан), где они отдают дополнительную часть оставшегося тепла, используемую для подогрева воздуха, идущего на горение в форсунках (горелках).

На рис. 27 представлена схема газовой карусельной печи с кольцевым вращающимся подом *7*. Кольцевая камера имеет окно *2* для загрузки печи холодными заготовками и окно *6* для выгрузки нагретых заготовок, разделенных навесной кирпичной стенкой *8*. Печь может работать на мазуте и на газе. Горелки *3* расположены ближе к окну выгрузки. Горячие газы движутся навстречу нагреваемому металлу и уходят через боковые каналы *5* в дымовой канал *4*. Для предупреждения подсоса воздуха внизу пода устроен песочный затвор *1*. Под печи вращается электродвигателем через редуктор. Скорость вращения пода может меняться в зависимости от продолжительности нагрева. Такие печи позволяют полностью механизировать передвижение заготовок, а также автоматизировать контроль теплового режима и продолжительность нагрева.

Печь для скоростного нагрева. В пламенных печах скоростной нагрев заготовок можно осуществить, обеспечив температуру рабочего пространства на 150—350° С выше температуры начала ковки и так расположив заготовки, чтобы обогрев был всесторонний. Для нагрева углеродистой стали температура печи может быть доведена до 1450—1650° С, но при такой непостоянной температуре огнеупорная кладка печи весьма нестойка. В ряде случаев оказывается проще осуществить всесторонний нагрев при температуре 1450—1500° С.

На рис. 28 показана цилиндрическая печь для скоростного нагрева. В печи установлены четыре форсунки — две вверху и две внизу. Форсунки установлены по касательной к внутренней поверхности печи. При таком расположении форсунок в рабочей камере печи создается спирально-вращающееся пламя. Расположение форсунок над и под заготовками обеспечивает их всесторонний обогрев.

В печи можно нагревать концы прутков или труб диаметром до 100 *мм*.

Благодаря цилиндрической форме внутренней поверхности печи, при которой разные участки поверхности равноудалены от пламени, кладка из шамотного кирпича длительное время работает без разрушения. Однако при нагреве в этой печи необходимо внимательно следить за продолжительностью нагрева, так как возможен пережог металла.

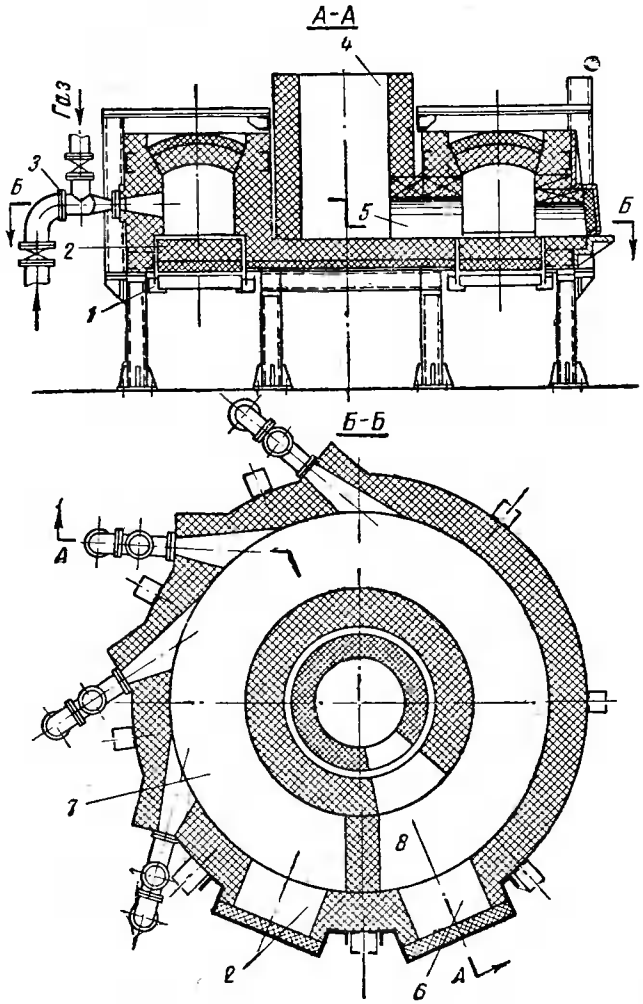


Рис. 27. Схема газовой карусельной печи:
1 — песочный затвор, *2* — загрузочное окно, *3* — горелки, *4* — дымовой канал, *5* — боковые каналы, *6* — выгрузочное окно, *7* — вращающийся под, *8* — навесная стенка

В печи, показанной на рис. 28, в качестве пода служат наклонно расположенные охлаждаемые водой трубы. По ним и перекатываются заготовки (круглые). Печь для скоростного нагрева весьма производительна и на заготовках получается небольшой слой окалины.

Для нагрева мелких и средних заготовок при ручной свободной ковке применяют кузнечные горны: угольные, нефтяные и газовые.

Кузнечный горн для угольного топлива состоит из кирпичной кладки, в которую вмонтирована чугунная коробка — очаг с углублением в виде гнезда, куда засыпают уголь и где происходит нагрев заготовки. В пространство, где происходит сгорание угля, вдувается воздух для того, чтобы ускорить процесс горения.

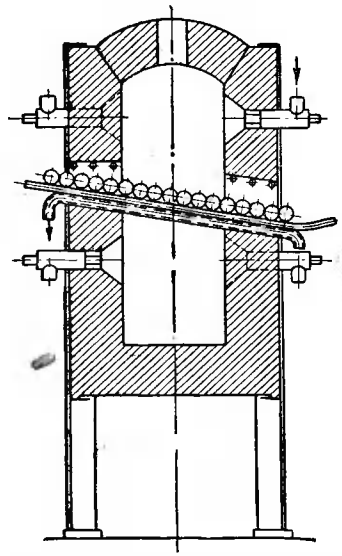


Рис. 28. Цилиндрическая печь для скоростного нагрева

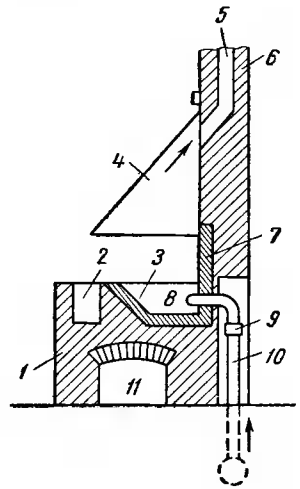


Рис. 29. Кузнечный горн с боковым дутьем:
1 — четырехугольный стол, *2* — чугунный резервуар, *3* — горновое гнездо, *4* — зонт, *5* — канал для дымовых газов, *6* — стенка горна, *7* — огнеупорный кирпич, *8* — фурма, *9* — заслонка, *10* — воздушная труба, *11* — выемка

По способу подачи воздуха горны бывают с боковым или с центральным дутьем.

Кузнечный горн с боковым дутьем (рис. 29) выкладывается из красного кирпича в виде четырехугольного стола *1*. Выемка *11* в нижней его части служит для хранения небольшого запаса угля. Горновое гнездо *3*, в которое укладывается

топливо и нагреваемая заготовка, облицовано внутри огнеупорным кирпичом *7*. Размеры горнового гнезда: длина и ширина 200—400 *мм*, глубина 100—150 *мм*. Горновое гнездо имеет фурму (сопло) *8*, через которую поступает по трубе *10* воздух от вентилятора. Количество подаваемого воздуха регулируется заслонкой *9*. Зонт *4*, изготовленный из тонкого листового железа и прикреп-

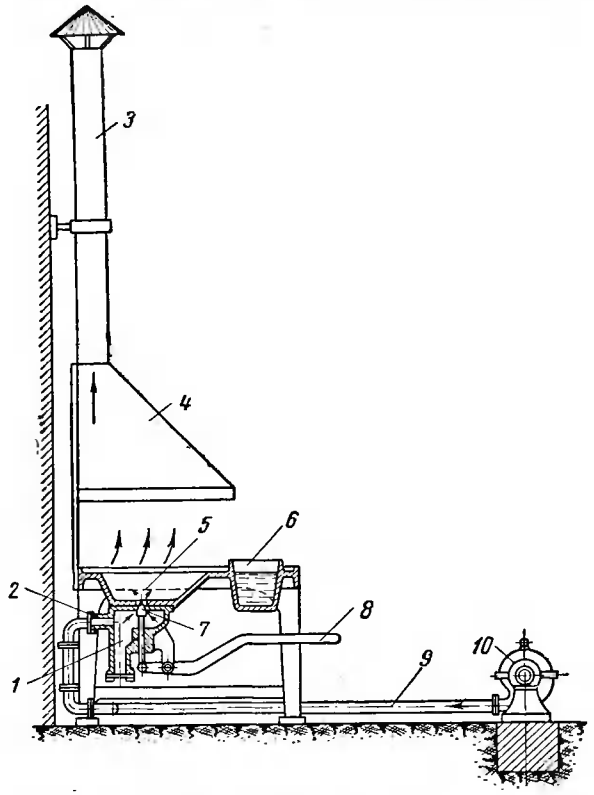


Рис. 30. Кузнечный горн с центральным дутьем:
1 — воздушная коробка, *2* — фурма, *3* — вытяжная труба, *4* — зонт, *5* — горновое гнездо, *6* — бак с водой, *7* — конус, *8* — рукоятка, *9* — воздухопровод, *10* — вентилятор

ленный к стенке *6*, служит для улавливания дымовых газов и удаления их по каналу *5* за пределы цеха. Чугунный резервуар *2* с водой служит для охлаждения заготовок и инструмента.

Недостаток кузнечного горна с боковым дутьем состоит в том, что нагрев в нем идет медленно и неравномерно. Температура у фурмы выше, чем в остальных частях горна, и поэтому сторона заготовки, обращенная к фурме, будет нагреваться быстрее.

Горн с центральным дутьем (рис. 30) отличается от предыдущего тем, что фурма *2* расположена в центре горнового гнезда *5*. Воздух поступает в коробку *1* через фурму от вентилятора *10* по воздухопроводу *9*. Для регулирования подачи воздуха фурма снабжена конусом *7*, который перемещается рукояткой *8*. Перемещая конус, можно уменьшить отверстие фурмы и соответственно уменьшить количество воздуха, поступающего в очаг горна. Бак *6* с водой устанавливается в передней час-

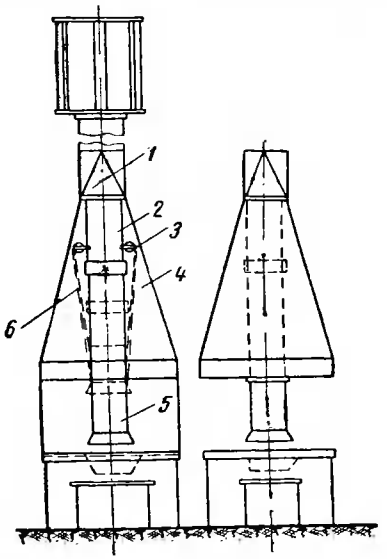


Рис. 31. Вытяжная система для полного удаления дыма:
1, 2 — трубы, *3* — ролики, *4* — зонт, *5* — патрубок, *6* — трос

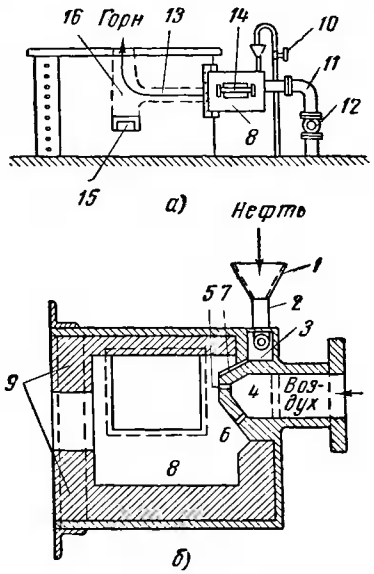


Рис. 32. Горн, работающий на мазуте:
а — горн, *б* — камера сгорания: *1* — воронка, *2* — труба, *3* — камера, *4* — патрубок, *5, 6* — отверстия, *7* — наклонная плоскость, *8* — пространство камеры сгорания, *9* — стенки камеры, *10* — кран, *11* — трубопровод, *12* — заслонка (шибер), *13, 16* — каналы, *14, 15* — окна

ти горна. Для отвода дыма служат зонт *4* и вытяжная труба *3*.

Попадающая в фурму зола удаляется из нее через боковое отверстие, закрываемое крышкой. Часто горн устанавливается так, что воздух в очаг проходит через несколько отверстий.

При отсутствии специального отсоса отвести дым от горнов через трубу, особенно при растопке, полностью не удается и он частично распространяется по цеху. Для полного удаления дыма применяется вытяжная система, сконструированная Московским институтом охраны труда, у которой, помимо зонта *4* (рис. 31) и трубы *1*, имеется еще труба *2*. Верхняя часть последней выходит в трубу *1*, а нижняя заканчивается выдвижным патрубком *5*.

Посредством тросов *6*, перекинутых через ролики *3*, патрубок может опускаться или подниматься над очагом горна. Это дает возможность располагать конец вытяжной трубы непосредственно над огнем, что обеспечивает полную вытяжку дыма.

Описанные выше конструкции горнов имеют неудобство: к ним закрыт доступ со стороны стены. Этот недостаток не имеет круглый горн, который устанавливается посреди кузницы. Дутье к нему подводится через несколько фурм, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга по окружности горнового гнезда.

Для нагрева заготовок применяют также горны, работающие на жидком топливе. По своей конструкции они отличаются от горнов с боковым дутьем только устройством особой камеры сгорания вместо фурмы. Камера сгорания у них изготовляется из огнеупорного кирпича или чугуна.

На рис. 32, *а* показан горн, работающий на жидком топливе — мазуте, а на рис. 32, *б* — камера сгорания горна. Мазут поступает через воронку *1* (см. рис. 32, *б*) и трубу *2* в камеру *3*, а воздух по трубопроводу *11*, прикрепленному к фланцу патрубка *4*, через отверстия *5* и *6*.

Кран *10* регулирует количество мазута, подаваемого для горения. Количество воздуха, подаваемого через трубопровод *11* в пространство *8* камеры сгорания, регулируется заслонкой (шибером) *12*. Из воронки мазут стекает тонкими струйками по трубе *2* и наклонной плоскости *7* и подхватывается струями воздуха, выходящими из отверстия *5*. При этом происходит распыление мазута (смешивание его с воздухом) и сгорание.

Часть мазута, которая не успевает распылиться, стекает вниз, подхватывается струями воздуха, выходящими из отверстия *6*, также распыляется и сгорает. Таким образом, в пространстве *8* камеры сгорания, стенки *9* которой выложены огнеупорным кирпичом, происходит смешение мазута с воздухом и полное его сгорание. Камера сгорания (см. рис. 32, *б*) расположена справа от круглого горна. Газы выходят из камеры по горизонтальному каналу *13*, поднимаются вверх и по каналу *16* попадают в очаг горна, где происходит нагрев заготовки.

Чтобы разжечь горн, в камеру сгорания через окно *14* закладывают зажженную паклю, открывают кран и впускают слабую струю воздуха. Постепенно количество воздуха увеличивается до нормы. Для прочистки горизонтального и выводного каналов служит окно *15*.

Кузнечные горны имеют следующие недостатки:

невысокая производительность и низкая экономичность: расход топлива по сравнению с печами очень велик — от 40 до 150% от веса нагреваемого металла, а угар доходит до 8%;

отсутствие возможности равномерного нагрева крупных заготовок;

трудность выполнения определенных режимов нагрева.

Кроме того, в горнах, работающих на угле, нагреваемый металл непосредственно соприкасается с топливом, которое всегда содержит серу. Последняя при нагреве металла до высоких температур переходит частично в металл и ухудшает его механические качества.

В то же время горны отличаются дешевизной, простотой устройства и обслуживания. Они пригодны для местного (частичного) нагрева заготовки, например при гибке, что не всегда возможно в печах.

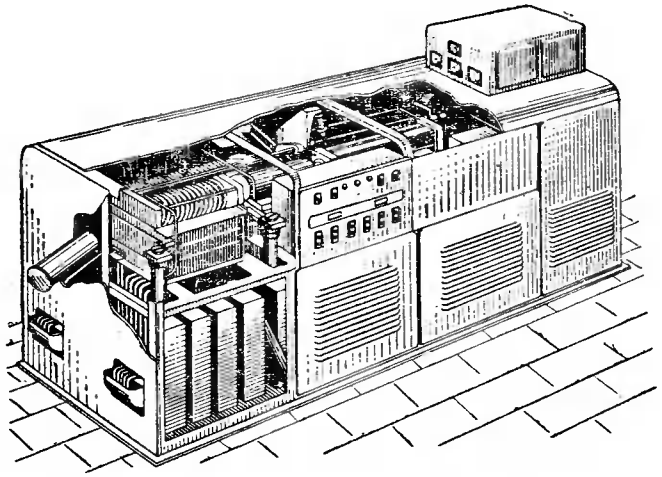


Рис. 33. Индукционный нагреватель

Электрические индукционные нагреватели в кузнечном производстве находят применение главным образом при горячей штамповке, а при свободной ковке представляют интерес нагреватели, работающие на токе промышленной частоты, для нагрева заготовок толщиной 150—200 *мм*.

Такой нагреватель показан на рис. 33. Особенностью этой установки является полная автоматизация процесса нагрева. Индуктор работает по принципу периодического нагрева, т. е. с выдачей нагретых заготовок из того же гнезда, в которое подаются холодные заготовки. Перед загрузкой и выдачей открывание и закрывание гнезда осуществляется автоматически.

На рис. 34 показана автоматически действующая установка (тип УП-4) для высокочастотного нагрева кузнечных заготовок. Особенностью этой установки является непрерывность процесса в условиях мелкосерийного производства. Штучные заготовки помещают в бункер навалом. Бункер имеет четыре отсека, попе-

речные ребра которых при вращении бункера свободно скользят по дну, являющемуся крышкой расположенного внизу барабана. В дне бункера имеется провальное окно, над которым последовательно проходят все отсеки бункера при его вращении. Электродвигателем приводится во вращение горизонтальный барабан, имеющий два или четыре продольных ребра на внутренней поверхности. Вращение барабана начинается автоматически, по мере заполнения его заготовками, поступившими из бункера. Эти заготовки продольными ребрами барабана направляются (сбрасываются) в лоток, установленный вдоль оси барабана, с наклоном в сторону индуктора. Конец лотка выходит за пределы барабана в сторону выдачи. Таким образом, заготовки, ориентированные в лотке, одна за другой поступают для нагрева в индуктор.

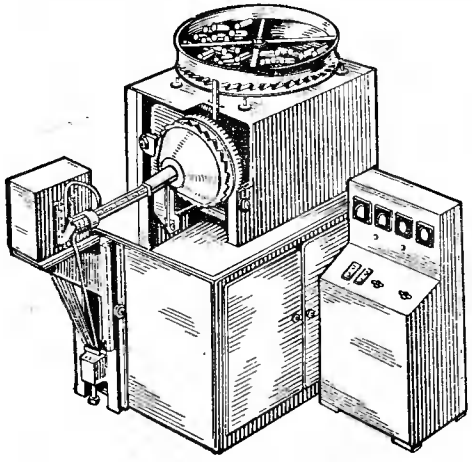


Рис. 34. Автоматическая установка для индукционного нагрева

По мере расходования заготовок вес барабана уменьшается, вследствие чего он автоматически сцепляется с храповиком, закрепленным по контуру основания бункера. При этом бункер приходит в пульсирующее вращательное движение, а его отсеки, проходя провальное окно, сбрасывают заготовки в барабан. По мере накопления заготовок в барабане последний автоматически отключает вращение бункера, прекращая поступление заготовок в барабан. Когда будет израсходован весь запас заготовок, в барабане вновь произойдет автоматическое включение питающего бункера. Следует отметить, что в индуктор заготовки поступают по пульсирующему лотку с перемещением заготовок к индуктору. Привод лотка осуществлен от горизонтального барабана. На выходе из индуктора отсекатель отделяет нагретую заготовку от оставшихся в индукторе.

При сгорании топлива в кузнечных печах только часть его тепла — не более 15—20% — расходуется на нагрев металла, а остальная часть уносится печными газами в дымовую трубу. Эту часть тепла отходящих газов, имеющих температуру 1000—1200° С, можно использовать для подогрева воздуха, подаваемого в печь для сжигания топлива. Для этого печи оборудуются специальными устройствами: регенераторами или рекуператорами,

получающими все более широкое применение в кузнечном производстве.

Рекуператор представляет собой систему металлических или керамических (из шамотного кирпича) труб (рис. 35). Внутри этих труб проходят и нагревают их горячие, отходящие из печи дымовые газы. Снаружи трубы омывает холодный воздух, который, нагреваясь от труб, отводится в печь к форсункам. В крупных кузнечных цехах рекуператоры встраивают в подподовое пространство или в дымоход печи.

Для малых печей в нашей промышленности выпускаются стандартные игольчатые рекуператоры, которые нагревают воздух до 350—400° С.

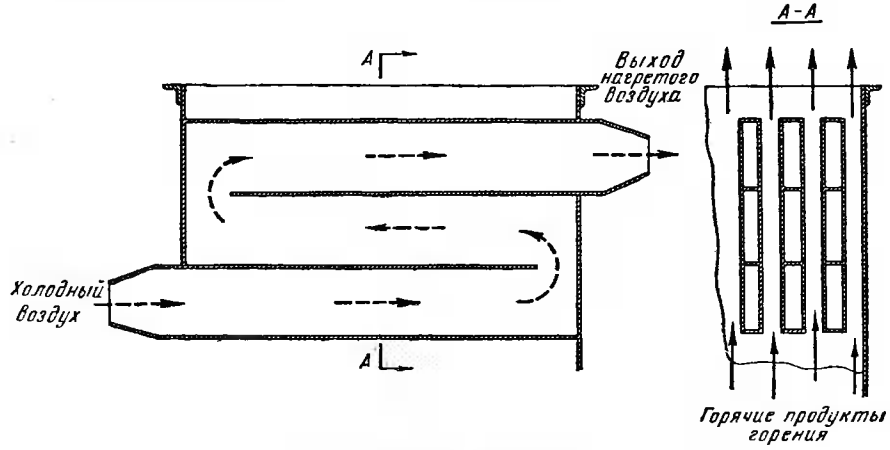


Рис. 35. Схема рекуператора

Регенераторы представляют собой две или четыре прямоугольные камеры с внутренней кладкой из огнеупорного кирпича, уложенного рядами с промежутками (рис. 36). Через регенератор пропускают отходящие из печи горячие дымовые газы, которые нагревают насадку до определенной температуры. После того как насадка регенератора достаточно нагрелась, закрывают доступ горячих газов посредством переключения клапанов и открывают канал, подводящий в печь холодный воздух. Соприкасаясь с горячими стенками насадки, воздух нагревается до 700—900° С и подается в печь для сжигания топлива.

Таким образом, регенератор действует периодически: за первую часть периода нагревается отходящими горячими газами, а за вторую часть периода сам нагревает пропускаемый через него холодный воздух, подаваемый в печь. Следовательно, у каждой печи для непрерывной подачи в нее подогретого воздуха должно быть не менее двух регенераторов.

Вследствие высокой стоимости, сложности конструкции и подверженности разрушению в условиях работы молотов регенераторы в кузнечных цехах устанавливаются преимущественно на крупных печах для нагрева крупных заготовок.

Материал печей. Для кладки печей применяют специальные огнеупорные материалы, которые способны выдерживать влияние высоких температур (1300° С и выше).

Распространенным материалом для кладки кузнечных печей является шамотный кирпич, который изготовляется из смеси из-

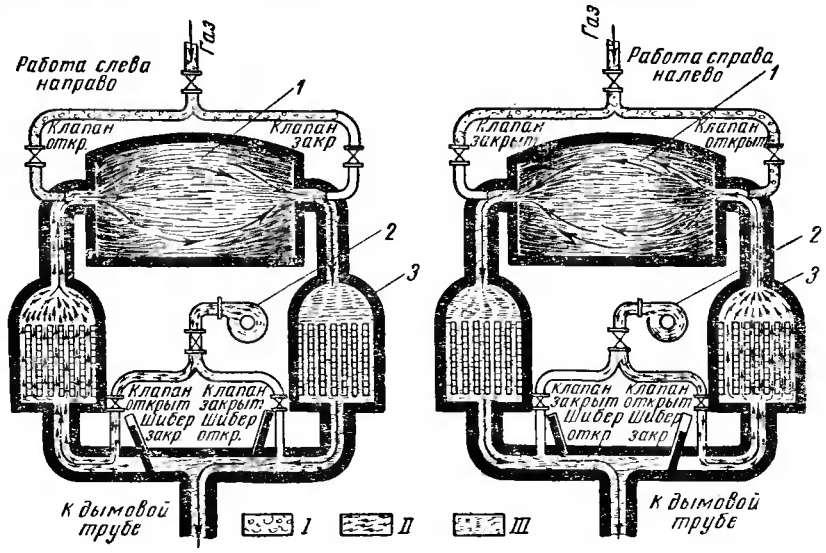


Рис. 36. Схема регенератора:
1 — рабочая камера, *2* — вентилятор, *3* — регенератор; *I* — газ, *II* — воздух, *III* — продукты горения

мельченной и обожженной шамотной и сырой огнеупорной глины. Температурная стойкость шамотного кирпича 1580—1730° С.

Из лучших сортов шамотного кирпича выкладывают своды и стенки топки, а также своды рабочей камеры; другие сорта идут на кладку стенок рабочей камеры, пода и пр. Недостатком шамотного кирпича является образование шлака в результате взаимодействия с раскаленной окалиной, вследствие чего кирпич постепенно разъедается и печь требует ремонта. Кроме того, образующийся жидкий шлак требует постоянной чистки пода печи. Вот почему для кладки пода печи, кроме шамотного кирпича, в отдельных случаях применяют также магнезитовый и тальковый кирпичи.

Магнезитовый кирпич изготовляется из обожженного измельченного магнезита (углекислый магний $MgCO_3$), тонкоразмолотой глины и воды. Этот кирпич отличается большой огнеупорностью (до 2000° С и выше), не поддается разрушающему действию окалины, используется для кладки пода печей. Широкому применению магнезитного кирпича препятствует его высокая стоимость и растрескивание при резких колебаниях температуры.

Тальковый кирпич изготовляется из талькового камня путем его распиливания и обжига. Тальковый кирпич, как и магнезитовый, не поддается разрушающему действию окалины и идет на кладку пода печей, огнеупорность его 1580—1600° С.

Внешняя кладка печи целиком состоит из шамотного кирпича или с обмуровкой из красного кирпича.

Для кладки стенок печей и топок применяют также динасовый кирпич. Он изготовляется из размельченного и обожженного кварца, замешанного на известковом растворе. Под печи из него выкладывать нельзя, так как он разъедается железной окалиной. Температурная стойкость динасового кирпича 1700—1720° С.

Для предотвращения потерь тепла печи во внешнюю среду стены и свод печи защищены теплоизоляционными материалами (шлаковая вата, асбест, трепел и др.). Для прочности кладку печи скрепляют металлическим каркасом и стяжными болтами. Арматура печи (рамы, заслонки и др.) отливаются из обычного или жароупорного чугуна.

§ 10. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПЕЧЕЙ

Кузнечные печи, сложенные из кирпича, должны быть просушены, прежде чем на них начинается работа. Особенно тщательной просушки требуют печи с рекуператорами, у которых должны отдельно просушиваться каналы рекуператоров. Для контроля просушки в них закладывают холодные прутки железа. После удаления прутков из каналов на поверхности их не должно быть заметно следов влажности.

Печь просушивают медленно. Перед ее растопкой дверцы зольника и люка, крышка арматуры и дверцы подтопочной решетки должны быть плотно закрыты, а заслонка, служащая для впуска вторичного воздуха, — открыта примерно на 20 *мм*.

Для получения равномерного горения в печах, работающих на твердом топливе, нужно подавать топливо в топку равными порциями (6—8 лопат), укладывая его на решетке ровным слоем. Свежую порцию топлива надо прежде всего класть на месте прогара. Толщина слоя топлива зависит от вида его, а также от конструкции решетки. Если топка имеет несколько загрузочных дверок или печь имеет несколько топок, то топливо подают не одновременно во все топки, а поочередно.

Во время подачи топлива необходимо немного перекрывать первичный воздух во избежание выбрасывания пламени через топочные дверцы.

Во время работы печи топливо шуруют. Количество шуровок

зависит от качества топлива. Во избежание перемешивания свежего топлива с частично сгоревшим шуруют только верхний слой топлива, а зашлакованные места решетки пробивают ломиком. Как правило, шуровать нельзя сразу после подбрасывания топлива.

Топку чистят не реже раза в смену. До начала чистки, примерно за полчаса, прекращают подачу топлива, затем прекращают подачу воздуха и открывают поддувало. Находящийся в печи «жар» сгребают с одной половины решетки на другую, золу и шлак выгребают. После этого «жар» со второй половины решетки переваливают на первую очищенную часть и очищают освободившуюся вторую половину от золы и шлака. Оставшийся «жар» разгребают ровным слоем по всей решетке.

Нельзя допускать образования в печи факела с острым пламенем, так как это может привести к пережогу металла и преждевременному износу кладки печи.

Чтобы произвести пуск печи, работающей на мазуте, необходимо проверить, исправны ли рабочее окно, пороги, трубопроводы для подачи воздуха и мазута, и очистить под печи от окалины, шлака и кусков кирпичного боя, а главное от натекшего мазута, который при вспышке может выбросить сильное пламя и вызвать ожог лица или рук. Кроме того, надо проверить, нет ли отстоя воды в трубопроводах, и продуть форсунки.

Для растопки печи в камеру сгорания перед форсункой закладывают дрова, которые зажигают при помощи факела из горящих тряпок, пакли или текстильных концов, смоченных в мазуте. Зажженный факел вводят в печь при помощи железного прутка. После того как дрова разгорятся, понемногу открывают в форсунке сначала воздушный кран и пускают воздух, а затем мазут. Подачу воздуха и мазута постепенно увеличивают до получения в печи нормального пламени. Если в печи несколько форсунок, их включают последовательно одну за другой.

Запрещается впускать в печь сначала мазут, а затем воздух, так как в этом случае может произойти взрыв и выброс пламени наружу, что может вызвать ожог у работающего персонала. Одновременно необходимо следить за тем, чтобы количества подаваемого воздуха и мазута находились в правильном соотношении.

Помещаемые в печь заготовки должны быть сухими, а в зимнее время очищенными от снега и льда. В противном случае может произойти сильное выбрасывание пламени из окна печи, а иногда и взрыв.

Подачу и выдачу заготовок выполняют при помощи клещей. Рукоятки их должны быть такой длины, чтобы руки рабочего находились на расстоянии не менее 1 *м* от рабочего окна печи.

Во время работы необходимо тщательно следить за тем, чтобы были исправны трубопроводы, подающие к печи воздух и мазут, а также краны и задвижки на трубопроводах.

В случае возникновения пожара все краны в мазутопроводе закрывают, а находящиеся около печи раскаленные поковки засыпают песком или накрывают листовым железом. Для этой цели около каждой печи ставят ящик с песком.

Если печь работает на двух форсунках, необходимо следить за тем, чтобы их горение было равномерным, с одинаковой подачей горючего. Нельзя допускать, чтобы одна форсунка горела сильнее другой.

При повышении температуры печи против установленной сначала уменьшают подачу мазута, а затем и подачу воздуха. При понижении температуры, наоборот, увеличивают сначала подачу воздуха, а затем мазута. Если печь начинает дымить, уменьшают подачу мазута или увеличивают подачу воздуха.

Чтобы обеспечить правильный нагрев и экономный расход топлива, печь следует загружать равномерно. Необходимо следить за тем, чтобы пламя и газы омывали всю поверхность печи и заготовки.

По окончании работы для остановки печи постепенно прекращают подачу воздуха и мазута, закрывают полностью сначала кран трубопровода, подающего мазут, а затем и воздуха.

Розжиг и остановка газовой печи должны производиться нагревальщиком особенно внимательно, так как природные и искусственные газы взрывоопасны и содержат отравляющие вещества. Поэтому все нагревальщики в кузнечно-штамповочных цехах допускаются к работе на газовых печах только после прохождения курса обучения по особой программе.

При пуске печи необходимо внимательно осмотреть газопровод, горелки, всю запорную аппаратуру и проверить по манометру давление газа в газопроводе. Давление газа должно быть 3000—6000 *мм вод. ст.* Если давление меньше 3000 *мм вод. ст.*, то розжиг печи следует прекратить. Печь можно разжигать только при открытой заслонке и после хорошей продувки печи сжатым воздухом.

Порядок розжига газовой печи состоит в следующем. Сначала надо проверить вытяжную систему, для чего зажечь факел, укрепленный на длинном металлическом стержне, и подвести его к кратеру инжекционной горелки. Затем следует открыть газовый кран. Как только газ загорится, нужно постепенно открыть воздушную шайбу, после чего добавить газ до полного открывания газового крана у горелки.

Убедившись, что горелка горит устойчиво, нужно переходить к розжигу последующих горелок. При нормальном горении пламя должно иметь голубоватый цвет. При внезапном прекращении подачи газа необходимо быстро перекрыть вентиль горелки и газопровода, открыть кран продувной свечи и сообщить об этом мастеру или старшему по смене.

Вторичный розжиг печи производится в той же последова-

тельности, как и первоначально. На печах, имеющих верхние и нижние горелки, сначала надо работать только на нижних. После прогрева печи можно приступать к пуску верхних горелок.

В процессе работы газовой печи, когда металл нагревается, нужно постоянно наблюдать за работой горелок; следить за тем, чтобы пламя равномерно заполняло рабочую камеру печи и заготовки прогревались равномерно.

Категорически запрещается оставлять работающую газовую печь без присмотра. В процессе нагрева металла необходимо систематически следить за температурой в печи по приборам.

При остановке газовой печи сначала надо закрыть газ и воздух поочередно на всех горелках. Для сохранения тепла в печи при ее остановке обычно закрывают заслонки и опускают дымовой шибер.

Газ легко воспламеняется даже от искры. Газовое пламя следует гасить немедленным выключением подачи газа к месту горения. При этом можно пользоваться сухим песком или пенным огнетушителем. Тушить газовое пламя водой категорически запрещается.

В процессе работы на газовых нагревательных печах нагревальщик должен быть очень внимательным и работать только в исправной спецодежде, головном уборе, рукавицах и очках.

Перед началом и после окончания работы у угольного горна кузнец должен:

очистить горновое гнездо (очаг);

очистить фурму от шлака и продуть ее воздухом;

проверить, исправны ли воздухопровод и заслонка.

Пуск угольного горна осуществляют следующим образом. Прежде всего вокруг фурмы насыпают слой угля толщиной от 50 до 75 *мм* так, чтобы отверстие фурмы оставалось свободным, затем зажигают пропитанную керосином тряпку, укладывают ее на уголь и сверху насыпают еще тонкий слой угля. После этого постепенно открывают дутье и когда огонь разгорится, добавляют уголь.

Во время работы кузнец должен следить за тем, чтобы:

пламя в горне было равномерным, а дутье не слишком сильным;

покрытие фурмы слоем угля было непрерывным;

верхний слой угля спекался и образовывал корку, для чего необходимо смачивать его водой;

фурма не засорялась шлаком, для чего время от времени прикрывать дутье и прочищать фурму через люк;

заготовка была прикрыта со всех сторон слоем угля, а воздух, вдуваемый через фурму в горн, непосредственно не омывал металл; для этого необходимо, чтобы между нагреваемой заготовкой и фурмой всегда лежал слой угля.

Если работа на горне прерывается на некоторое время, огонь можно сохранить, положив в горновое гнездо кусок дерева и засыпав его со всех сторон углем. После этого дают на некоторое время — несколько секунд — слабое дутье, чтобы «оживить» горение, которое затем продолжается при закрытой фурме.

При работе на горне используют следующий инструмент (рис. 37).

Пика *1* служит для пробивания наружного спекшегося слоя угля и его разрыхления во время работы; изготовлена она из круглой стали диаметром 15—20 *мм*, один конец слегка сплюснут.

Кочережка *2* предназначена для очистки горна от шлака и выгрузки заготовок; изготовляется обычно из круглой стали диаметром 15—20 *мм*.

Швабра *3* служит для смачивания угля водой, с образованием при этом твердой корки (шапки). Швабра представляет собой пучок твердого и грубого мочала, связанного кольцом.

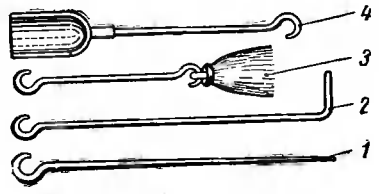


Рис. 37. Горновой инструмент: *1* — пика, *2* — кочережка, *3* — швабра, *4* — лопатка

Лопатка *4* предназначена для подбрасывания в горно угля.

При обслуживании нагревательных печей большое значение имеет знание и умение правильно определять температуру нагретого металла.

Практически часто температуру нагретого металла кузнецы определяют по так называемым цветам каления (табл. 6).

Заготовка, нагретая выше температуры 500—550° С, начинает светиться и по мере дальнейшего повышения температуры меняет свой цвет. Таким образом, каждой температуре нагрева соответствует свой цвет каления металла. Определение температу-

Таблица 6

Шкала температур цветов каления

Цвета каления	Температура, °С
Темно-коричневый	530—580
Коричнево-красный	580—650
Темно-красный	650—700
Темно-вишнево-красный	700—740
Вишнево-красный	750—800
Светло-вишневый	800—830
Светло-красный	830—900
Темно-оранжевый	900—930
Светло-оранжевый	950—980
Желтый	1000—1050
Светло-желтый	1100
Соломенно-желтый	1200
Белый	1300—1400

ры на глаз достигает точности до 50° и зависит от опыта и навыка кузнеца.

Определение температуры нагрева заготовок по цвету каления в принципе является неточным, так как зависит от опыта и зрения кузнеца, а также от освещенности в цехе.

Для точного измерения температуры нагретого металла до 1300° С пользуются специальными приборами, называемыми *пирометрами.*

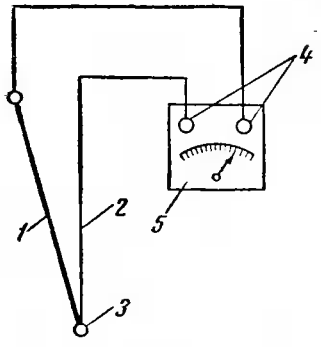


Рис. 38. Схема термоэлектрического пирометра:

1, 2 — разнородные проводники, *3* — точка спая проводников, *4* — свободные концы проводников, *5* — милливольтметр

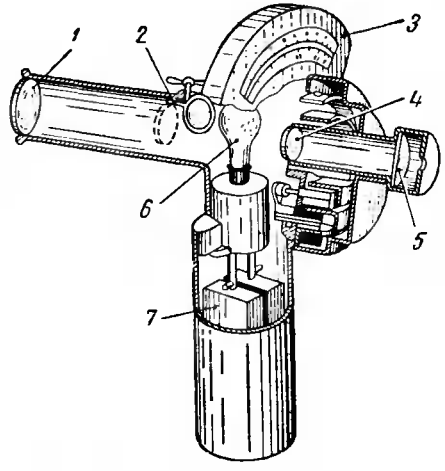


Рис. 39. Схема оптического пирометра:

1 — объектив, *2* — дымчатое стекло, *3* — шкала гальванометра, *4* — окуляр, *5* — красный фильтр, *6* — лампочка накаливания, *7* — аккумулятор

Термоэлектрический пирометр (рис. 38) служит для измерения температуры печи путем ввода термопары в нагретую среду. Термопара работает на принципе возникновения электрического тока в точке спая двух разнородных проводников при тепловом воздействии на спай.

Она состоит из двух изолированных друг от друга проводников *1* и *2,* изготовленных из разнородных металлов. Проводники обычно помещаются в защитный кожух. Два конца этих проводников спаяны в точке *3* и образуют «горячий спай» термопары, а свободные концы *4* присоединяются к милливольтметру *5.*

При нагреве спая, помещенного в рабочее пространство нагретой печи, вследствие разности температур между горячим спаем, имеющим температуру печи, и холодными концами по проводам пойдет электрический ток и стрелка милливольтметра покажет соответствующую температуру. Величина силы тока будет тем больше, чем больше разность температур спаев, чем выше температура нагрева горячего спая. Ток по проводам попадает в гальванометр, шкала которого проградуирована (разделена на градусы), и отклоняет его стрелку в сторону от нулевого положения, указывая температуру печи.

В тех случаях, когда нагреву подвергают сплавы с узким температурным интервалом ковки, требующие медленного нагрева, в печь устанавливают две термопары — одну со стороны свода и другую в задней стенке печи.

Для измерения температуры металла, находящегося в печи, а также температуры заготовки в процессе ковки применяют оптические пирометры (рис. 39). Они позволяют определять температуру раскаленного металла на расстоянии до 5 *м* от него, т. е. без ввода их в нагретую среду.

Действие оптического пирометра основано на принципе одинаковости свечения тел, т. е. на сравнении цвета каления нагретого металла с цветом накала нити лампочки накаливания.

От раскаленной заготовки в печи луч света попадает на объектив *1,* помещенный в торце зрительной трубы, проходит через дымчатое стекло *2,* окуляр *4* и красный фильтр *5.* Между дымчатым стеклом и окуляром помещена лампочка накаливания *6,* которая питается от аккумулятора *7.* Находящийся перед окуляром реостат позволяет регулировать степень накаливания нити лампочки и тем изменить ее цвет. При наведении зрительной трубы на раскаленную заготовку нить лампочки будет находиться на фоне раскаленного предмета. Правой рукой вращают кольцо реостата, изменяя напряжение тока и тем меняя цвет накала нити лампочки. Как только цвет нити сравняется с цветом светящейся заготовки, на шкале *3* гальванометра смотрят показание температуры, указываемое стрелкой шкалы. Шкала гальванометра проградуирована непосредственно на температуру, ее показания при достижении одинакового цвета нити с цветом заготовки будет точно соответствовать температуре, которую имеет светящаяся заготовка.

§ 11. ОХЛАЖДЕНИЕ ПОКОВОК

Весьма важной и ответственной операцией изготовления высококачественных поковок является их охлаждение. При охлаждении поковок, в результате тепловых изменений, происходит изменение состава и величины зерна металла, т. е. изменение структуры металла, ведущее к возникновению внутренних напряжений.

При охлаждении более интенсивно остывают наружные слои, а центральные (внутренние) слои охлаждаются медленнее. Это вызывает более интенсивное уменьшение в объеме наружных слоев. Внутренние слои будут стремиться сдерживать наружные

слои от сжатия и вследствие этого как бы их растягивать, а наружные слои, наоборот, будут стремиться сжимать внутренние. В результате этого по сечению поковки в наружных слоях возникнут растягивающие усилия, а во внутренних — сжимающие, что может привести к образованию как поверхностных, так и внутренних трещин.

Эти напряжения могут усиливаться от дополнительно возникающих изменений структуры металла при прохождении через критический интервал температур. Кроме того, при охлаждении так называемых флокеночувствительных сталей могут образоваться флокены. Поэтому охлаждение поковок необходимо вести с такой скоростью, которая предупреждала бы возникновение внутренних напряжений, способствующих образованию трещин в металле.

Режим охлаждения поковок устанавливается в зависимости от химического состава металла, максимального поперечного сечения поковки и вида исходного металла (слиток или прокат).

Чем более легирована и менее вязка сталь, тем медленнее ее следует охлаждать.

Охлаждение поковок ведут на спокойном воздухе, в колодце (яме) или с печью.

При охлаждении на воздухе поковки могут размещаться на полу: в индивидуальном порядке, укладываться в штабеля, размещаться навалом — в кучах. Глинобитный пол, на котором происходит охлаждение поковок, должен быть сухим. Металлический пол цеха (плиты) может вызвать быстрый отвод тепла от наружных слоев поковки.

При охлаждении на полу следует обращать внимание на возможность возникновения сквозняка, вызывающего местное охлаждение поковки. Вреден сквозняк также при охлаждении поковок, имеющих значительное отношение длины к диаметру, и поковок с переменным сечением.

Поковки из сталей, требующих более медленного охлаждения, помещают в колодцы (ямы). Каждую поковку после помещения в колодец засыпают песком, золой или шлаком. Заполненный колодец плотно прикрывают крышкой и засыпают песком.

Мелкие поковки охлаждают в ящике на подстилке из песка, асбестовой ваты или шлака. Сверху ящик также засыпают слоем песка и плотно закрывают крышкой из асбестового листа или железа.

Охлаждение с печью дает возможность регулировать скорость процесса. В печь, нагретую до температуры 650—700° С, помещают поковки и выдерживают в ней до выравнивания температуры всей садки. После этого начинается охлаждение поковок вместе с печью.

Режимы охлаждения поковок из проката и слитков приведены в табл. 7.

Таблица 7

Режимы охлаждения поковок

Марка стали	Размеры поковок, *мм*			
	до 50	51—100	101—200	201—300
Поковки из проката				
Низкоуглеродистые, среднеуглеродистые и легированные Ст. 1; Ст. 2; Ст. 3; Ст. 4; Ст. 5; Ст. 6; Ст. 7; 08; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 15Х; 20Х; 30Х; 35Х; 40Х; 45Х; 25Н; 30Н	На воздухе			
Высокоуглеродистые и легированные У7; У8; У9; У10; 55Х; 35ХЮА; 35ХМА; 12ХН2; 12Х43; 20ХН3; 12Х2Н4; 20Х2Н4; 4ХС; 30ХГС; ЭЯ1; ЭЯ2; ЭЯ3С; Э5; Э6; Э8	На воздухе		В штабелях	В колодце
Легированные ОХН1М; ОХН2М; ОХН3М; ОХН4М; 38ХГМ; 18ХНВА; 18Х2Н4МА; 38ХМЮА; 33ХН3М; 40ХНМ; 45ХНМФ	На воздухе	В штабелях	В колодце	В колодце с песком
Инструментальные легированные 55ХНМ; 5ХГМ; 7Х3; ХВГ; 5ХВГ; 9ХС; 4ХВС; 5ХВС; 6ХВС; ХВ5	В штабелях	В колодце с песком		С печью
Инструментальные с высоким содержанием углерода У10; У12; У13; ШХ6; ШХ9; ШХ15; ХГ; ХВГ; ХО5; ХО9; 9Х; 9ХС; Х12; Х12М	До 700° С на воздухе, дальнейшее в колодце с песком			
Быстрорежущие РК5; РФ1; РФ2; РО; ЭИ116; ЭИ172; ЭИ173; ЭИ184; ЭИ262	В колодце с песком			

Продолжение табл. 7

Марка стали	Размеры поковок, *мм*				
	до 50	51—100	101—151	151—200	201—300
Поковки из слитков					
Низко- и среднеуглеродистые Ст. 1; Ст. 2; Ст. 3; Ст. 4; Ст. 5; Ст. 6; Ст. 7; 15; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55	На воздухе				
Среднеуглеродистые, хромистые и никелевые У7; У8; 15Х; 20Х; 30Х; 25Н; 30Н	На воздухе				В штабелях
Высокоуглеродистые и легированные У9; У10; 40Х; 45Х; 50Х; 35ХЮА; 15ХГ; 40ХГ; 35ХГ2; 20ХГС; 25ХГС; 30ХГС; 35ХГС	На воздухе	В штабелях			В колодце
Легированные 35ХМА; ОХМ; 12ХН2; 12ХН3; 40ХН	В штабелях		В колодце		В колодце с песком
Легированные: 40ХГМ; 33ХН3МА; 18Х2Н4МА; ОХН1М; ОХН4М; 18ХНВА; 12Х2Н4; 20Х2Н4А; 9Х; 35ХМЮА	В штабелях	В колодце	В колодце с песком		С печью
Инструментальные 5ХНМ; 6ХНМ; 5ХГМ; 3ХВ8; 4ХВС; 5ХВС; 6ХВС	В колодце	В колодце с песком			С печью
Быстрорежущие РК5; РФ1; РФ2; Р; РО; ЭИ116; ЭИ172; ЭИ173; ЭИ184; ЭИ262	В колодце с песком				По особым инструкциям

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризуйте основные виды топлива.
2. Как сжигается жидкое и газообразное топливо?
3. Что такое температурный интервал ковки?
4. Чем отличаются камерные печи от методических?
5. Какие существуют виды электронагрева заготовок?

Глава IV
КУЗНЕЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Кузнечный инструмент, применяемый при свободной ковке, по назначению разделяют на основной (технологический), вспомогательный и измерительный.

§ 12. ОСНОВНОЙ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ) ИНСТРУМЕНТ

Для свободной ковки применяют следующий основной (технологический) инструмент:

опорный, к которому относятся наковальня и шперак при ручной ковке и нижний боек при машинной ковке;

ударный, к которому относятся кувалда и ручник при ручной ковке и верхний боек при машинной ковке;

подкладной, к которому относятся зубила, подсечки, пробойники (бородки), обжимки, подбойки, гладилки, гвоздильня и форма (при ручной ковке), обжимки, пережимки, раскатки (разгонки), прошивни, осадочные плиты, надставки, оправки и подкладные штампы — при машинной ковке.

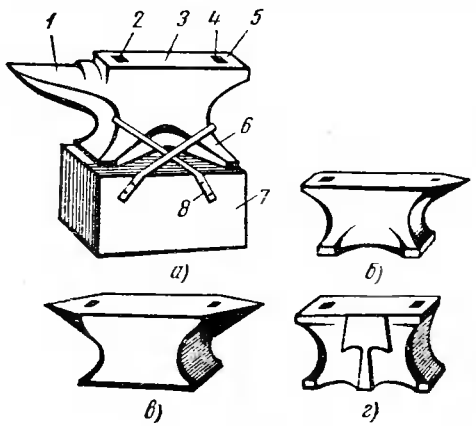


Рис. 40. Наковальня:
а — общий вид; *1* — рог, *2*, *4* — отверстия, *3* — наличник, *5* — хвост, *6* — лапы, *7* — стул, *8* — хомуты; *б* — однорогая, *в* — двурогая, *г* — безрогая

Наковальня (рис. 40, *а*), которая служит опорой для заготовки в процессе ее ковки, а также воспринимает удары кувалды и ручника.

Наковальни отливают из стали 45Л-1 с содержанием (%) углерода 0,42—0,50, марганца 0,40—0,90 и кремния 0,20—0,42, весом от 70 до 270 *кг*. Верхняя часть *3* наковальни, на которой производится ковка, называется *наличником*. В некоторых случаях наличник в виде стальной пластины толщиной до 30 *мм* наваривается на тело наковальни. Наличник должен иметь гладкую закаленную поверхность. На правильно закаленной поверхности проба напильником должна оставлять едва заметные царапины. Резкие следы от напильника указывают, что поверхность наличника не получила должной закалки и будет при ковке терять свою первоначальную форму.

Наличник имеет прямоугольную форму длиной 250—500 *мм* и шириной 100—150 *мм*, а высота его от пола до лицевой поверхности 750—800 *мм*.

На поверхности наковальни имеются два отверстия: круглое диаметром 15 *мм*, служащее для пробивки отверстий в поковке, и квадратное размером 35×35 *мм* для установки в него различного вспомогательного кузнечного инструмента с хвостовиками для удобства установки.

Заостренный конец *1* наковальни служит для гибки заготовки-поковки под разными углами и называется рогом, а прямоугольная часть *5* другого конца служит для изгибания поковок под прямым углом и называется хвостом.

Наковальня имеет внизу четыре лапы *6*, которыми она устанавливается на деревянный (чаще дубовый) стул *7* или на бетонное основание. К стулу наковальня крепится костылями или хомутами *8*. Удобство крепления хомутами состоит в том, что в случае ослабления крепления они всегда могут быть подтянуты.

Общая высота стула берется от 1,5 до 2 *м*. Стул закапывают в землю так, чтобы над полом он возвышался на 0,5 *м*. Верхнюю часть стула скрепляют одним или двумя железными обручами, предохраняющими его от раскалывания при ударах во время ковки на наковальне.

Наковальню устанавливают на чугунной или стальной подставке. Для уменьшения шума во время работы между наковальней и металлической подставкой помещают специальную звукопоглощающую прокладку. Чтобы ребра стула не сбивались, его защищают железным кожухом. В случае применения бетонного стула под наковальню, укладывают кожаную прокладку, которая придает наковальне большую устойчивость.

Наковальни бывают трех типов:

с одним рогом (однорогие, ГОСТ 11397—65), у которых другой тупой конец имеет вид прямоугольника, с одним отверстием. Этот тип наковальни является наиболее распространенным (рис. 40, *б*);

с двумя рогами (двурогие, ГОСТ 11398—65), с двумя отверстиями, расположенными на противоположных концах наковальни (рис. 40, *в*);

без рогов (безрогие, ГОСТ 11396—65), с двумя прямоугольными концами и расположенными на них отверстиями (рис. 40, *г*).

Перед работой на наковальне необходимо убедиться в отсутствии наружных трещин, путем нанесения удара молотком по на-

личнику. От исправной наковальни молоток должен отскакивать и наковальня должна издавать чистый и звонкий звук. Наковальня, имеющая трещины, будет издавать глухой звук.

Шперак (рис. 41) представляет собой маленькую наковальню весом от 10 до 50 *кг* с двумя рогами. Он применяется для гибочных работ, а также для изготовления особо мелких поковок. Шпераки изготовляются в соответствии с ГОСТ 11400—65 из стали 45.

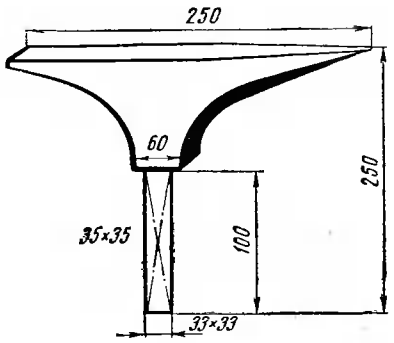


Рис. 41. Шперак

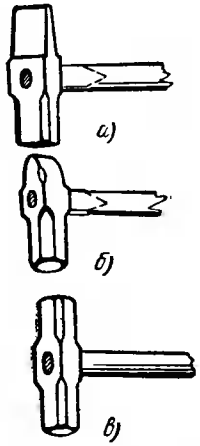


Рис. 42. Кувалды с бойками:
а — поперечным, *б* — продольным, *в* — плоским двустороннim

Кувалды (кузнечно-боевые молоты) служат основным инструментом для нанесения ударов по нагретой заготовке с помощью обеих рук.

Кувалды тупоносые по ГОСТ 11401—65 и остроносые по ГОСТ 11402—65 изготовляются из стали 50. Вес кувалды от 2 до 16 *кг*. Размеры кузнечных кувалд приведены в ГОСТах.

Кувалда имеет боек, носок и глазок (для ручки). Боек кувалды может быть поперечным (рис. 42, *а*), продольным (рис. 42, *б*) и плоским двусторонним (рис. 42, *в*).

Кувалдой работают подручные кузнеца — молотобойцы, наносящие удары по указанию кузнеца. В зависимости от размера или конфигурации поковки кузнец работает с одним или с двумя молотобойцами. Работа с двумя молотобойцами является выгодной, так как при этом сокращается время работы, уменьшается количество потребных нагревов и, таким образом, увеличивается производительность ковки.

В зависимости от силы удара, который требуется нанести кувалдой, различают локтевой, или легкий, удар (рис. 43, *а*); плечевой, или средний, удар (рис. 43, *б*) и навесной, или размашистый, удар (рис. 43, *в*).

Рис. 43. Удары кувалдой:
а — локтевой, *б* — плечевой, *в* — навесной

Удары кувалдой наносятся справа и слева. Для нанесения удара справа молотобоец должен взяться за рукоятку правой рукой, ближе к кувалде, а левой рукой за конец рукоятки; при нанесении удара слева — левой рукой за середину рукоятки, а правой рукой — за конец рукоятки.

Рукоятки кувалд изготовляют из березы, клена, ясеня или рябины длиной от 700 до 900 *мм*.

При работе навесными ударами вразмашку, когда требуется в удар вложить большую силу, молотобоец перед каждым ударом описывает кувалдой в воздухе полный круг, при этом рукоятка должна иметь длину более 900 *мм*. Насадочное отверстие (глазок) кувалды необходимо делать овальной формы с уширением у концов. Ось насадочного отверстия должна точно совпадать с продольной осью кувалды.

На рис. 44 показано крепление кувалды *1* клиньями *2* к рукоятке *3*.

Ручники служат для нанесения ударов одной рукой по нагретому месту небольшой заготовки, а также для указания кузнецом молотобойцу места удара кувалдой при обработке крупных заготовок.

Ручники большей частью имеют поперечный боек (рис. 45, *а*) и реже продольный,

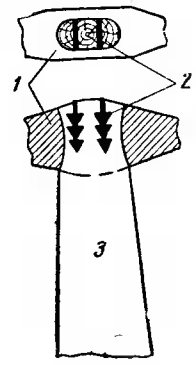


Рис. 44. Крепление кувалды к рукоятке:
1 — кувалда, *2* — клинья, *3* — рукоятка

параллельный рукоятке (рис. 45, *б*). Такие молотки удобно применять в тех случаях, когда требуется вести протяжку материала по ширине. Молотки с шарообразным (точнее полушаровым) бойком (рис. 45, *в*) применяют при осаживании материала во всех направлениях и при обработке заготовок выпуклой формы. Боек (лицо) молотков имеет круглую, квадратную или восьмиугольную форму, с незначительной выпуклостью поверхности.

Ручники изготовляются весом от 0,5 до 2 *кг* из инструментальной углеродистой стали с содержанием углерода около 0,7%.

Рукоятки ручников изготовляют длиной от 350 до 500 *мм* из березы, клена, ясеня или рябины.

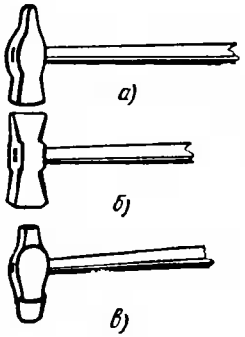


Рис. 45. Ручники с бойком:
а — поперечным, *б* — продольным, *в* — шарообразным

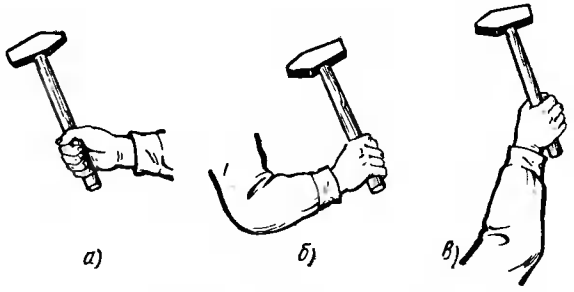


Рис. 46. Удары ручником:
а — кистевой, *б* — локтевой, *в* — плечевой

Деревянная рукоятка должна быть прочно насажена и закреплена так, чтобы удар не отдавался в руку. Для того чтобы рукоятка слегка пружинила при ударе, середина ее ближе к месту насадки делается несколько тоньше, чем у концов.

В зависимости от силы, с которой надо нанести удар ручником, различают:

кистевой удар, который выполняют движением руки в кистевом суставе (рис. 46, *а*);

локтевой удар, который выполняют сгибанием и разгибанием локтевого сустава руки (рис. 46, *б*);

плечевой удар, который выполняют сгибанием и разгибанием руки в плече (рис. 46, *в*).

Ручники и кувалды укрепляют на рукоятках с помощью железного клина с обратной насечкой, который забивают в прорезь. Длина клина составляет $^2/_3$ глубины насадочного отверстия. Работать без вбитого клина запрещается.

Кузнечные зубила (рис. 47) служат для рубки, вырубки и отсечки металла в холодном или горячем состоянии. Зубило имеет головку, по поверхности которой наносят удары, и нож (лезвие), который производит рубку. Для правильности удара головка зубила делается слегка выпуклой. Угол заострения ножа зубила для отрубания нагретого металла составляет 30°, а для отрубания в холодном состоянии 60°. Длина ножа принимается от 30 до 50 *мм*, а длина всего зубила: для холодной рубки от 160 до 190 *мм* и для горячей рубки от 180 до 240 *мм* (ГОСТ 11418—65).

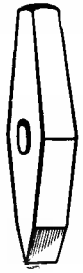


Рис. 47. Кузнечное зубило

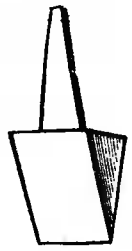


Рис. 48. Подсечка

Кузнечные зубила изготовляют из стали 6ХС по ГОСТ 5950—63 с содержанием (%): углерода 0,60—0,70, марганца 0,15—0,40, кремния 0,60—1,00 и хрома 1,00—1,30 и закаливают с последующим отпуском.

Перед рубкой проверяют состояние головки зубила, так как при работе зубилом, у которого сбита головка, могут отлететь ее кусочки и причинить ранения окружающим.

Подсечки (ГОСТ 11420—65) служат для ускорения и облегчения рубки и вырубки (рис. 48). Подсечку вставляют хвостом в отверстие наковальни, на острие кладут заготовку, а на нее против острия (лезвия) устанавливают зубило, по которому наносят удары. Подсечку изготовляют из стали 50 и подвергают закалке с последующим отпуском.

Форма служит для получения отверстий в поковках и для вытяжки поковок простых и сложных сечений (рис. 49). Форма представляет собой квадратную плиту из литой стали с отверстиями различных размеров и очертаний и обжимными ручьями по бокам. Формы изготовляются весом до 50 *кг*.

Пробойники, или бородки, служат при ручной ковке для пробивки небольших отверстий (от 6 до 25 *мм*) в нагретом металле. Форма утоненного (рабочего) конца пробойника зависит от формы пробиваемого отверстия (рис. 50).

Для возможности пробивания круглых отверстий разных размеров, а также для облегчения вытаскивания пробойника из отверстия после пробивки конец пробойника делается конусным.

Для пробивки отверстий овального и квадратного сечения применяются пробойники с соответствующим профилем рабочего конца.

Изделие, в котором требуется пробить отверстие, кладут на форму так, чтобы место будущего отверстия приходилось над соответствующим отверстием в форме, и затем бородком про-

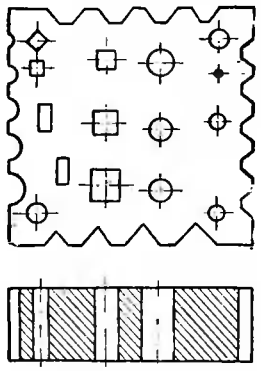


Рис. 49. Форма

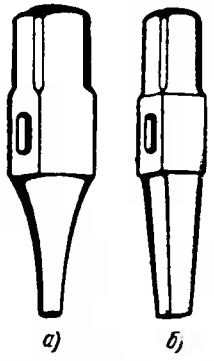


Рис. 50. Пробойники (бородки):
а — круглый, *б* — прямоугольный

бивают отверстие насквозь. Вместо формы можно пользоваться кольцом подходящей величины, а в некоторых случаях отверстием в наличнике наковальни.

Пробойники изготовляются длиной от 100 до 200 *мм* из инструментальной стали 6ХС (ГОСТ 5950—63) с содержанием (%): углерода 0,60—0,70, марганца 0,15—0,40, кремния 0,60—1,00 и хрома 1,00—1,30.

Обжимки (рис. 51) служат для придания поковке правильной формы (круглой, квадратной, многоугольной), для протяжки и отделки круглых и профильных поковок и для доведения их до заданного чертежом размера. Обжимки изготовляются из стали 50 с последующей закалкой и отпуском.

Обжимка для ручной ковки (рис. 51, *а*) состоит из двух частей: верхней *1*, называемой верхником (ГОСТ 11403—65), и нижней *2*, называемой нижником (ГОСТ 11404—65), имеющими с рабочей стороны выемку требуемой формы. С противоположной стороны нижник имеет хвост, которым он вставляется в квадратное отверстие наковальни. Верхник, прикрепленный через овальное отверстие к деревянной ручке, устанавливают на вложенную в углубление нижника заготовку, после чего по нему наносят удары кувалдой. Рукоятка обжимки должна слегка пружинить.

При ковке на молотах (рис. 51, *б*) применяют обжимки круглые пружинные (ГОСТ 11426—65) и разъемные (ГОСТ 11427—65).

Подбойки. Для выравнивания криволинейных и вогнутых поверхностей применяют особые гладилки, называемые

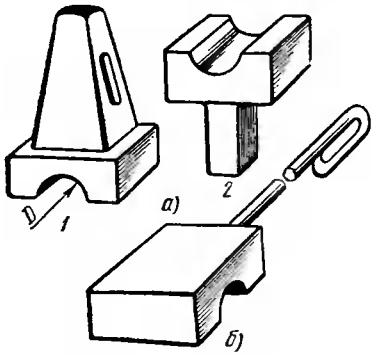


Рис. 51. Обжимки:
а — для ручной ковки; *1* — верхник, *2* — нижник; *б* — для ковки на молотах

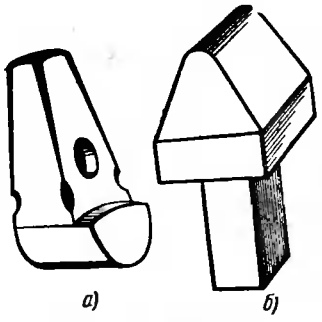


Рис. 52. Подбойки:
а — нижник, *б* — верхник

подбойками или подсадками (рис. 52); их используют также для ускорения протягивания заготовок.

Подбойки изготовляют из стали 45, они бывают плоские: квадратные и прямоугольные для выравнивания металла в одном направлении и полукруглые для более интенсивной протяжки металлов.

По ГОСТ 11406—65, 11407—65, 11408—65 и 11409—65 подбойки изготавливаются следующих размеров:

квадратные с рабочей поверхностью от 40×40 до 55×55 *мм;*

прямоугольные с рабочей поверхностью от 40×60 до 55×80 *мм*;

полукруглые с рабочей частью от 36×45 до 70×65 *мм* и радиусом сферы от 8 до 30 *мм*.

При обработке заготовок подбойкой нижнюю подбойку (рис. 52, *а*) вставляют хвостовой частью в соответствующее отверстие наковальни, на поверхность ее накладывают нагретый металл, а на металл накладывают верхнюю подбойку (рис. 52, *б*).

Гладилки (рис. 53) применяют для сглаживания неровностей поверхности поковки при окончательной ее отделке.

Нижняя часть гладилки называется лицом, верхняя часть, по которой наносят удары, — затылком.

Гладилки изготовляют из стали 45 и подвергают закалке с отпуском.

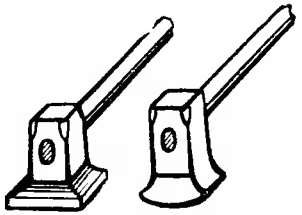


Рис. 53. Гладилки

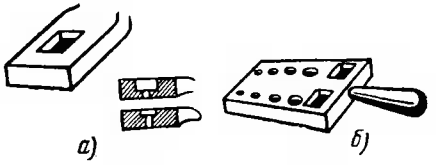


Рис. 54. Гвоздильни:
а — однорядная, *б* — многорядная

Гвоздильня применяется при ручной ковке для высадки головок у болтов, заклепок, гвоздей и пр. Гвоздильни имеют разные по форме и размерам отверстия.

Болт или заклепку, у которой требуется образовать головку, нагревают с одного конца и осаживают. После этого заготовку вставляют в соответствующее отверстие гвоздильни и наружную часть заготовки, которая возвышается над отверстием, осаживают до тех пор, пока головка не примет требуемой формы.

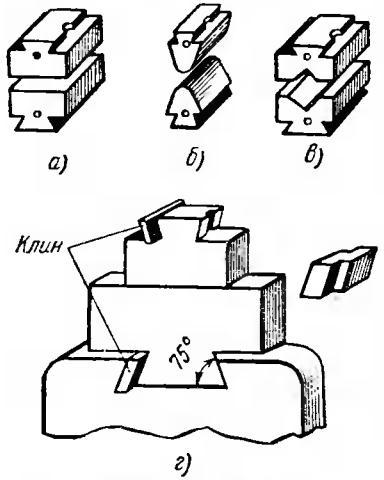


Рис. 55. Бойки:
а — плоские, *б* — закругленные, *в* — вырезные, *г* — крепление бойков

Гвоздильни бывают однорядные (рис. 54, *а*) и многорядные (рис. 54, *б*), последние имеют до 15 отверстий различных размеров и форм. При работе гвоздильню кладут на наковальню и удерживают ее за рукоятку.

Бойки (рис. 55) применяют при свободной машинной ковке в качестве ударного инструмента при работе на молоте или инструмента для обжатия заготовки при работе на прессе. Боек, прикрепленный к верхней подвижной части кузнечной машины, называется верхним бойком, а прикрепленный к шаботу молота или к столу пресса, — нижним бойком.

При свободной ковке применяют обычно плоские прямоугольной формы бойки, реже закругленные и вырезные (см. рис. 55).

Перед началом работы бойки подогревают до 200—250° С во избежание образования трещин и преждевременного их разрушения. Для нагрева бойков между ними укладывают нагретые болванки.

Бойки крепят к соответствующим частям кузнечной машины с помощью соединения типа «ласточкин хвост» и клиньев.

Ширина верхнего и нижнего бойков должна быть одинаковой. Если ширина бойков будет разная, особенно при перекрытии нижнего бойка верхним, работа по приданию заготовке требуемой формы затрудняется и становится небезопасной.

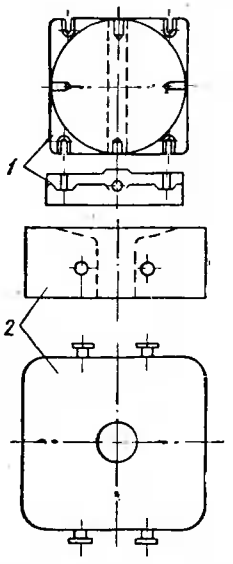


Рис. 56. Плоская осадочная плита:
1 — верхняя половина, *2* — нижняя половина

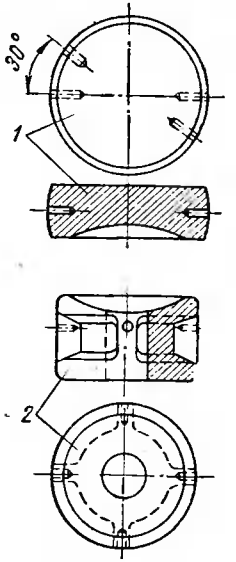


Рис. 57. Сферическая осадочная плита:
1 — верхняя половина, *2* — нижняя половина

Длина верхнего и нижнего бойков разная, причем нижний боек обычно делается несколько длиннее верхнего, что делает работу на нем с приспособлениями более удобной.

Нижний боек крепится в гнезде шабота. Ширина шабота должна быть лишь немного больше ширины бойка с тем, чтобы был открытый доступ к бойку со стороны станин.

Бойки обычно изготовляются из стали с содержанием углерода 0,5—0,6%, а лицевая их поверхность подвергается закалке.

Осадочные плиты. Слитки и заготовки осаживают при помощи верхних *1* (рис. 56) и нижних *2* осадочных плит. Рабочие поверхности плит бывают плоскими (см. рис. 56) и сфери-

ческими (рис. 57). С помощью сферических плит достигается более глубокая обработка внутренних слоев металла.

Верхняя осадочная плита крепится к траверсе пресса или свободно накладывается на заготовку. Она состоит из собственно осадочной плиты; откидных захватов, свободно подвешенных к плите и находящихся в соответствующих выемках; стяжек, соединяющих захваты и препятствующих их раздвижению при

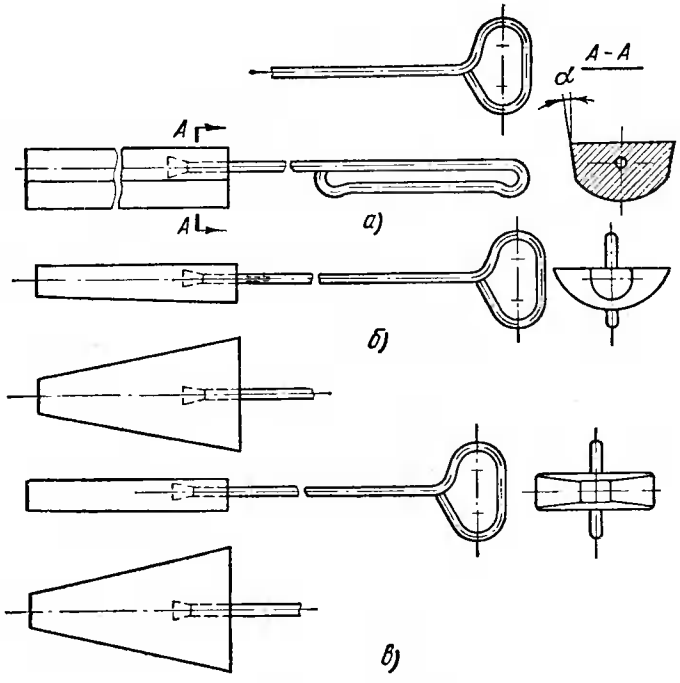


Рис. 58. Раскатки:
а, б — полукруглые, *в* — клиновая

держании бойка; соединяющих болтов, позволяющих отводить оба захвата одновременно; сухарей, центрирующих переходную плиту на осадочной плите.

Для рубки заготовок и слитков на молотах и на прессах используют топоры, размеры которых должны быть больше в соответствии с толщиной разрубаемого металла.

Топоры изготовляют из стали 35ХМ (ГОСТ 4543—61) с содержанием (%): углерода 0,32—0,40, кремния 0,17—0,37, марганца 0,40—0,70, хрома 0,80—1,10 и молибдена 0,15—0,25. Лезвия топоров подвергают закалке и затачивают под углом 40°.

Холодная рубка металла под молотом запрещена.

Раскатки, или разгонки (рис. 58) применяют при свободной ковке для ускорения вытяжки, расплющивания и образования местных углублений, а также для разметки поковок. Раскатки бывают полукруглые (рис. 58, *а, б*) (ГОСТ 11421—65);

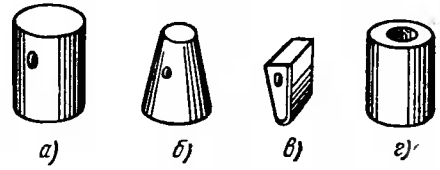


Рис. 59. Прошивни:
а — цилиндрический, *б* — конический, *в* — клиновидный, *г* — пустотелый

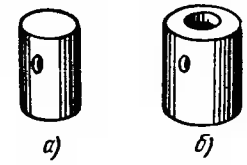


Рис. 60. Надставки:
а — сплошная, *б* — пустотелая

клиновые (рис. 58, *в*) (ГОСТ 11422—65). Основные размеры раскаток приведены в ГОСТе.

Раскатки изготовляют с цельнотянутыми или со вставными ручками из стали 45. Раскатки бывают односторонние и двусторонние. Для протяжки заготовки с большего сечения на меньшее применяют плоские раскатки.

Прошивни служат для получения сквозных или глухих отверстий при машинной ковке. Они бывают цилиндрические (рис. 59, *а*), конические (рис. 59, *б*) и клиновидные (рис. 59, *в*). Для получения отверстий диаметром до 400 *мм* применяют, как правило, сплошные прошивни, а для отверстий свыше 400 *мм* пустотелые (рис. 59, *г*). Прошивни изготовляются из углеродистой и легированной стали.

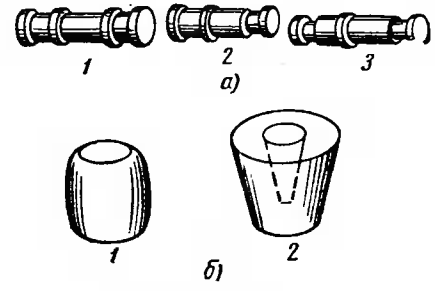


Рис. 61. Оправки:
а — разгоночные: *1* — цилиндрическая, *2* — коническая, *3* — комбинированная; *б* — калибровочные: *1* — бочкообразная, *2* — коническая

Надставки. При прошивке отверстий, превышающих длину прошивня, на последний устанавливают надставку (рис. 60). Наружный диаметр надставки должен быть меньше наружного диаметра прошивня. Надставки бывают сплошные и пустотелые.

Оправки применяют при ковке пустотелых поковок и для отделки отверстий в них (рис. 61). Оправки бывают разгоночные (рис. 61, *а*): цилиндрические *1*, конические *2*, комбиниро-

ванные *3*, калибровочные (рис. 61, *б*): бочкообразные *1* и конические *2*.

Для протяжки предварительно прошитых заготовок приме-

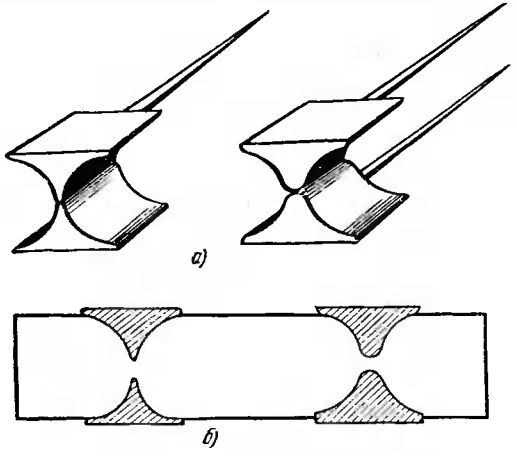


Рис. 62. Фасонные отбойки:
а — общий вид, *б* — в работе

няют конические оправки с небольшим конусом — от 5 до 10 *мм* на 1 *м* длины. Для раздачи поковок по диаметру применяют цилиндрические оправки — дорны.

Оправки изготовляются из углеродистой и хромистой стали.

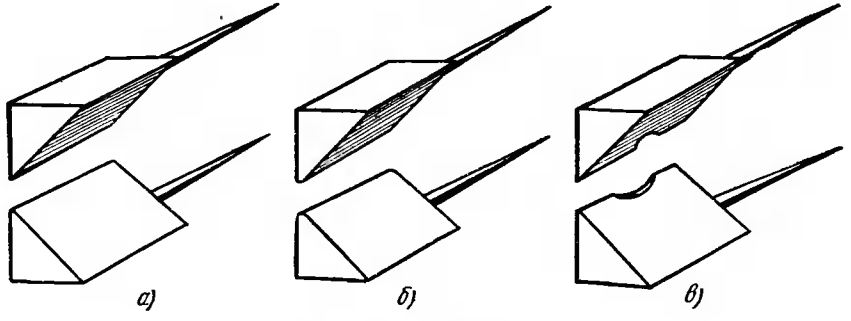


Рис. 63. Пережимки:
а — остроугольные, *б* — с закругленными краями, *в* — с выкружкой

Фасонные отбойки (рис. 62) применяют для рубки с одновременным скруглением концов полосы, а также для образования утолщений в поковках.

Пережимки применяют для образования одно- или двухсторонних углублений в поковках. Они бывают остроугольные (рис. 63, *а*), с закругленными краями (рис. 63, *б*) и с выкружкой (рис. 63, *в*). На рис. 64, *а* показана схема работы пережимок, на рис. 64, *б* результат работы. Пережимки изготовляются с цельнотянутыми или вставными ручками из стали 45.

Пережимки изготовляются согласно ГОСТ 11423—65, 11424—65 и 11425—65 следующих размеров:

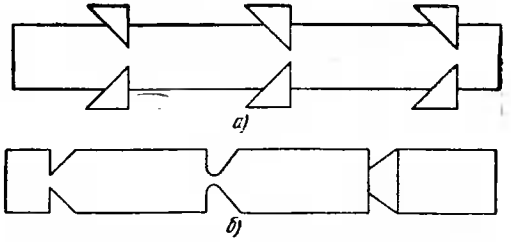


Рис. 64. Схема работы (*а*) и результат работы (*б*) пережимок

круглые диаметром от 10 до 100 *мм* и длиной рабочей части от 800 до 400 *мм;*

треугольные толщиной (высотой) от 20 до 100 *мм* и длиной от 100 до 400 *мм*.

§ 13. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ И МЕХАНИЗМЫ

Вспомогательные поддерживающие инструменты и механизмы служат для захвата и удержания заготовки и поковки, перемещения и вращения их в процессе ковки. К ним относятся клещи, вилки, крючки, ваги, воротяжки, патроны, электрокантователи и манипуляторы (см. § 44).

Клещи (рис. 65). Кузнечные клещи служат для захвата, удержания, вращения и перемещения заготовок и поковок во время ковки. Клещи состоят из двух частей — половинок, раскрывающихся на оси штыря. Каждая половинка имеет с одного конца ручку, а с другого заканчивается губками. Ручки (цевье) служат для держания клещей в состоянии легкого пружинения, т. е. должны легко сжиматься левой рукой. Для более сильного зажатия заготовки в губках клещей на ручки надевают зажимное кольцо (шпандырь) или скобу. Рабочий профиль губок клещей должен соответствовать форме захватываемого конца заготовки. Поэтому у каждого кузнеца должен быть набор клещей, которые приходится менять во время работы в зависимости от формы, принимаемой заготовкой во время ковки.

Чтобы придать губкам клещей профиль, соответствующий форме захватываемого конца заготовки, их нагревают до крас-

ного каления и вкладывают между ними холодную заготовку требуемого профиля. Затем ударами ручника обжимают губки до тех пор, пока они не придут в плотное соприкосновение с заготовкой и не примут ее форму. Губки должны касаться заготовки по всей своей длине.

Неправильная подгонка губок ведет к потере времени в процессе ковки и затрудняет работу, а иногда приводит к несчастному случаю.

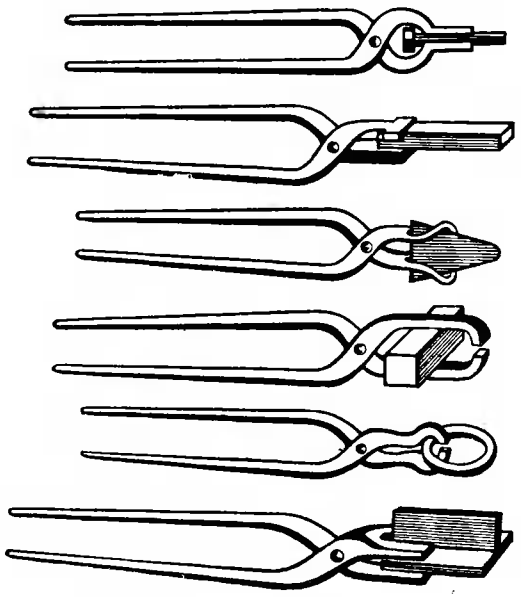


Рис. 65. Кузнечные клещи

В зависимости от профиля губок и назначения кузнечные клещи бывают: продольно-поперечные плоские (ГОСТ 11384—65), с плоскими губками (ГОСТ 11385—65), поперечные с круглыми губками (ГОСТ 11386—65), поперечные с полукруглыми губками (ГОСТ 11387—65), поперечные с квадратными губками (ГОСТ 11388—65), выгнутые (ГОСТ 11389—65), продольные с круглыми губками (ГОСТ 11390—65), продольные с квадратными губками (ГОСТ 11391—65), продольные с прямоугольными губками (ГОСТ 11392—65), вспомогательные для цилиндрических заготовок (ГОСТ 11393—65), вспомогательные для заготовок прямоугольных (ГОСТ 11394—65) и вспомогательные (ГОСТ 11395—65).

Клещи изготовляются из стали 25.

Воротяжки служат для захвата крупных заготовок и поворачивания их во время ковки, а также для выдачи нагретых заготовок из печи. Они представляют собой хомут с рукоятками, составленный из двух частей, соединенных между собой болтами.

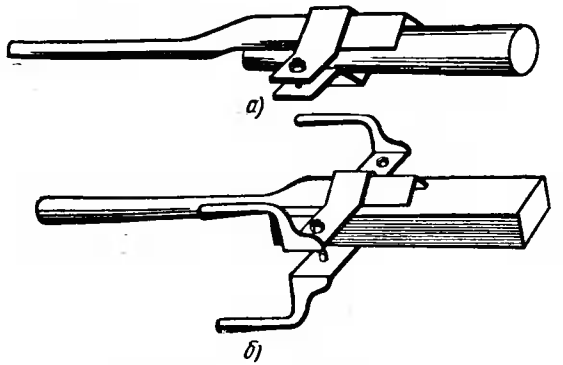


Рис. 66. Воротяжки для заготовок:
а — цилиндрических, *б* — прямоугольных

На рис. 66, *а* показана воротяжка для цилиндрических заготовок, а на рис. 66, *б* — для прямоугольных заготовок.

§ 14. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Для проверки размеров поковки в процессе ковки и по ее окончании применяют измерительный инструмент.

Кронциркуль служит для измерения длин и диаметров. Он состоит из двух металлических ножек, скрепленных шарнирно. Когда нужно измерить внутренний диаметр, ножки раскрывают так, чтобы их загнутые концы были обращены наружу. Замер, сделанный кронциркулем, переносят на металлическую линейку с делениями и этим устанавливают размер. Применяют двойные (рис. 67) и тройные (рис. 68) кронциркули, которые позволяют одновременно замерить два или три размера. Небольшие и средние кронциркули делают стальными, а крупные для облегчения делаются из дюралюминия.

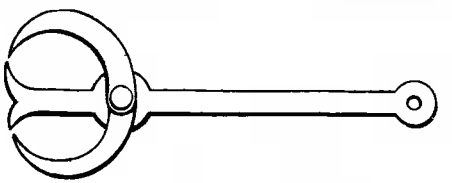


Рис. 67. Двойной кронциркуль

Штангенциркуль служит для контроля наружных и внутренних размеров поковок и профилей заготовок, а также глубины отверстий (рис. 69).

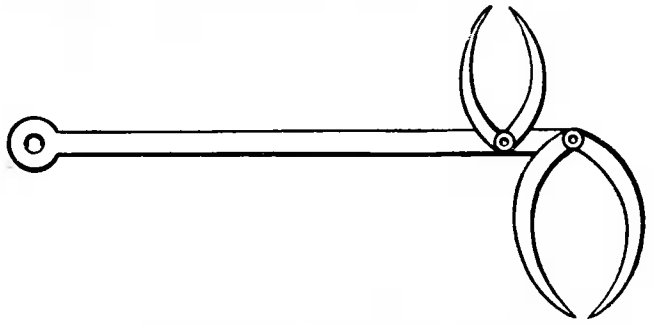


Рис. 68. Тройной кронциркуль

Метрическая линейка служит для контроля длины заготовок и габаритов кованых поковок. При ковке крупных поковок применяют линейки длиной до 2000 *мм*.

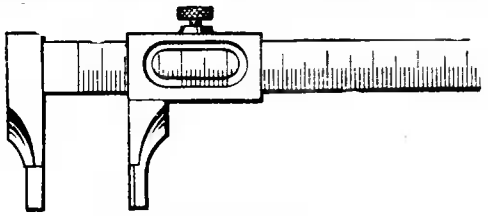


Рис. 69. Штангенциркуль

Рулетка размером до 2000 *мм* служит для тех же целей, что и метрическая линейка.

Усадочная масштабная линейка (рис. 70) служит для проверки размеров горячих поковок. Это — стальная линейка, у которой все деления больше нормальных на 1,5%. Она показывает размеры (численное выражение), которые будет иметь поковка после остывания, когда произойдет тепловая усадка с уменьшением размеров пропорционально на 1,5%. При ковке крупных поковок пользуются линейкой, сделанной из углового профиля. На такой линейке мелом отмечают нужный размер, затем ее прикладывают к поковке.

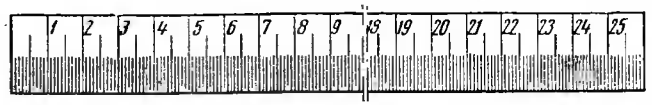


Рис. 70. Масштабная линейка

При ковке под прессами линейку укрепляют вертикально, а на траверсе устанавливают стрелку, которая указывает высоту между бойками, т. е. размер поковки в данный момент. Если при этом нижний боек вырезной, то при ковке крупных поковок для измерения диаметров пользуются кольцами из пруткового или

Рис. 71. Калибр

полосового металла. Кольцо определенного размера устанавливают на нижний вырезной боек, а верхний плоский боек опускают до соприкосновения с кольцом. В этом положении замечают показание стрелки по линейке и выдерживают размер при ковке.

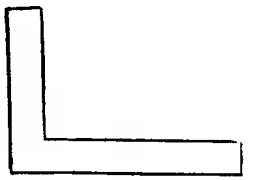


Рис. 72. Угольник

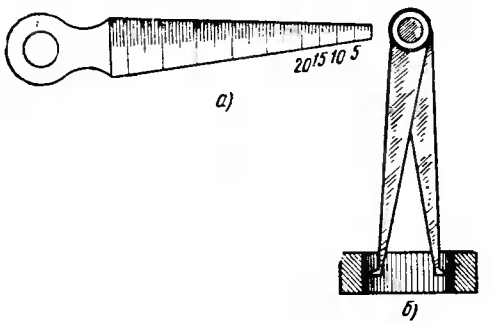


Рис. 73. Шаблоны:
а — для измерения отверстий, *б* — шаблон-нутромер

Калибр. Это стальная пластинка с прямоугольными калиброванными вырезками (рис. 71). Калибр применяют для измерения толщины полос и листов, а также мелких стандартных поковок-болтов, гаек и т. п.

Угольники (рис. 72). Замеры углов в разных плоскостях, а также контроль перпендикулярности плоскостей при ковке осуществляют с помощью стальных угольников, которые изготовляют со стандартными углами 90, 60, 45 и 30°. Углы разворота шеек коленчатых валов проверяют также с помощью проволочных шаблонов или специальных угломеров.

Существуют шаблоны для измерения сквозных отверстий (рис. 73, *а*), а также шаблон-нутромер (рис. 73, *б*).

Скобы (рис. 74) применяют при изготовлении однотипных поковок. В плоской металлической скобе делается два выреза: один соответствует допустимому максимальному размеру поковки, другой — минимальному. В двусторонних измерительных скобах делают по два выреза с каждой стороны, соответственно для измерения предельных размеров у двух разных поковок.

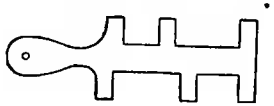


Рис. 74. Скоба

При ковке крупных поковок начинают внедряться новые методы так называемого бесконтактного контроля размеров в процессе ковки: оптический и телевизионно-механический. Эти методы отличаются способами передачи изображений на экран для визирования. Заслуживает также внимания автоматический способ измерения размеров поковки в процессе ковки под прессом на основе применения электрических приборов (сельсинов), связанных между собой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие бывают наковальни?
2. Что такое шперак?
3. Для чего предназначены ручник и кувалда?
4. В каких случаях применяют топоры?
5. Каким инструментом пользуются при пробивке и прошивке отверстий?

Глава V
ОСНОВЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

§ 15. СУЩНОСТЬ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

В отличие от механической обработки, при которой получение требуемой формы металла достигается путем удаления части его, при обработке давлением новую форму металл получает благодаря перераспределению элементарных объемов исходной заготовки.

В отличие от механической обработки резанием обработка металлов давлением основывается на пластической деформации.

Пластической деформацией называется изменение формы тела без разрушения, под влиянием действующих на него внешних сил и сохранение ее после прекращения действия этих сил.

Пластическая деформация является остаточной, в отличие от упругой деформации, при которой после снятия нагрузки тело принимает прежнюю форму.

Опыты показывают, что всякая пластическая деформация, хотя в очень небольшой мере, сопровождается и упругой деформацией.

Способность металлов к изменению формы под действием внешних сил без разрушения принято называть *пластичностью,* которая характеризуется механическими показателями и, прежде всего, относительным удлинением и ударной вязкостью.

Пластичность стали зависит от содержания в ней углерода и других компонентов, от ее структуры и условий, при которых осуществляется обработка давлением. Повышение содержания углерода и легирующих элементов понижает пластичность стали. Чем мелкозернистее сталь, тем она пластичнее. Чем выше скорость деформирования стали, тем больше ее сопротивление деформированию, следовательно, тем меньше пластичность.

Способность металла или сплава при максимальной пластичности обладать минимальным сопротивлением деформированию принято называть *ковкостью* металлов.

Кроме внешних сил, при пластической деформации в металле возникают и действуют внутренние силы, интенсивность

которых называют *напряжением*. Величину напряжения определяют по формуле

$$\sigma = \frac{P}{F} \; кГ/мм^2,$$

где P — сила $кГ$;

F — площадь поперечного сечения, $мм^2$.

Напряжения, возникающие при изменении температуры металла, могут привести к изменению формы металла (поводка, трещины).

При обработке металлов давлением изменяется не только форма, но структура и механические свойства обрабатываемого металла.

Рис. 75. Строчечная микроструктура металла

Различают холодную и горячую обработку металлов давлением.

Холодная обработка металлов давлением характеризуется тем, что происходит она без нагрева или при небольших температурах, исключающих процесс рекристаллизации зерен металла. При этом происходит физическое упрочнение металла, называемое наклепом (нагартовкой). Наклеп характеризуется резким возрастанием предела прочности, предела текучести и твердости при одновременном падении относительного удлинения и ударной вязкости.

Упрочнение выражается в изменении формы зерен: они вытягиваются в направлении наибольшей деформации, принимая так называемую строчечную микроструктуру (рис. 75).

В результате холодной обработки давлением металл не только не уплотняется, а наоборот, несколько уменьшает свой удельный вес, как это было установлено русским ученым Д. К. Черновым.

Упрочнение не является стойким, его можно снять при помощи термической обработки (отжигом).

Горячей обработкой металлов давлением называется процесс, при котором обрабатываемый металл предварительно нагревают не ниже определенной температуры, обеспечивающей протекание процесса рекристаллизации — разупрочнения.

Таким образом, обработка нагретого металла давлением представляет собой сложный термомеханический процесс, в результате которого в зависимости от температуры нагрева (скорости рекристаллизации) и скорости деформирования можно получать различную структуру и разные механические свойства обработанной давлением металлической заготовки.

Решающим фактором в повышении пластичности металла и получения эффекта кузнечной операции является температура нагрева металла перед обработкой давлением. Для понимания роли и значения температурного фактора в горячей обработке металлов давлением рассмотрим его на левой части диаграммы состояния системы железо — углерод (рис. 76) для стали с содержанием углерода 0,4%.

Перед нагревом холодная заготовка имеет структуру, состоящую из феррита и перлита. Феррит — это почти чистое железо, а перлит — механическая смесь зерен феррита и цементита. При нагревании металла до температур ниже нижней критической точки (примерно 720° С) в металле никаких структурных изменений не происходит.

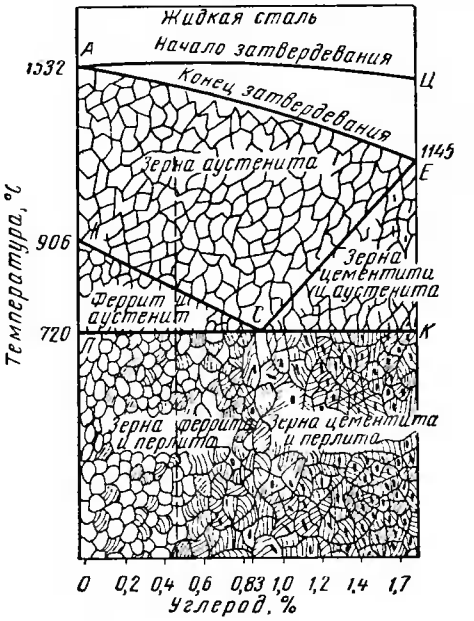


Рис. 76. Диаграмма состояния системы железо — углерод

Перейдя при нагреве нижнюю критическую точку, т. е. выше линии $ПСК$, в стали начнется процесс изменения ее структуры: весь перлит превратится в зерна аустенита, т. е. твердого раствора углерода в γ-железе. По мере повышения температуры от 720° С до температуры, лежащей на линии $ЖС$ (верхняя критическая точка), аустенит будет все больше поглощать в себя феррит, который в верхней критической точке полностью перейдет в зерна аустенита. Если при своем образовании при 720° С аустенит имел 0,83% углерода, то по достижении верхней критической точки он будет содержать 0,4% углерода. Аустенит представляет собой мягкую и пластичную структуру, наиболее желательную для целей обработки металла давлением.

Как видно из диаграммы, сталь с содержанием углерода 0,4% при нагревании выше верхней критической точки вплоть до температуры плавления, лежащей на линии AE, будет иметь структуру аустенита. Нагрев данной стали под ковку рекомендуется вести не выше температуры 1300—1350° С с тем, чтобы предупредить явление пережога или сильного перегрева стали.

В процессе ковки такая сталь будет сохранять аустенитную структуру вплоть до понижения температуры, лежащей на линии *ЖС*.

Процесс ковки рекомендуется заканчивать при температуре на 30° выше верхней критической точки с тем, чтобы обеспечить условия для полной рекристаллизации раздробленных при ковке зерен и исключить даже частичное упрочнение. При дальнейшем понижении температуры поковки при достижении верхней критической точки начнется процесс выделения феррита (из аустенита) с заметным понижением пластичности металла. По достижении нижней критической точки закончится процесс выделения феррита, а оставшаяся часть аустенита превратится в перлит. Таким образом, металл возвратится к первоначальной структуре.

Однако величина зерен этой структуры может сильно отличаться от зерен исходной (перед нагревом и ковкой) структуры. Это зависит, во-первых, от температуры нагрева и, во-вторых, от температуры конца ковки. Последнее обстоятельство особенно важно для обработки металлов давлением. Даже перегретый металл можно исправить правильным термомеханическим режимом обработки: для этого нужно заканчивать ковку при температуре металла, близкой к верхней критической точке, что позволит получить мелкие раздробленные зерна. Если нагретую до ковочной температуры заготовку подвергнуть охлаждению без обработки давлением, то зерна металла получатся крупными — перегретыми с пониженными механическими свойствами.

Стали, содержащие углерода больше 0,8%, являются твердыми, малопластичными, так как в их структуре, наряду с перлитом, находится уже не феррит, а цементит (см. рис. 76). Для таких высокоуглеродистых сталей окончание ковки при температурах, расположенных вблизи линии твердых растворов *CE*, считается недопустимым, так как это влечет появление крупнозернистости и больших скоплений цементита. Например, для стали с содержанием 1,4% углерода весь цементит переходит в раствор только при 1000° С, но эта температура слишком высока для конца ковки. При этой температуре рекомендуется только начинать ковку с тем, чтобы выделяющийся из твердого раствора цементит был раздроблен на мелкие зерна.

Горячая обработка давлением слитка изменяет первоначальное дендритное строение стали. Ответвления дендритов (рис. 77, *а*), следовательно, и межкристаллические включения, расположенные по их границам, в результате обработки давлением вытягиваются, образуя так называемое волокнистое строение стали (рис. 77, *б*).

Такое строение стали после соответствующей химической обработки шлифа хорошо видно невооруженным глазом и носит

название макроструктуры в отличие от зерен металла, видимых только под микроскопом и составляющих микроструктуру металла.

Волокнистая структура металла не может быть устранена ни термической обработкой, ни ковкой. Последняя лишь может видоизменить направление волокон, что имеет большое практическое значение. Расположение волокон в металле может увеличивать или уменьшать эксплуатационную прочность сделанной из этого металла детали в зависимости от выбранного сочетания направления волокон и действующей на деталь внешней нагрузки.

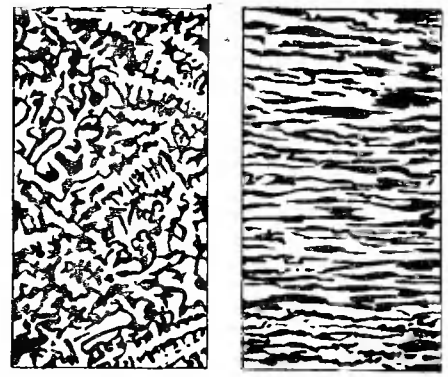


Рис. 77. Строение стали:
а — дендритное (до обработки слитка), *б* — волокнистое (после обработки)

Это можно проиллюстрировать на примере вариантов расположения волокон в поковках зубчатых колес и коленчатых валов.

В зубчатом колесе, изготовленном резанием из прокатного прутка (рис. 78, *а*), нормальные напряжения в зубьях *1* будут направлены поперек волокон и зубья будут скалываться. При свободной ковке (или штамповке) зубчатого колеса из штучной прутковой заготовки (рис. 78, *б*) волокна в разных зубьях будут расположены относительно направления нормальных напряжений неодинаково: зуб *1* будет работать вдоль воло-

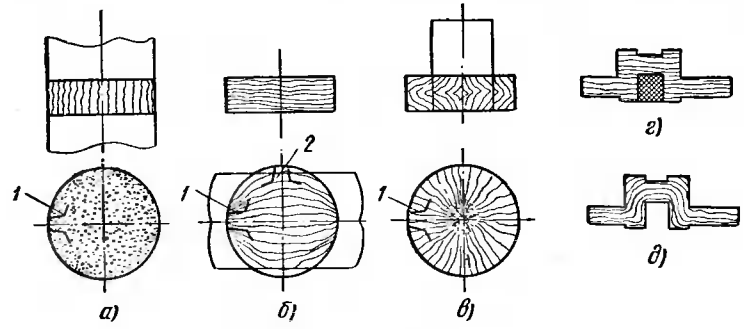


Рис. 78. Расположение волокон:
а — в зубчатом колесе, изготовленном резанием, *б* — в зубчатом колесе, изготовленном свободной ковкой, *в* — в зубчатом колесе, изготовленном осадкой в торец, *г* — в коленчатом вале, откованном без кривошипной шейки, *д* — в коленчатом вале, откованном с кривошипной шейкой, *1, 2* — зубья

кон, что благоприятно, а зуб *2* поперек волокон, что быстро приведет к поломке зуба. При изготовлении зубчатого колеса осадкой в торец (рис. 78, *в*) волокна примут радиальное, т. е. самое благоприятное направление.

Коленчатый вал откован без кривошипной шейки (рис. 78, *г*) и с кривошипной шейкой (рис. 78, *д*). В первом случае шейка образуется путем вырезки из нее напуска. В результате этого волокна оказываются перерезанными, и металл в поперечных волокнах щек легко будет скалываться. Во втором случае, при получении кривошипа гибкой, волокна направлены по контуру изделия и направления нормальных напряжений в щеках совпадают с направлением волокон.

Явление, когда свойства металла получаются разными в зависимости от продольного или поперечного расположения волокон, называется *анизотропией.*

Величина пластической деформации обычно характеризуется степенью деформации, т. е. отношением разности размеров исходной заготовки и поковки к размеру исходной заготовки, выраженным в процентах:

$$\varepsilon = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100\%,$$

где ε — степень деформации;
F_0 — площадь сечения исходной заготовки;
F — площадь сечения поковки.

§ 16. ЗАКОНЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Закон истечения металла в сторону наименьшего сопротивления. Сущность этого закона состоит в том, что под воздействием бойка (молота, пресса) частицы металла стремятся переместиться из зоны деформации кратчайшим путем. Это означает, что течение наружных слоев заготовки задерживается, а течение центральных слоев ускоряется. На практике, при осадке круглой заготовки в торец, это приводит к получению бочкообразной формы заготовки; при осадке в торец квадратной заготовки последняя также имеет тенденцию к скруглению граней и уширению в центре (по высоте) заготовки. Такое явление объясняется тем, что при нажатии на заготовку бойком между ним и контактной поверхностью заготовки возникает сильное трение, что вызывает образование зон затрудненной деформации в виде призм или конусов скольжения (рис. 79).

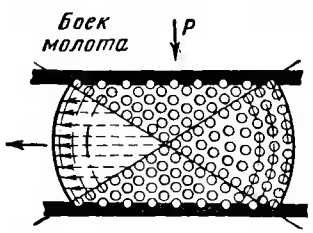


Рис. 79. Конусы скольжения

Знание этого закона позволяет использовать его в практических целях в процессе ковки, особенно при осадке и вытяжке металла. Именно этим объясняется, например, применение узких бойков при интенсивной вытяжке металла. Чтобы отковать из бруска тонкую круглую штангу, не вызывая образования внутренних натяжений в центре, необходимо брусок ковать последовательно на квадрат, затем на круг, затем опять на квадрат и т. д., пока не получится круглая штанга заданного размера.

Закон постоянства объема. Сущность этого закона состоит в том, что в процессе деформирования объем металла остается неизменным: объем металла до деформации равен объему после деформации. Этим законом широко пользуются в расчетах веса и размеров заготовок и поковок. В процессе горячей обработки хотя и происходит уплотнение металла за счет устранения пористости металла, но ввиду его незначительной величины в расчетах удельный вес металла принимается неизменным.

Закон касательных напряжений. Теория пластической деформации утверждает, что пластическая деформация возникает в том случае, когда в металле под воздействием приложенных внешних нагрузок появляются сдвигающие (касательные) напряжения, превышающие предел текучести данного металла. На основании этого закона производят расчеты потребного усилия процесса или веса падающих частей молота для выполнения операций ковки и штамповки.

Закон независимости удельной энергии. Сущность этого закона состоит в том, что количество удельной (на единицу площади или объема) энергии, необходимой для изменения формы заготовки, не зависит от вида деформации (растяжения или осаживания), а зависит от природы металла и условий, при которых происходит деформация. Следовательно, количество затрачиваемой работы будет зависеть от смещенного объема металла и поэтому при определении работы можно пользоваться в качестве величины сопротивления деформированию данными, получаемыми при разрыве образцов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется пластической деформацией?
2. Что такое упругая деформация?
3. Что такое ковкость металла?
4. Что такое пластичность металла?
5. Чем характеризуется наклеп?

Глава VI
ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ СВОБОДНОЙ КОВКИ

§ 17. БИЛЛЕТИРОВКА СЛИТКА

Биллетировка состоит в легком обжатии ребер и граней слитка с целью придания ему призматической или цилиндрической формы (рис. 80). При этом происходит заварка воздушных пузырей и других подкорковых дефектов слитка.

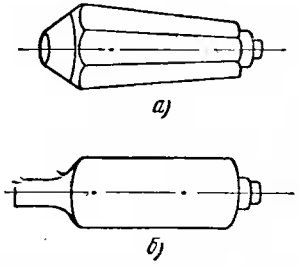


Рис. 80. Слиток до биллетировки (обжатия) (*а*) и после биллетировки (*б*)

Биллетировка осуществляется следующим образом: сначала оттягивается прибыльная часть под круглую или прямоугольную цапфу для патрона, отрубается излишек цапфы, затем обжимаются грани. Биллетировку рекомендуется производить на комбинированных бойках: верхнем плоском и нижнем вырезном.

§ 18. РУБКА

Рубкой называется операция, применяемая для разделения заготовки (слитка или прокатного металла) на части при помощи соответствующего оборудования и инструмента.

Горячую рубку выполняют на молотах и прессах с применением соответствующего кузнечного инструмента. Резка холодного металла осуществляется на пресс-ножницах, дисковых пилах, гидравлических прессах, а также способом газовой и анодно-механической резки.

Рубку применяют для выполнения следующих работ:

разделения исходного материала на штучные заготовки;

отделения излишка металла;

надрубания и вырубания с целью образования в поковке уступов, заплечиков, колен и других конструктивных форм, путем применения последующих кузнечных операций (вытяжки, разгонки и пр.).

Горячую рубку выполняют с помощью топоров разной формы и размеров, а холодную рубку и резку — с помощью ножей, режущих дисков и др. Ручную рубку металла осуществляют как в холодном, так и в горячем состоянии с помощью зубил.

Рубку осуществляют четырьмя способами: с одной стороны, с двух сторон, с трех сторон и с четырех сторон.

Для рубки с одной стороны на заготовку устанавливают топор *1* (рис. 81, *а*) и ударами (нажимом) бойка вгоняют его в металл до образования у нижней грани заготовки перемычки *с* толщиной, примерно равной толщине обуха топора. Затем заготовку кантуют на 180° и над перемычкой ставят квадрат *2*. Ударом (нажимом) по квадрату окончательно разрубают заготовку.

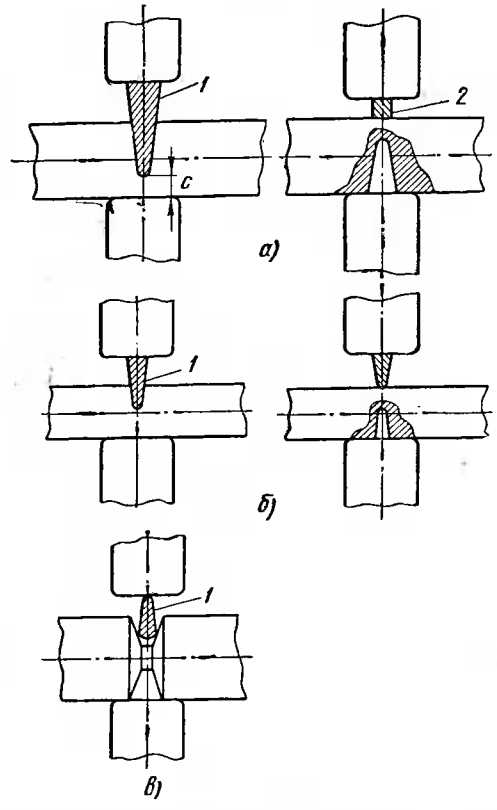


Рис. 81. Рубка:
а — с одной стороны, *б* — с двух сторон, *в* — с четырех сторон; *1* — топор, *2* — квадрат

Рубку с двух сторон на кузнечных машинах осуществляют следующим образом: топор *1* (рис. 81, *б*) вгоняют в заготовку на половину ее высоты, затем кантуют заготовку на 180°, наставляют топор и внедряют его, пока заготовка не разрубится. После этого с помощью зубила отсекают полученный заусенец. Этот способ применяют для рубки квадратного проката больших сечений, если нет крупных топоров.

Рубку с трех сторон применяют для круглых заготовок и выполняют в вырезных бойках. Этим способом удаляют прибыльную и донную части слитков.

Рубка с четырех сторон производится следующим образом (рис. 81, *в*). Заготовку надрубают с четырех сторон, оставив посредине перемычку. В образовавшуюся прорезь вводят топор *1* обухом вниз и ударом (нажимом) бойка по лезвию

окончательно разрубают заготовку. Этот способ применяют для рубки крупных заготовок из слитков.

§ 19. ОСАДКА

Осадкой называется кузнечная операция, посредством которой уменьшается высота заготовки с H до h с одновременным увеличением ее поперечных размеров (рис. 82, *а*).

При этом объем металла согласно закону постоянства объема остается неизменным, т. е.

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot H = \frac{\pi D^2}{4} h = \text{const}.$$

Операция осадки состоит в том, что по торцу нагретой заготовки наносят удары (нажимы). При осадке на кузнечной машине достаточного усилия цилиндрическая заготовка принимает правильную бочкообразную форму (рис. 82, *б*), что согласуется с законом истечения металла в сторону наименьшего сопротивления. При осадке на машине с недостаточным усилием заготовка принимает рюмкообразную (неправильную) форму (рис. 82, *в*).

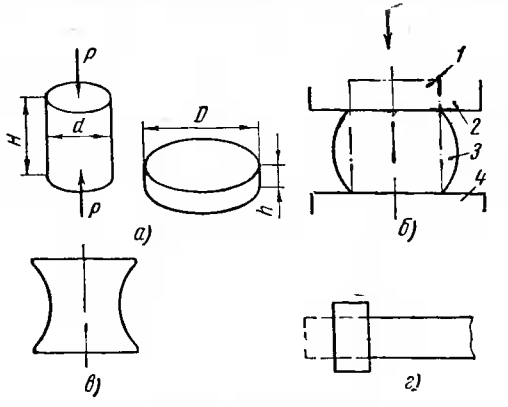


Рис. 82. Осадка:

а — уменьшение высоты заготовки и увеличение поперечных размеров; *б* — схема осадки: *1* — заготовка, *2, 4* — инструмент, *3* — полученная (бочкообразная) форма; *в* — рюмкообразная форма, *г* — осадка конца (высадка)

Осадку применяют для следующих целей:

получения поковок с наибольшими поперечными сечениями по всей или части их длины из заготовок меньшего поперечного сечения;

как предварительная операция перед прошивкой при изготовлении пустотелых поковок;

при ковке ответственных поковок, когда требуется повышение механических свойств путем разрушения литой дендритной структуры, лучшего измельчения карбидов в заготовках карбидного класса и как средство борьбы с флокенами.

Осадка, проводимая одновременно по всей высоте заготовки — полная осадка, требует полного нагрева заготовки.

Осадка, осуществляемая на части заготовки, называется *высадкой* и осуществляется с нагревом только высаживаемой части. При этом происходит увеличение поперечных размеров только нагретой части заготовки с одновременным уменьшением продольных размеров этой части (рис. 82, *г*).

Для высадки одного конца заготовки его нагревают до ковочной температуры, затем клещами ставят заготовку вертикально на наковальню или на нижний боек нагретым концом вниз и осаживают ударами или нажатием бойка по холодному концу. Во время осадки надо следить за тем, чтобы заготовка не искривилась.

При высадке середины (по высоте) нагревают только среднюю часть заготовки, а концы оставляют холодными. При небольшой длине заготовки, когда среднюю часть трудно нагреть без того, чтобы не нагрелись ее концы, последние после нагрева следует окунуть в воду (замочить). Заготовку ставят на наковальню или нижний боек и, придерживая клещами верхнюю часть, осаживают.

Для высадки концов длинных заготовок, изготовление которых задано в небольшом количестве, прибегают к следующему способу. Нагретую с одного конца заготовку вертикально подвешивают к канату, перекинутому через прикрепленный к стропилам здания блок. При натягивании за свободный конец каната заготовка поднимается, а при быстрой отдаче каната падает и ударяется о расположенную под ней плиту. Заготовку поднимают и опускают до тех пор, пока не получится требуемая высадка конца.

Иногда высадку производят, ударяя горизонтально подвешенной (на цепях или канатах) заготовкой с нагретым до ковочной температуры концом о вертикально поставленную плиту.

Осадку под молотами обычно выполняют на бойках, размеры которых перекрывают осаживаемые заготовки. Это дает равномерную осадку с ровными торцовыми поверхностями заготовки.

Для выполнения операции осадки, кроме бойков, применяют осадочные кольца, плиты, нижники и подкладные штампы.

Осадку ведут постепенно, нанося частые, но не сильные удары; силу ударов необходимо увеличивать по мере увеличения толщины заготовки. Однако необходимо избегать очень сильных ударов, так как могут получиться расслоения или трещины в заготовке, особенно при наличии в ней волосовин.

Размеры исходной заготовки при свободной осадке выбирают из расчета, что высота (длина) ее не должна быть больше 2,5 диаметра круглой заготовки или соответственно стороны квадрата. Если заготовка будет иметь высоту (длину) больше указанной, то получится продольный изгиб ее при осадке. Это потребует дополнительной операции правки, а при высадке на машинах может привести к браку поковок.

Размеры исходной заготовки при высадке в подкладных штампах (кольцах) определяются с соблюдением следующих условий:

длина свободной, выступающей из кольца, части заготовки не должна превышать 2,5 диаметра или стороны соответственно круглой и квадратной заготовок;

заготовка с длиной высаживаемой части больше 2,5 диаметра (стороны квадрата) может быть высажена при условии, если диаметр полости в штампе не превышает 1,5 диаметра (стороны квадрата) высаживаемой заготовки;

если длина высаживаемой части заготовки больше 2,5 диаметра, а полость в штампе больше 1,5 диаметра заготовки, то длина свободной части не должна быть больше одного диаметра.

§ 20. ПРОТЯЖКА

Операция протяжки (вытяжки) состоит в том, что в процессе последовательно наносимых ударов (нажатий) бойками по заготовке увеличивается ее исходная длина при одновременном уменьшении поперечного сечения (рис. 83, *а*). Схема операции протяжки показана на рис. 83, *б*, а переходы при протяжке на рис. 84.

Протяжка — наиболее распространенная кузнечная операция и в той или иной мере применяется при выполнении любого технологического процесса.

Протяжка (вытяжка) применяется для следующих целей:

увеличения длины заготовки за счет уменьшения ее поперечных размеров;

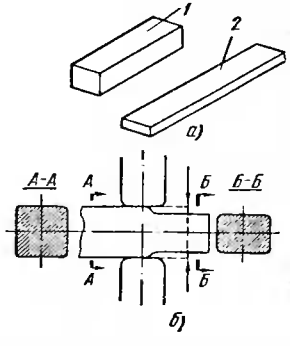


Рис. 83. Протяжка:
а — увеличение длины заготовки, *б* — схема операции; *1* — заготовка до протяжки, *2* — после протяжки

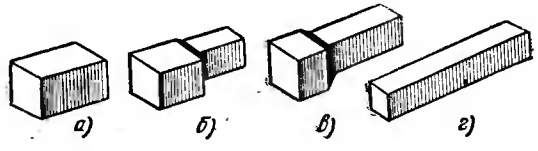


Рис. 84. Переходы при протяжке:
а — заготовка, *б*, *в*, *г* — переходы

увеличения ширины заготовки за счет уменьшения высоты;

увеличения длины и диаметра полости пустотелых поковок за счет уменьшения толщины их стенок (при раскатке).

При протяжке слитков ковку начинают от середины к концам для вытеснения в отходы наиболее неоднородного и загрязненного металла. Первую степень обжатия слитка за один удар (нажатие) следует сделать небольшой, особенно для высоколегированных сталей, чтобы избежать образования трещин вследствие наличия в них подкорковых и глубинных пузырей и др.

Обжатие при протяжке ведут таким образом, чтобы в момент перехода от одного размера к другому не было зажимов. Образование зажимов зависит от соотношения глубины обжатия и ширины захваты-

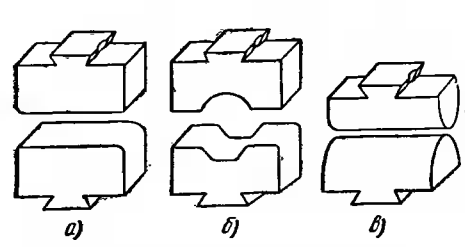


Рис. 85. Бойки для протяжки:
а — плоские, *б* — вырезные, *в* — полукруглые

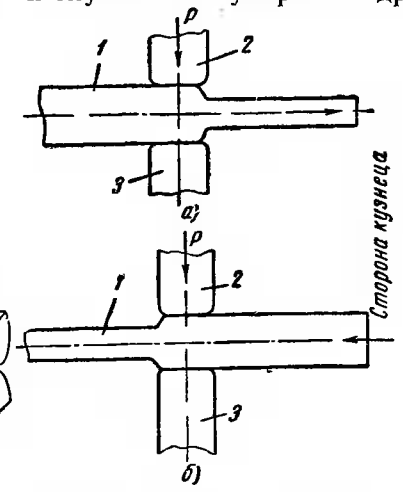


Рис. 86. Способы протяжки:
а — от себя, *б* — на себя: *1* — заготовка, *2* — верхний боек, *3* — нижний боек

ваемого участка; чем глубже обжатие и меньше ширина захватываемого участка, тем больше возможность получения дефекта — зажима. Ширину захватываемого участка следует по возможности брать больше величины обжатия в 1—1,5 раза.

Протяжку можно вести в плоских, вырезных и полукруглых бойках (рис. 85). В вырезных бойках протяжка осуществляется на 20—40% быстрее, чем в плоских. Это объясняется тем, что металл вследствие бокового ограничения меньше уширяется в поперечном сечении и больше течет в длину. Для ускорения операции применяют узкие бойки. При протяжке в вырезных бойках создаются лучшие условия для предупреждения нежелательного смещения от центра осевой ликвационной зоны.

При протяжке не рекомендуется наносить многократные удары сначала по одной стороне заготовки, а затем по другой, так как это может привести к расслоению металла — к браку.

После каждых двух-трех ударов заготовку поворачивают на ребро и наносят легкий удар.

При работе под молотом не рекомендуется наносить очень сильные удары, так как при этом происходит резкое уменьшение поперечных размеров и заготовка изгибается, ее необходимо править перед дальнейшей протяжкой.

Крупные заготовки обычно тянут «от себя», т. е. подача заготовки происходит по направлению к кузнецу, и место ударов от него все время отдаляется (рис. 86, *а*). Протяжку мелких поковок ведут в обратном направлении — «на себя», т. е. подача заготовки происходит по направлению от кузнеца, и место ударов к нему все время приближается (рис. 86, *б*).

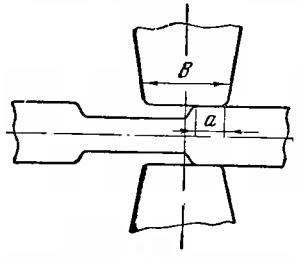


Рис. 87. Процесс интенсивной протяжки:
а — часть ширины бойка, *В* — полная ширина бойка

Протяжку длинных заготовок начинают с середины и выполняют сначала до одного конца, а затем до другого. Для получения более интенсивной протяжки заготовка под бойками должна перемещаться только на величину *а* — часть ширины *В* бойка (рис. 87). Это требование вытекает из закона истечения металла в сторону наименьшего сопротивления.

Так как протянутая заготовка часто получается неровной, ее необходимо выгладить под плоскими бойками или специальными гладилками.

Протянутую на всю длину заготовку пропускают в направлении, перпендикулярном к первоначальному, т. е. к длине бойка; при этом легкими ударами заготовку выглаживают и выпрямляют.

Если протяжку ведут по всей длине заготовки, она называется *полной* и в этом случае нагревается вся заготовка. Если протяжке подвергаются только часть заготовки (конец или середина), она называется неполной, или местной, в этом случае нагревается только то место, которое подлежит протяжке.

Протяжка квадрата на полосу с образованием одностороннего уступа. На нагретую заготовку (рис. 88) устанавливают треугольную раскатку и легкими ударами или нажатием бойка вгоняют ее в заготовку (*1*) так, чтобы получился уступ (*2*). Затем на протягиваемую часть заготовки устанавливают подбойку, передвигая ее вдоль всей протягиваемой части (*3*). При этом для получения высококачественной заготовки через каждые два-три удара (нажатия) поворачивают заготовку на ребро и проглаживают ее легкими ударами. После выглаживания заготовка примет вид *4*.

Протяжка на квадрат меньшего сечения с уступом. Нагретую заготовку *1* (рис. 89) последовательно пережимают со всех четырех сторон (*2*), поворачивая заготовку после каждого пережима на 180°. Затем ее постепенно протягивают, поворачивая после каждого удара на 90°. Поковка примет вид *3*.

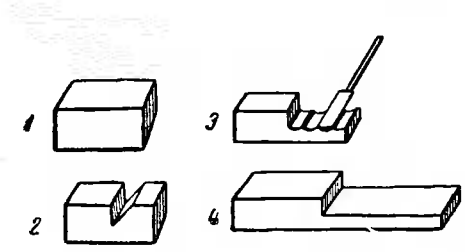


Рис. 88. Протяжка квадрата на полосу:
1 — заготовка, *2* — получение уступа, *3* — протяжка части заготовки, *4* — заготовка после протяжки

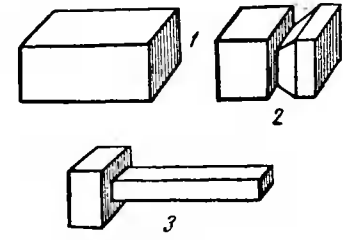


Рис. 89. Протяжка на квадрат меньшего сечения с уступом:
1 — заготовка, *2* — полученне пережнма с четырех сторон, *3* — заготовка после протяжки

Протяжка на круглое сечение. Нагретую заготовку *1* (рис. 90) во избежание возникновения напряжений и трещин вначале протягивают на квадрат *2* меньшего сечения, затем обжатием по диагонали сбивают углы и получают восьмигранник *3* и уже затем легкими ударами подкатывают его на заготовку круглого сечения. При этом после каждого удара заготовку поворачивают вокруг ее оси. Окончательную отделку круглого сечения *5* лучше всего выполнять в обжимках *4* или вырезных бойках.

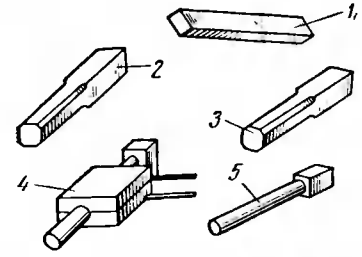


Рис. 90. Протяжка на круглое сечение:
1 — заготовка, *2* — протяжка на квадрат, *3* — обжатие на восьмигранник, *4* — протяжка в обжнмках, *5* — заготовка после протяжки

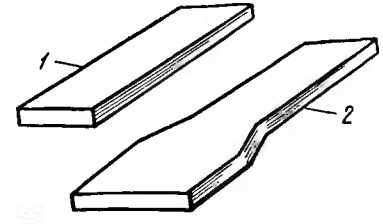


Рис. 91. Разгонка:
1 — заготовка до разгонкн, *2* — после разгонки

Операция протяжка имеет следующие основные разновидности.

Разгонка (расплющивание) — местное уширение заготовки за счет уменьшения толщины (рис. 91). Применяется для получения поковок или их участков плоской формы типа пластин.

Разгонку заготовки осуществляют под широкими плоскими бойками или раскаткой соответствующей формы: круглой, полукруглой, плоской. Раскатку устанавливают на заготовку параллельно ее оси (перпендикулярно направлению уширения).

Если должна быть произведена разгонка только части заготовки, то сначала делают ее пережим. В результате этого на заготовке получается желобок, который является границей для разгоняемого участка. После этого заготовку разгоняют круглой раскаткой, устанавливаемой перпендикулярно пережатому желобку. Разгонку начинают с середины участка с последующим передвижением раскатки к краю участка после каждого удара (нажатия).

Полученные в результате разгонки неровности проглаживают гладилкой.

Протяжка с оправкой — операция, посредством которой достигается увеличение длины пустотелой заготовки за счет уменьшения наружного диаметра и толщины стенок. Применяются два вырезных бойка или нижний вырезной, а верхний плоский и конические оправки.

Во избежание получения выпучин поковки с толщиной стенки меньше половины диаметра оправки рекомендуется ковать в вырезных бойках, а с толщиной стенки больше половины диаметра оправки ковать в нижнем вырезном бойке и верхнем плоском.

Процесс протяжки с оправкой (рис. 92) состоит в том, что оправку *1* диаметром *d*, несколько меньшим диаметра отверстия в заготовке 2, вставляют внутрь заготовки и производят протяжку обычным способом. Отверстие заготовки получает диаметр, равный диаметру оправки. При протяжке с оправкой величина уковки $У$ составляет:

$$У = \frac{F_0}{F_к}; \qquad \frac{D_0^2 - d_0^2}{D_к^2 - d_к^2} = \frac{L_к}{L_0},$$

где F_0, D_0, d_0 и L_0 — начальные размеры соответственно площади поперечного сечения, наружного диаметра, внутреннего диаметра и длины заготовки;

$F_к$, $D_к$, $d_к$ и $L_к$ — те же, но конечные размеры.

Для поковки, показанной на рис. 93, наиболее правильной будет такая последовательность переходов операции протяжки:

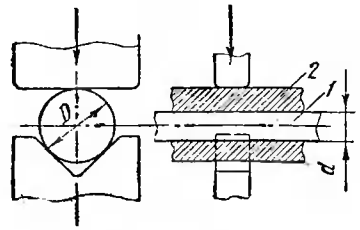


Рис. 92. Протяжка с оправкой:
1 — оправка, *2* — заготовка

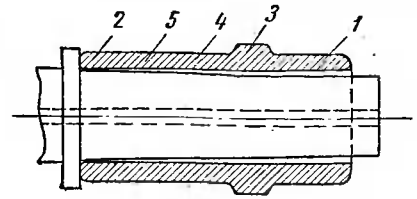


Рис. 93. Последовательность переходов протяжки:
1, 2 — концевые пояса, *3, 4, 5* — средние участки

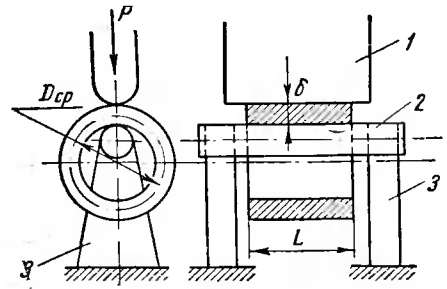


Рис. 94. Раздача на оправке:
1 — верхний боек, *2* — цилиндрическая оправка, *3* — подставка

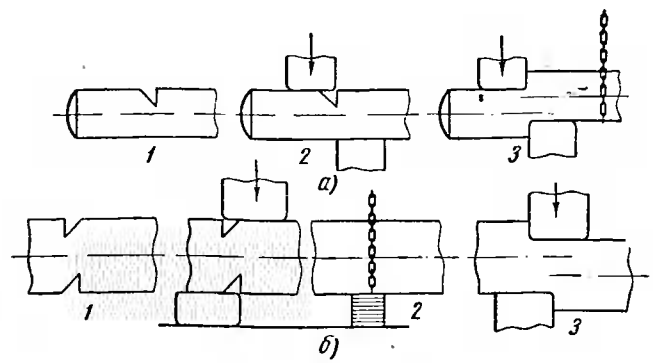


Рис. 95. Передача:
а — в одной плоскости, *б* — в двух плоскостях; *1, 2, 3* — переходы

сначала отковывают до заданных размеров концевой пояс *2*, затем концевой пояс *1* и далее средние участки *3, 4, 5*. В процессе протяжки можно получать переменные и конические сечения. Вытянуть на конус заготовку можно, применив соответствующие конические бойки или трапецеидальные подкладки.

Раздача на оправке — операция, в результате которой достигается одновременное увеличение наружного и внутреннего диаметров пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок. При этом применяют длинный и узкий верхний боек *1* (рис. 94), цилиндрическую оправку *2*, подставку *3* под оправку. При выполнении этой операции заготовка опирается внутренней поверхностью на оправку, устанавливаемую концами на подставках, и ковку ведут с вращением заготовки.

Длинная сторона бойка должна быть параллельна оси поковки.

Величина уковки $У$ при раздаче на оправке составит:

$$У = \frac{F_0}{F_к} = \frac{\delta_0 L_0}{\delta_к L_к} = \frac{D_{к.ср}}{D_{о.ср}},$$

где F_0, δ_0, L_0 и $D_{0\text{-}ср}$ — начальные размеры соответственно площади продольного сечения, толщины стенки, длины и среднего диаметра заготовки;

а $F_к$, $\delta_к$, $L_к$ и $D_{к.ср}$ — те же, но конечные размеры.

Передача является кузнечной операцией, при которой происходит смещение части заготовки относительно ее продольной оси.

Операцию передачи применяют главным образом при изготовлении коленчатых валов. При этом, если передача происходит в одной плоскости, то правая кромка нижнего бойка находится на уровне левой кромки верхнего бойка (рис. 95, *а*). Если передача происходит в двух плоскостях, то правая кромка нижнего бойка перемещается к краю нижнего пережима, а левая кромка верхнего бойка — к краю верхнего пережима (рис. 95, *б*). При передаче металла под молотом, когда нет возможности смещения нижнего бойка, пользуются смещаемыми накладками.

Заковка конца — разновидность протяжки, посредством которой осуществляется частичная или полная заковка отверстия с конца пустотелой поковки. Для этой цели пустотелая поковка должна иметь с конца, подлежащего заковке, утолщение *1* (рис. 96, *а*) типа фланца. Заковку выполняют при помощи полусферических обжимок, при этом в конце операции образуется глухое дно *2*.

Вспомогательные приемы и операции, применяемые при протяжке. К таким приемам и опе-

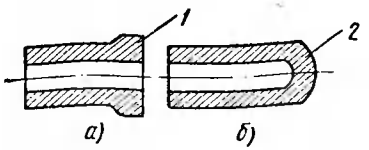


Рис. 96. Заковка конца:
а — заготовка до заковки конца, *б* — после заковки: *1* — утолщение, *2* — глухое дно

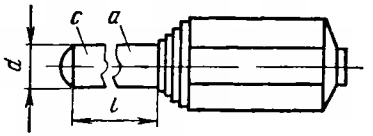


Рис. 97. Оттяжка хвоста:
а — полученный оттяжкой хвост, *с* — излишек оттянутой части, *l* — длина хвоста, *d* — диаметр хвоста, $l \approx 2d$

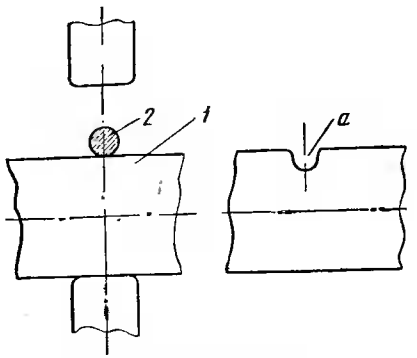


Рис. 98. Наметка:
1 — заготовка, *2* — круглая раскатка, *а* — разметочное углубление

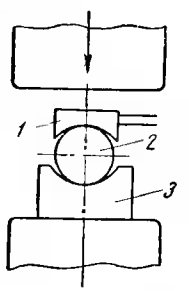


Рис. 99. Пережим:
1 — пережнмка, *2* — заготовка, *3* — полукруглая обжимка

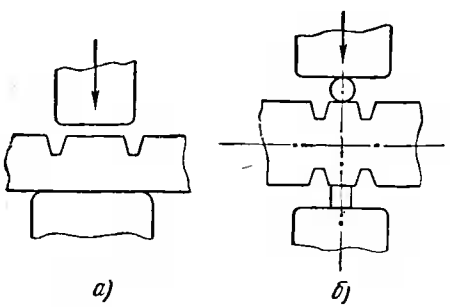


Рис. 100. Образование уступов и выемок:
а — бойкамн, *б* — раскатками

рациям относятся оттяжка хвоста, наметка, пережим, образование уступов и выемок.

Оттяжка хвоста при ковке из слитков. На оттянутый хвост *а* (рис. 97) надевают патрон со штангой и противовесом, облегчающий манипулирование при ковке. Хвост оттягивают со стороны прибыльной части, причем излишек ее *с* отрубают. Поперечное сечение хвоста — круглое или квадратное, в зависимости от профиля рабочей полости применяемых патронов. Длина хвоста примерно в два раза больше его диаметра или стороны квадрата.

Наметка — вспомогательная операция, посредством которой на поверхность заготовки *1* (рис. 98) наносят разметочные углубления *а* для разбивки ее на отдельные участки по длине и облегчения последующей обработки. Наметку выполняют круглыми раскатками *2* небольшого диаметра.

Пережим (перебивка) — вспомогательная операция, в результате которой разметочные углубления увеличиваются до образования пережима необходимой величины.

Пережим осуществляют в зависимости от требуемого профиля круглыми и овальными раскатками и различными пережимками — треугольными откосами, трапецеидальными и фасонными. Если пережим делается с четырех сторон прямоугольной заготовки, то сначала делают наметку с двух противоположных сторон и по ним делают пережим. Далее намечают остальные две стороны и также по ним выполняют пережим. Пережим круглой заготовки *2* (рис. 99) выполняют в полукруглой обжимке *3* при помощи пережимки *1* с выкружкой. При пережиме заготовку постепенно поворачивают вокруг ее оси. Наметку и пережим можно осуществить сразу, с двух противоположных сторон. Для этого устанавливают заготовку на раскатку (пережимку), положенную на нижний боек, и сверху заготовки накладывают вторую раскатку и производят удар (нажатие).

Для образования уступов и выемок при машинной ковке сначала выполняют наметку и пережим на глубину уступа, а затем его протяжку. Если длина участка заготовки, где оттягивается уступ или выемка, большая, то ковку ведут непосредственно бойками (рис. 100, *а*), а при небольшой длине участка применяют плоские или овальные раскатки (рис. 100, *б*).

§ 21. ПРОШИВКА

Прошивкой называется кузнечная операция, характеризуемая образованием в заготовке (поковке) сквозного или глухого отверстия за счет вытеснения металла под воздействием инструмента — прошивня.

При ручной ковке для прошивки служат пробойники (бородки).

Прошивку, как правило, выполняют в горячем состоянии. Операцию прошивки по возможности осуществляют до получения окончательной формы поковки, так как в результате этой операции несколько искажается форма — стенки поковки становятся выпуклыми.

Для проведения процесса прошивки при ручной ковке на наковальню кладут нагретую заготовку, наставляют на нее пробойник (бородок) *1* (рис. 101, *а*) и легкими ударами вбивают его примерно на половину толщины заготовки. Затем пробойник (бородок) вынимают, переворачивают заготовку пробитым отверстием вниз, кладут на наковальню, устанавливают пробойник (рис. 101, *б*) и пробивают вторую половину отверстия (рис. 101, *в*). При этом пробивку не доводят до конца, оставляя в отверстии перемычку *2*. После этого заготовку ставят

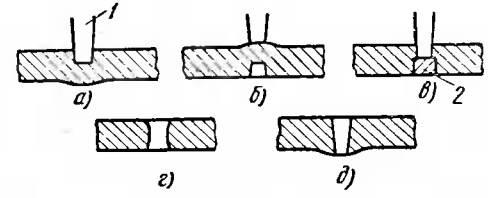


Рис. 101. Прошивка при ручной ковке:
а, б, в, г, д — процесс прошивки; *1* — пробойник, *2* — перемычка

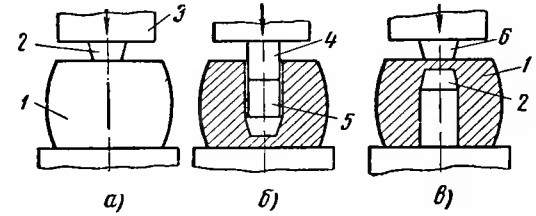


Рис. 102. Прошивка без подкладного кольца:
а, б, в — процесс прошивки; *1* — заготовка, *2* — первый прошивень, *3* — верхний боек, *4* — вторая надставка, *5* — первая надставка, *6* — второй прошивень

пробитым отверстием на отверстие, имеющееся на конце наковальни, или кладут на кольцо с отверстием, немного большим пробиваемого, и ударом проталкивают бородок насквозь (рис. 101, *г*). При этом из отверстия выпадет в виде кружка металла так называемая выдра, или выдавка.

Если отверстие пробивать сразу с одного конца, то одна сторона заготовки окажется шире (рис. 101, *д*). Чтобы пробойник (бородок) не застревал в заготовке и не приваривался к ней, необходимо после каждого удара поворачивать его ручкой в ту и другую сторону.

При ковке на машине для получения отверстия в заготовке, у которой высота больше высоты прошивня, применяют сплошной прошивень без подкладного кольца. Для этого нагретую

заготовку *1* (рис. 102, *а*) устанавливают торцом на нижний боек, а на торец накладывают прошивень *2* меньшим диаметром вниз. Легким ударом или нажатием верхнего бойка *3* прошивень вдавливают в заготовку, затем вынимают его и в образовавшееся углубление насыпают толченый уголь (кокс, графит). После этого снова устанавливают прошивень и вдавливают на три четверти его высоты. На прошивень вначале устанавливают первую надставку *5*, затем вторую *4* и т. д. до образования перемычки металла в нижней части заготовки толщиной, равной примерно $^1/_5$ высоты заготовки (рис. 102, *б*). После этого заготовку переворачивают на 180°, вынимают надставки и вторым прошивнем *6* заканчивают прошивку насквозь. При этом перемычка выйдет наружу в виде выдры и одновременно вытолкнется первый прошивень *2* (рис. 102, *в*).

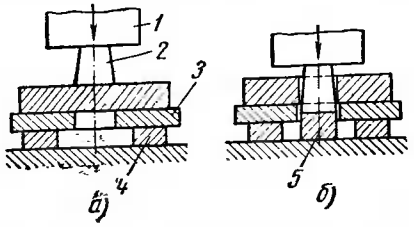


Рис. 103. Прошивка с подкладным кольцом:

а, *б* — процесс прошивки; *1* — верхний боек, *2* — прошивень, *3* — подкладное кольцо, *4* — подставка, *5* — выдра

Отверстие в заготовке, высота которой меньше высоты прошивня, получают с помощью подкладного кольца *3* (рис. 103, *а*). Нагретую заготовку устанавливают на кольцо, положенное на подставку *4*, лежащую на нижнем бойке. На торец заготовки устанавливают прошивень *2* большим диаметром вниз соосно с отверстием кольца. Верхним бойком *1* прошивень вдавливается в заготовку до его выхода в кольцо вместе с выдрой *5* (рис. 103, *б*).

Для того чтобы не иметь много прошивней (пробойников) различных размеров, а также в целях экономии металла после прошивки (пробивки) отверстия его расширяют оправками.

Для увеличения диаметра отверстия поковки, получившей форму кольца, выполняют его раскатку на оправке-валике аналогично рассмотренной выше операции раздачи на оправке.

При ручной ковке иногда для получения отверстия пользуются специальным прорезным зубилом, которым вырубают в заготовке щель. Затем заготовку устанавливают щелью над отверстием в наковальне и через щель прогоняют сначала коническую, а затем цилиндрическую оправки.

§ 22. ГИБКА

Гибкой называется кузнечная операция, в результате которой заготовка принимает изогнутую форму.

При ручной гибке нагретую заготовку кладут местом изгиба на край наковальни и поддерживают клещами за второй конец.

После этого молотком или кувалдой наносят удары по свисающему концу (рис. 104).

До начала гибки в месте изгиба высадкой образуют «гребешок» (рис. 105). При отсутствии «гребешка» место изгиба получится несколько закругленным, с уменьшенной толщиной против толщины остальной части заготовки.

Заготовки, имеющие большие поперечные размеры, гнут при помощи кузнечных машин. Нагретую заготовку зажимают между бойками, а по выступающему концу наносят кувалдой удары, или с помощью троса крана отгибают конец заготовки на необходимый угол изгиба.

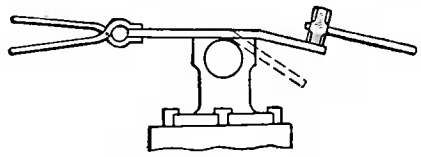


Рис. 104. Гибка

Рис. 105. Гребешок, образованный высадкой

§ 23. РАЗВОРОТ (ЗАКРУЧИВАНИЕ)

В случаях, когда требуется получить поковку с выступами, лежащими в различных плоскостях, применяют разворот — закручивание отдельных частей заготовки вокруг ее продольной оси. Разворот мелких поковок осуществляют путем зажима некоторой части заготовки в тисках и разворачивания свободной части с помощью клещей, ключей, воротков, а крупных поковок — на машине.

Так, для отковки коленчатого вала с коленами *1* и *2* (рис. 106, *а*) в разных плоскостях делают пережим и протяжку частей, расположенных в одной плоскости. Затем одно колено зажимают, а другое разворачивают (рис. 106, *б*) до требуемого положения при помощи поворотного приспособления — ключа и

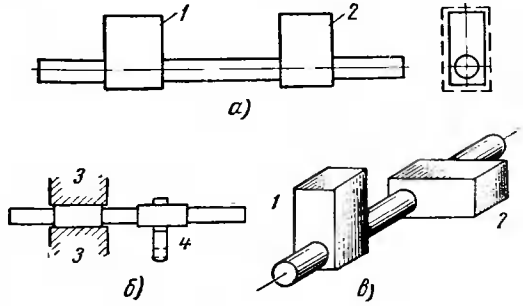


Рис. 106. Разворот (закручивание):

а — заготовка коленчатого вала, *б*, *в* — закручивание колен; *1*, *2* — колена вала, *3* — бойки молота, *4* — вороток (ключ)

троса мостового крана. На рис. 106, *в* показан вал, у которого колено *1* повернуто, а колено *2* осталось в той же плоскости.

Применение операции разворота для такого вида поковок позволяет ковать все части заготовки в одной плоскости, что значительно упрощает процесс ковки, а также дает экономию металла.

§ 24. КУЗНЕЧНАЯ СВАРКА

Кузнечная сварка представляет собой операцию, при которой с применением давления происходит неразъемное соединение заготовок, нагретых до сварочной температуры (1275—1400° С).

Процесс нагрева при сварке требует особого внимания. Нельзя вести длительный нагрев при высокой температуре, так как это приведет к перегреву и пережогу стали. При ударах по концам заготовки из перегретой стали при сварке металл, вследствие крупнозернистости, может давать трещины. При ударах по пережженному металлу последний разрушается (пушится).

Места, подвергающиеся сварке, тщательно очищают от окалины. Для того чтобы предупредить пережог и расплавить образующуюся при нагреве окалину, применяют сварочные порошки-флюсы (бура, поваренная соль, кремнезем). Перед сваркой поверхности, подлежащие сварке, посыпают флюсом, который соединяясь с окалиной, образует жидкий шлак, легко вытекающий при нанесении ударов или нажатий во время сварки.

Процесс сварки состоит в том, что концы свариваемых кусков металла, наложенные друг на друга, под воздействием быстрых ударов (сначала слабых, а потом сильных) прочно соединяются, образуя неразъемное соединение.

При помощи кузнечной сварки хорошо соединяются углеродистые мягкие стали (содержащие углерода 0,15—0,25%).

Для получения высококачественной сварки сваренные места проковывают.

Кузнечная сварка может быть выполнена следующим способом: вразруб (в замок); впритык (встык); в шашку; внахлестку.

Сварка вразруб, или в замок (рис. 107, *а*), состоит в том, что конец одного прутка *1* нагревают, высаживают, затем разрубают. Конец другого прутка *2* вытягивают на клин и вставляют в разруб первого прутка. Пригнанные друг к другу концы нагревают до сварочного жара и проковывают.

Сварку вразруб применяют для соединения стержней толщиной до 60 *мм*.

Сварка впритык (встык). Свариваемые концы в местах сварки предварительно высаживают и после нагрева до сварочной температуры соединяют и сваривают путем нанесения ударов по холодным концам в торец (рис. 107, *б*). После этого сваренное место проковывают до требуемого размера. Этот способ кузнечной сварки применяют редко и главным образом для сварки тонких стержней.

Сварку в шашку применяют при соединении частей больших сечений. Для этого свариваемые концы прутков *1* и *2* (рис. 107, *в*) обрубают, как показано на рисунке, под углом от 30 до 40°. Затем отковывают отдельно шашки *3* под тем же углом. Свариваемые куски временно соединяют скобами. После нагрева кусков и шашек до сварочной температуры шашки вкладывают в треугольное пространство между кусками и соединение проковывают. Сварку в шашку выполняют одной или двумя шашками.

Сварку внахлестку применяют для соединения стержней толщиной не более 100 *мм*. При сварке внахлестку сначала высаживают концы свариваемых стержней (рис. 107, *г*), а затем на концах отковывают так называемые скосы (лацканы). Скосы должны быть несколько выпуклыми, для того чтобы шлак при ударах постепенно выжимался. После нагрева до сварочного жара и очистки свариваемых мест от шлака накладывают один скос на другой и частыми ударами — сначала легкими, а затем сильными — проковывают место сварки. Этот вид сварки является наиболее распространенным в кузнечном деле.

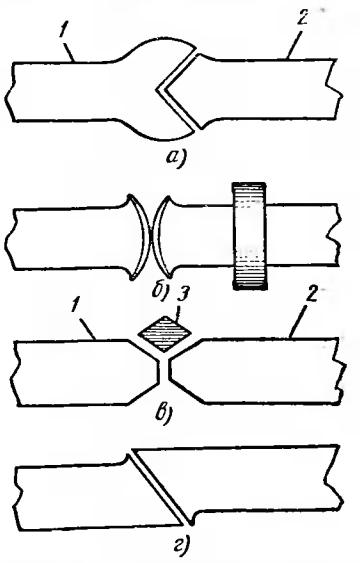


Рис. 107. Кузнечная сварка:
а — в замок, *б* — впритык (встык), *в* — в шашку, *г* — внахлестку; *1*, *2* — прутки, *3* — шашка

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит операция протяжки?
2. Что называется осадкой?
3. Как проводится осадка середины?
4. Для чего применяют пробивку и прошивку?
5. Какие существуют способы кузнечной сварки?

Глава VII
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАШИННОЙ КОВКИ

§ 25. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Машинная ковка по сравнению с ручной позволяет изготовлять крупные поковки и с большей производительностью и точностью.

Для машинной ковки в кузнечных цехах свободной ковки применяют молоты, действующие ударом, и прессы, действующие нажатием.

Молоты. Конструкции ковочных молотов разнообразны. Однако устройство их основано на общем принципе, суть которого заключается в том, что сила, необходимая для нанесения удара по нагретой заготовке с целью изменения ее размеров и формы, сообщается механическим путем.

Каждый молот имеет следующие основные узлы:

падающие части, к которым относятся шток с бабой и рабочий верхний боек для непосредственного нанесения ударов по заготовке;

шабот — металлический стул, к которому крепится нижний боек, служащий опорой для обрабатываемой заготовки;

станины с фундаментной плитой, цилиндром и механизмом управления.

Общей опорой для молота служит фундамент, на который устанавливается шабот. Для смягчения удара под фундаментную плиту станин и под шабот прокладываются дубовые брусья. Фундамент ковочного молота обычно состоит из трех частей: двух боковых пирсов, на которые опираются станины, и центральной части фундамента, на заплечики которой опираются пирсы, а по центру устанавливается шабот.

Ковочные молоты применяют для изготовления самых разнообразных поковок в мелкосерийном, единичном и серийном производствах, а иногда и для изготовления фасонных заготовок, идущих на последующую штамповку. На ковочных молотах выполняют также ковку в подкладных штампах. В табл. 8 приведены данные об основном кузнечно-прессовом оборудовании.

Ковочные молоты делятся:

по роду привода — на пневматические и паровоздушные;

Таблица 8

Основное кузнечно-прессовое оборудование для свободной ковки и его назначение

Наименование оборудования	Вес падающих частей молота, *кГ*, усилие пресса, *Т*	Назначение и исходная заготовка
Пневматические ковочные молоты (ГОСТ 712—65)	50—1000	Свободная ковка мелких и ниже среднего веса поковок из проката; ковка в подкладных штампах
Паровоздушные ковочные молоты двойного действия (ГОСТ 9752—61):		Свободная ковка поковок среднего веса из проката и небольших слитков; ковка в подкладных штампах
арочные	1000—5000	
мостовые	1000—8000	
Гидравлические ковочные прессы четырехколонные (ГОСТ 7284—54)	500—5000	Свободная ковка поковок преимущественно из слитков разного веса

по конструкции станин — арочного и мостового типа;

по числу станин — одностоечные и двустоечные.

§ 26. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МОЛОТЫ

Пневматические молоты (рис. 108) получили широкое применение в кузнечных цехах свободной ковки; они работают при помощи воздуха, сжатие которого и воздействие на падающие части осуществляются с помощью компрессора, встроенного в конструкцию молота. Таким образом, эти молоты имеют два цилиндра: компрессорный и рабочий.

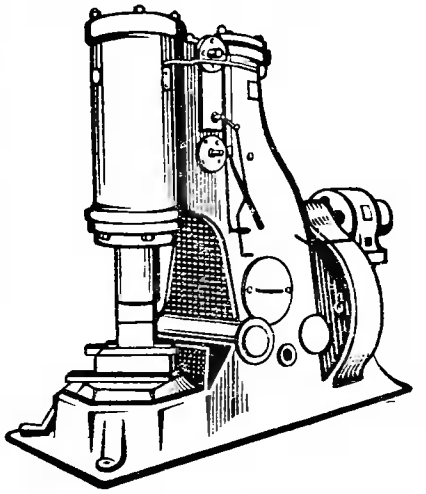


Рис. 108. Пневматический молот

Пневматические молоты изготовляются с весом падающих частей от 50 до 1000 *кГ* (табл. 9). Молоты с весом падающих частей до 250 *кГ* имеют ручное и педальное управление, а свыше 250 *кГ* — только ручное. В табл. 9 приведены данные о ковочных пневматических молотах.

Схема современного пневматического молота с падающими частями весом 750 *кГ* двойного

действия отечественного производства приведена на рис. 109. В станине молота размещены два отдельных вертикально расположенных цилиндра: рабочий *1* и компрессорный *4*. Они соединены между собой каналами, которые перекрываются двумя кранами *2* и *5*. Вместе со средним краном они служат для управления молотом.

Баба *7* в виде пустотелого толстого штока поднимается и падает под воздействием на поршень *8* сжатого воздуха и разрежения, попеременно чередующихся в нижней и верхней полостях рабочего цилиндра.

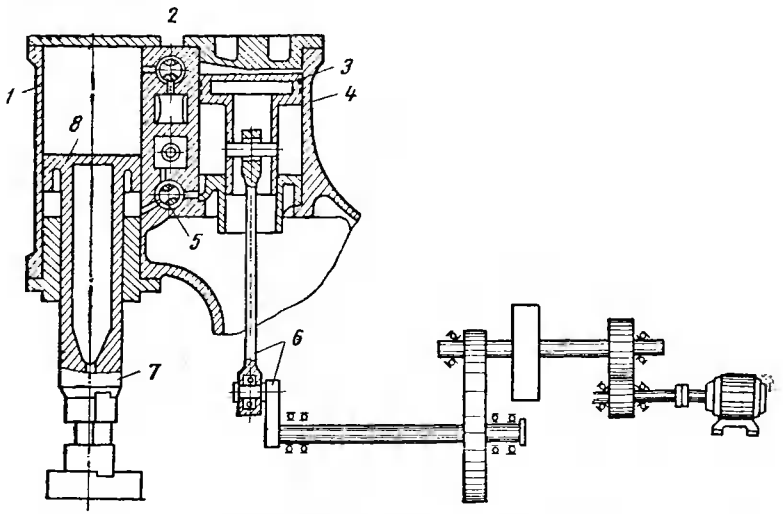


Рис. 109. Схема пневматического молота:
1 — рабочий цилиндр, *2, 5* — краны, *3, 8* — поршни, *4* — компрессорный цилиндр, *6* — кривошипно-шатунный механизм, *7* — баба

Сжатие и разрежение воздуха в рабочем цилиндре создается в результате возвратно-поступательного движения поршня *3* в цилиндре компрессора. Это движение поршень получает от кривошипно-шатунного механизма *6*.

При движении поршня *3* вниз в нижней части компрессорного цилиндра *4* происходит сжатие воздуха, а в верхней его части — разрежение. Это изменение давления воздуха передается через соединительный канал в рабочий цилиндр *1*, в нижней части которого давление воздуха повышается, а в верхней — понижается. В результате этого поршень *8* поднимается вместе с бабой.

При движении поршня 3 вверх происходит обратное явление. В нижней части компрессорного цилиндра происходит разрежение воздуха, а в верхней — сжатие; в нижней части рабочего цилиндра давление воздуха понижается, а в верхней части повышается. Поршень *8* вместе с бабой идет вниз (падает) со значительной скоростью.

Таблица 9

Основные параметры и размеры ковочных пневматических молотов (ГОСТ 712—65)

Наименование параметров и размеров	Единица измерения	Величина параметров и размеров						
Энергия удара не менее	*кГ·м*	80	140	250	560	1000	2 000	2 800
Номинальный вес падающих частей	*кГ*	50	75	150	250	400	750	1 000
Число ударов в минуту		225	210	190	150	130	105	95
Расстояние от оси бабы до станины (вылет)	*мм*	280	300	340	420	530	750	800
Высота рабочей зоны в свету	*мм*	220	260	360	450	530	670	750
Размеры зеркала верхнего бойка:	*мм*							
длина		100	130	190	210	250	320	360
ширина		55	63	75	80	90	130	140
Расстояние от зеркала нижнего бойка до уровня пола	*мм*	800	800	800	750	750	750	750
Вес шабота в сборе	*кГ*	—	—	—	2800	5000	10 000	14 000

Примечания: 1. В вес падающих частей входит вес бабы, верхнего бойка, клина и других деталей, находящихся с ними в сборе. 2. В вес шабота в сборе входит вес собственно шабота, подушки, нижнего бойка и деталей их крепления.

Таким образом, при подъеме бабы давление воздуха в нижних полостях обоих цилиндров выше атмосферного, а в верхних полостях образуется некоторое разрежение. При падении бабы создается обратное положение.

Для предотвращения удара бабы о верхнюю крышку рабочего цилиндра в верхней его полости имеется буферное пространство. После того, как рабочий поршень перекроет канал, соединяющий верхние полости цилиндров, воздух в буферном пространстве сжимается. В это время поршень компрессорного цилиндра совершает обратный ход (вверх), создавая давление в верхней его полости. Так как при этом канал закрыт поршнем рабочего цилиндра, воздух, находящийся в компрессорном цилиндре, не имеет выхода. Для того чтобы в этот момент можно было подавать воздух в верхнюю полость рабочего цилиндра, имеется обратный шариковый клапан. Когда давление в верхней полости компрессорного цилиндра станет больше, чем в буферном пространстве, клапан откроется и воздух выйдет в верхнюю часть рабочего цилиндра.

В зависимости от положения золотников по отношению к ка-

налам цилиндров боек может поочередно подниматься или опускаться и таким образом наносить ряд автоматических ударов; находиться в поднятом состоянии; быть прижатым к поковке. Это можно проиллюстрировать схемой работы воздухораспределительного устройства пневматического молота (рис. 110).

Если золотники поставить в положение *I*, то каналы *1* и *4*, соединяющие золотники с компрессорным цилиндром, и каналы *2* и *5*, соединяющие золотники с рабочим цилиндром, будут открыты, а каналы *3* и *6*, соединяющие золотники с наружной атмосферой, закрыты. Воздух будет двигаться из компрессорного цилиндра вниз и вверх рабочего цилиндра, попеременно поднимая и опуская поршень рабочего цилиндра, что будет соответствовать автоматическому нанесению ударов по заготовке.

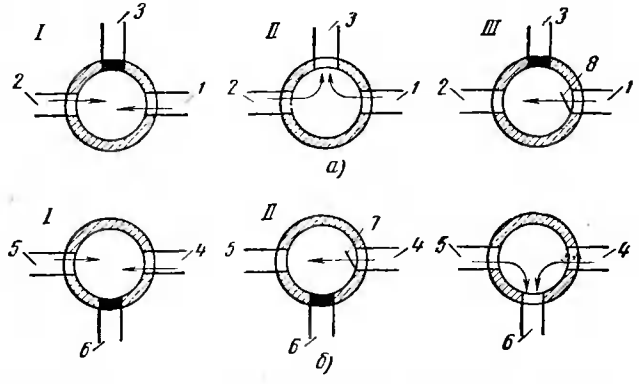


Рис. 110. Схема работы воздухораспределительного устройства пневматического молота:

а — верхний золотник, *б* — нижний золотник; *1, 4* — каналы, соединяющие золотники с компрессорным цилиндром, *2, 5* — каналы, соединяющие золотники с рабочим цилиндром, *3, 6* — каналы, соединяющие золотники с наружной атмосферой, *7, 8* — клапаны, *I, II, III* — положения золотников при работе

Чтобы удержать поршень со штоком и бойком в поднятом положении (на весу), следует открыть канал *3* верхнего золотника (рис. 110, *а*, положение *II*). При этом воздух из рабочего и компрессорного цилиндров свободно выйдет наружу. Одновременно с этим следует закрыть канал *6* (рис. 110, *б*) нижнего золотника и канал *4*, идущий от компрессорного цилиндра. Для закрытия канала *4* служит клапан *7*, который открывается только внутрь золотника. При движении поршня компрессорного цилиндра вниз воздух под ним сожмется, откроет клапан *7* и пройдет по каналу *5* в рабочий цилиндр под поршень. При обратном движении поршня компрессорного цилиндра под ним образуется разрежение и клапан *7* плотно закроет канал *4*. При таком положении золотников воздух будет поступать только под поршень

рабочего цилиндра. Поршень будет все время подниматься кверху и оставаться в этом положении до изменения положения золотников.

Для того чтобы прижать с силой верхний боек к заготовке, следует золотник поставить в положение *III*.

В молотах с падающими частями весом 50, 75, 150, 250 и 400 *кГ* кривошипный вал приводится в движение отдельным электродвигателем через зубчатую передачу, а в молоте с падающими частями весом 750 и 1000 *кГ* — через двухступенчатый редуктор.

Пневматические молоты обладают следующими достоинствами:

возможность точной регулировки энергии удара;

быстроходность (от 95 до 225 ударов в минуту) и, как следствие этого, большая производительность и хорошее использование тепла нагретых заготовок;

возможность установки молота в любом месте, так как машина имеет индивидуальный электродвигатель и компрессор;

большой коэффициент полезного действия (60—65% против— 15—18% у паровоздушных молотов);

относительная дешевизна молота.

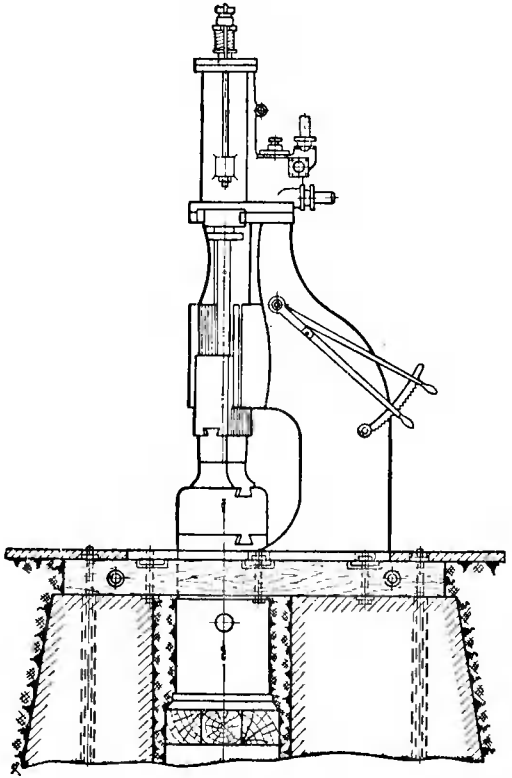
§ 27. ПАРОВОЗДУШНЫЕ МОЛОТЫ

Большое распространение в кузнечном деле имеют паровоздушные молоты. В качестве энергоносителя для их привода применяется пар или воздух, подаваемые под давлением 5—8 *ат* (атмосфера — давление 1 *кГ/см*^{2}).

Падающие части молота: баба, шток, поршень и верхний боек — действуют при падении силой собственного веса и дополнительно — от действия давления сжатого воздуха (пара) на верхнюю поверхность поршня рабочего цилиндра. При встрече с заготовкой в момент удара кинетическая энергия падающих частей расходуется на пластическое деформирование металла.

Для мелких и ниже средних поковок паровоздушные молоты строятся одностоечные (консольного типа) с направляющими для бабы (рис. 111, *а*) и без направляющих (рис. 111, *б*). Назначение направляющих — обеспечить относительно точное вертикальное направление движения поршня и бабы (без перекосов).

Направление движения поршня, штока и бабы в молотах без направляющих осуществляется самим цилиндром. Шток имеет две строганые по всей длине плоскости, которые соприкасаются с направляющими планками, укрепленными в нижней крышке цилиндра. К этим планкам винтами крепятся бронзовые пластины, которые и служат направляющими для штока. Направляющие штока регулируют путем подтягивания болтов, с помощью которых направляющие планки можно прижать к штоку с большей или меньшей силой.



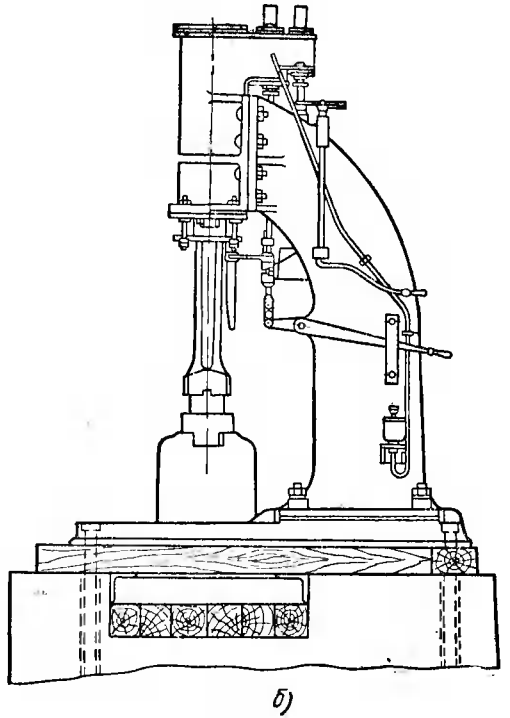


Рис. 111. Паровоздушный одностоечный молот (консольного типа):
а — с направляющими, *б* — без направляющих

Отсутствие направляющих для бабы часто вызывает изгиб штока и даже его поломку при косых (эксцентричных) ударах. Одностоечные паровоздушные молоты без направляющих изготовляются с падающими частями весом до 1,5 *Т*.

Для изготовления крупных поковок применяют двухстоечные паровоздушные молоты с направляющими: арочные (рис. 112, *а*) и мостовые (рис. 112, *б*). Арочные молоты изготовляются с падающими частями от 1000 до 5000 *кГ*, а мостовые от 2000 до 8000 *кГ*. В табл. 10 приведены данные о ковочных паровоздушных молотах двойного действия.

Молоты мостового типа имеют такие же размеры, что и арочного типа, за исключением общих габаритов и расстояний между стойками в свету, которые, как правило, у молотов мостового типа имеют большую величину по сравнению с арочными молотами.

Устройство молота арочного типа, являющегося типичным представителем паровоздушных ковочных молотов, показано на рис. 113, *а*.

Молот состоит из бабы *3*, верхнего бойка *7*, нижнего бойка *8*, шабота *2*, цилиндра *4*, штока *5*, станины *1*, системы управления *6* и системы смазки.

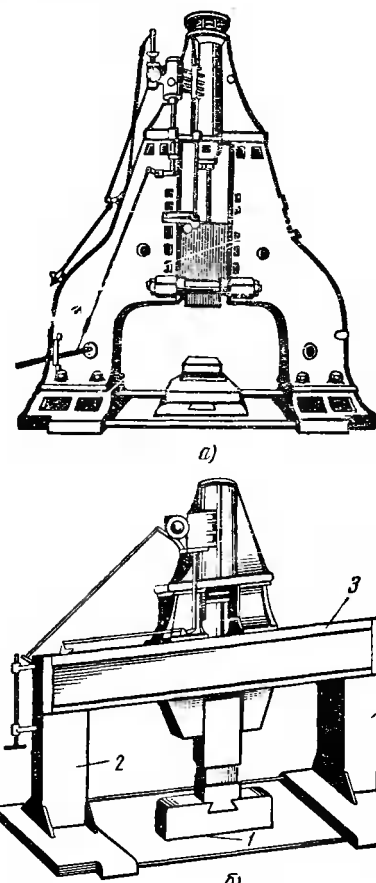


Рис. 112. Двухстоечный паровоздушный молот:
а — арочный, *б* — мостовой: *1* — шабот, *2* — стойки, *3* — поперечина

Шабот с нижним бойком (рис. 113, *б*). Шабот, или стул, молота представляет массивную металлическую (чаще чугунную) отливку, предназначенную для восприятия и поглощения ударов, наносимых падающими частями по наковальне. В ковочных молотах вес шабота равен пятнадцатикратному весу падающих частей. В верхней части шабот имеет паз в виде «ласточкина хвоста», служащий для крепления в нем

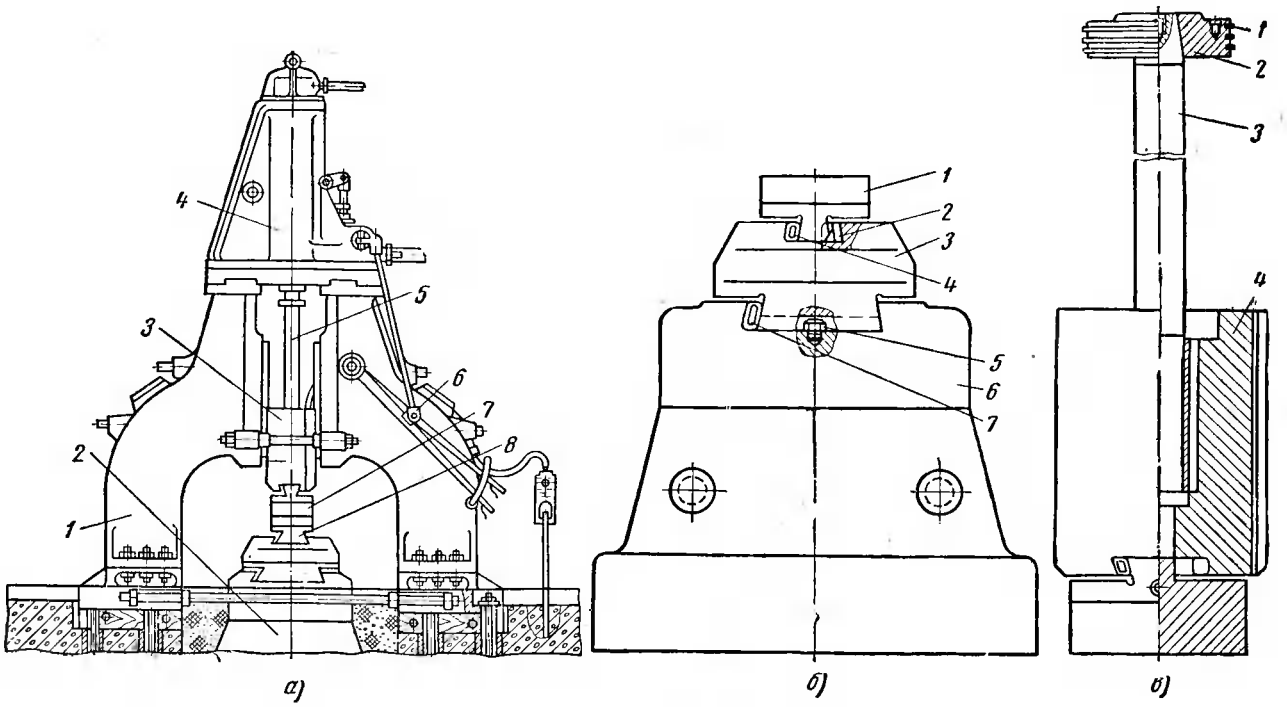


Рис. 113. Устройство молота арочного типа:

а — общий вид: *1* — станина, *2* — шабот, *3* — баба, *4* — цилиндр, *5* — шток, *6* — система управления, *7* — верхний боек, *8* — нижний боек; *б* — шабот с нижним бойком: *1* — нижний боек, *2* — шпонка, *3* — подушка, *4, 7* — клинья, *5* — сухарь, *6* — шабот; *в* — шток с поршнем: *1* — кольца, *2* — поршень, *3* — шток, *4* — баба

Таблица 10

Основные данные ковочных паровоздушных молотов двойного действия арочного и мостового типов (ГОСТ 9752—61)

Наименование параметров и размеров	Единицы измерения	Величина параметров и размеров				
Номинальный вес падающих частей	*кГ*	1000	2000	3150	5 000	8 000
Энергия удара не менее	*кГ·м*	2500	5000	8000	12 500	20 000
Число ударов в минуту бабы при наибольшем ходе	—	63	50	50	40	31
Наибольший рабочий ход бабы	*мм*	1200	1200	1250	1 700	—
Расстояние между стойками в свету	*мм*	1800	2300	2700	3 200	—
Высота рабочей зоны в свету	*мм*	450	530	630	710	800
Расстояние от зеркала нижнего бойка до уровня пола	*мм*	750	750	750	750	750
Размер зеркала бойка	*мм*	410×230	530×290	600×330	710×400	825×460
Диаметр штока	*мм*	125	145	175	200	—
Габаритные размеры молота в плане	*мм*	3910×1400	4900×1930	5100×2490	5900×2640	—
Вес молота без шабота	*кГ*	12 900	20 300	27 360	42 200	—
Вес шабота	*кГ*	15 000	30 000	47 250	120 000	—

хвостовика подушки *3*. Подушка крепится к шаботу с помощью клина *7* и сухаря *5*. Верхняя часть подушки также имеет выемку в виде «ласточкина хвоста», в которой крепится хвостовик нижнего бойка *1* при помощи клина *4* и шпонки *2*.

Для небольших молотов шаботы делаются цельнолитые, а для крупных — составные — из двух или трех частей.

Станины. Станины молота состоят из двух стоек, отлитых или сварных (иногда клепаных), предназначенных для крепления к ним цилиндра и направляющих бабы. Станины устанавливаются на фундаментную плиту и крепятся к ней анкерными болтами, проходящими через отверстия в лапах станины.

Цилиндр крепится к верхней части молота на станинах. На верху цилиндра помещается предохранительное устройство, а сбоку паровой или воздушный буфер для предупреждения возможности выбивания верхней крышки цилиндра поршнем при ходе бабы вверх. Сбоку цилиндра расположена золотниковая коробка. В молотах с падающими частями небольшого веса золотниковая коробка отливается заодно с цилиндром.

Внутри цилиндра имеется поршень, насаженный на шток. В цилиндре сделаны отверстия для впуска и выпуска пара.

Баба. Для больших молотов бабы делаются литыми, а для малых молотов коваными. В верхней торцовой части бабы по центру выточено отверстие, куда запрессовывается конец штока. Между поверхностью конусного отверстия и штоком часто ставится медная прокладка.

Шток с поршнем (рис. 113, *в*). Верхний конец штока *3* связан с поршнем *2*, нижний — с бабой *4*. Для молотов без направляющих шток изготовляется заодно с поршнем, а для молотов с направляющими — отдельно. Поршень насаживается на шток в горячем состоянии. После насадки конец штока расклепывается. Штоки изготовляются из углеродистой или специальной стали.

Диаметр поршня делается немного меньше диаметра цилиндра. Чтобы в зазоры между стенками цилиндра и поршнем не проходил пар из одной части цилиндра в другую, в имеющиеся на поршне канавки устанавливаются пружинящие кольца *1*.

Парораспределительное устройство служит для регулирования впуска в цилиндр и выпуска из цилиндра пара (воздуха).

Свежий пар (сжатый воздух) поступает в полость золотника (рис. 114, *а*) через отверстие 6 паровпускной трубы *5* и дальше, если золотник *7* опущен, по каналу *10* в цилиндр под поршень *4*. Поступающий в цилиндр пар поднимает поршень *4* и вместе с ним шток *3* и бабу *2* с закрепленным в ней верхним бойком *1*. Нажатием рычага, связанного со штоком *9* золотника *7*, последний поднимается кверху и закрывает отверстие *6*. В то же время

открывается выпускное отверстие (выхлопная труба) *8*, через которое пар из-под поршня выходит наружу, и баба падает.

В то же время, когда через нижний канал выходит отработанный пар (рис. 114, *б*), в верхнюю часть цилиндра над поршнем через канал *5* впускается свежий пар. Своим давлением на поршень сверху он ускоряет падение бабы и увеличивает силу удара. Посредством рычага, связанного со штоком *9* золотника *7*, последний может подниматься и опускаться, производя указанное

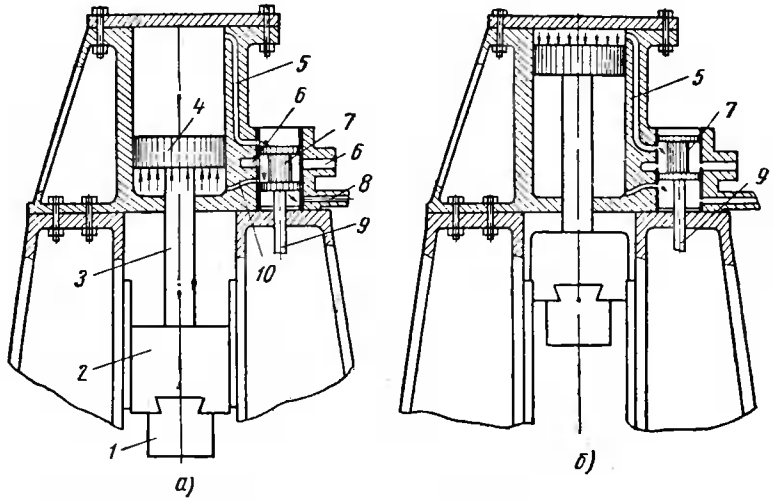


Рис. 114. Парораспределительное устройство парового молота:
а — впуск пара, *б* — выпуск пара: *1* — верхний боек, *2* — баба, *3* — шток, *4* — поршень, *5* — паровпускной канал, *6* — отверстие паровпускного канала, *7* — золотник, *8* — выхлопная труба, *9* — шток, *10* — канал

выше парораспределение, в результате чего происходит подъем или падение бабы.

Управление молотом. У паровоздушных ковочных молотов управление бывает ручное, автоматическое и смешанное. При ручном управлении парораспределительное устройство приводится в движение действием ручного рычага и системой тяг. В автоматическом управлении применяются механизмы, связанные с движущимися частями молота. Смешанное управление позволяет работать и с ручным управлением и с автоматическим, причем переход от одного управления к другому происходит без остановки молота.

Механизм управления паровоздушного молота двойного действия показан на рис. 115.

Пар в золотниковую коробку *4* впускается по трубе *5* при помощи рукоятки *10* и клапана *6*. Цилиндрический золотник *7*

помещается в золотниковой коробке, соединенной каналами с цилиндром *2*. Отработанный пар уходит по трубе *3*.

Для автоматического управления служит кривой коленчатый рычаг *15* (сабля), поворачивающийся вокруг оси *11*. Короткое плечо этого рычага соединено деталью *12* с золотниковой тягой *9*. Пружина *8*, нажимая на деталь *12*, прижимает рычаг *15* к ролику *16*, укрепленному на бабе *1* молота. Во время своего движения баба с помощью рычага *15* автоматически приводит в движение золотник. Рукояткой *14* можно, перемещая ее по рейке *13*, изменять положение оси *11* поворота рычага *15*, вследствие чего будет изменяться наполнение цилиндра и ход бабы будет большим или меньшим.

Ручное управление золотником осуществляется рукояткой *17* и тягой *9*.

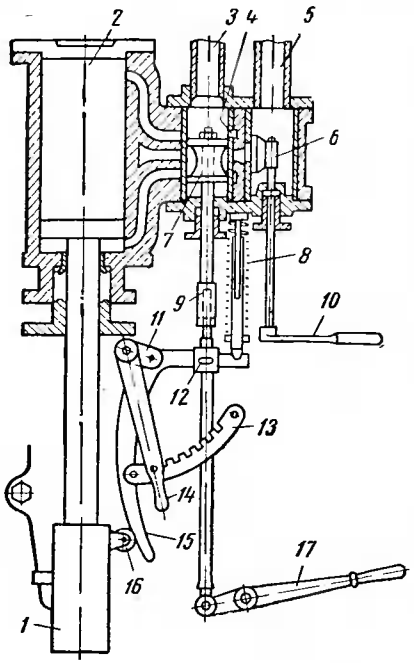


Рис. 115. Механизм управления паровоздушного молота двойного действия:
1 — баба, *2* — цилиндр, *3*, *5* — трубы, *4* — золотниковая коробка, *6* — клапан, *7* — золотник, *8* — пружина, *9* — тяга, *10*, *14*, *17* — рукоятки, *11* — ось, *12* — деталь, *13* — рейка, *15* — рычаг, *16* — ролик

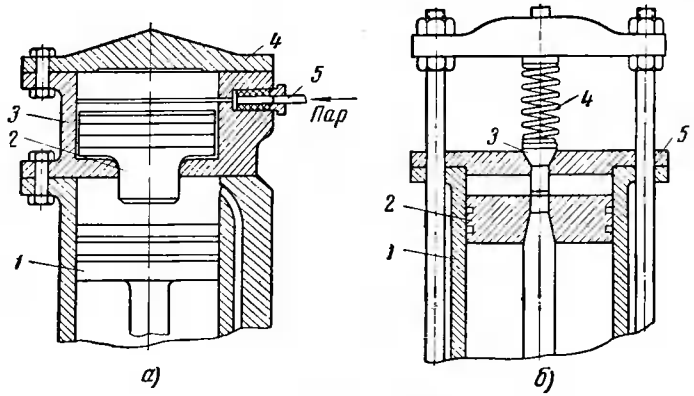


Рис. 116. Буферы:
а — паровоздушный: *1* — поршень, *2* — плунжер, *3* — цилиндр, *4* — крышка, *5* — трубка; *б* — пружинный: *1* — цилиндр, *2* — поршень, *3* — скалка, *4* — пружина, *5* — крышка

Паровоздушный буфер (рис. 116, *а*) состоит из цилиндра *3*, крышки *4* и плунжера *2*. Пар (воздух) поступает по трубке *5*, поднимающийся поршень *1* молота доходит до нижнего конца плунжера *2*, ударяет его и перекрывает отверстия плунжерного цилиндра. Оставшийся в нем пар (воздух), сжимаясь, прекращает движение плунжера *2*, а вместе с ним и движение поршня *1* вверх.

На рис. 116, *б* показан пружинный буфер. Он состоит из крышки *5*, цилиндра *1*, через отверстие которого проходит скалка *3* буфера. При ударе поршня *2* о скалку последняя давит на пружину *4*, которая, сжимаясь, поглощает удар.

На каждый молот заводится паспорт с исчерпывающей технической характеристикой.

§ 28. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПАРОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРЕССЫ

В кузнечном производстве для различных работ, осуществляемых свободной ковкой, наряду с молотами, широко применяют гидравлические прессы. Благодаря большим усилиям, развиваемым гидравлическими прессами, на них изготовляют поковки весом в десятки и даже сотни тонн.

Наиболее широкое применение гидравлические прессы получили в тяжелом машиностроении, где на них изготовляют такие поковки, которые из-за больших габаритов и веса на другом кузнечном оборудовании не могут быть изготовлены.

Гидравлические прессы находят специальное применение в обработке давлением цветных металлов и сплавов, для прессования прутков фасонных профилей и труб и для штамповки крупногабаритных изделий.

В зависимости от привода прессы для ковки делятся на следующие:

гидравлические, в которых рабочее давление создается водой высокого давления, подаваемой от насоса;

парогидравлические, в которых рабочее давление создается также водой высокого давления с помощью мультипликатора.

Гидравлические прессы в свою очередь делятся на следующие:

прессы, работающие непосредственно от насоса с рабочим давлением до 500 *ат*, в которых мощность электродвигателей соответствует наибольшему усилию пресса;

прессы, работающие от насоса через аккумулятор; в этом случае электродвигатель для насоса оказывается достаточным меньшей мощности.

Действие гидравлического пресса основано на законе гидростатического давления Паскаля, по которому давление, оказываемое на жидкость, передается во все стороны с одинаковой силой.

Деформация заготовки происходит во время рабочего хода пресса, при передвижении траверсы с верхним бойком вниз от начала соприкосновения бойка с заготовкой до окончания рабочего хода.

Пресс (рис. 117, *а*) устроен следующим образом (рис. 117, *б*). Рабочий цилиндр *7* пресса закрепляется в верхней неподвижной

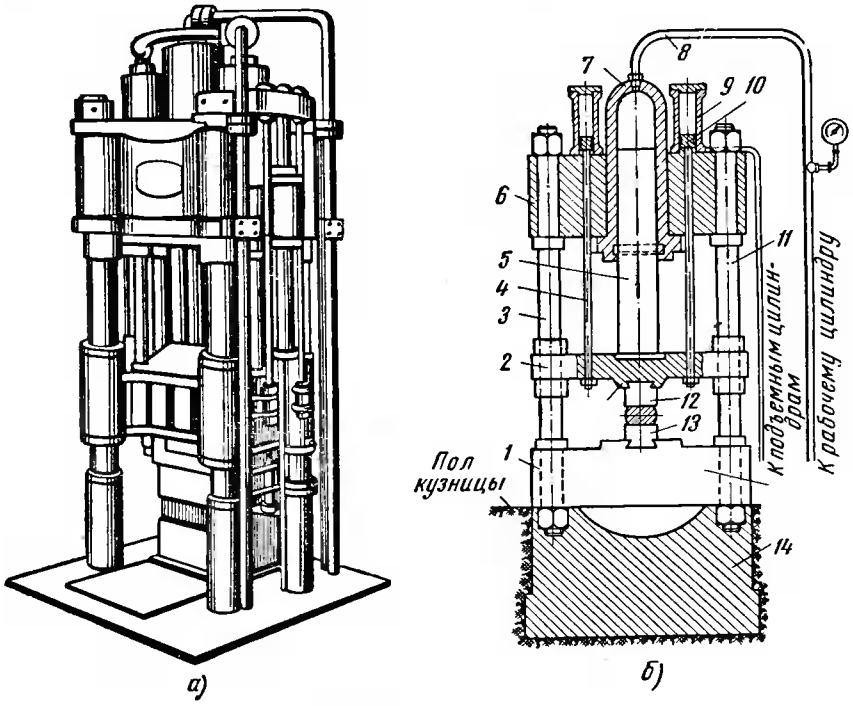


Рис. 117. Гидравлический пресс:

а — общий вид, *б* — устройство: *1* — нижняя неподвижная поперечина, *2* — подвижная поперечина, *3*, *11* — колонны, *4* — тяги, *5* — плунжер, *6* — верхняя неподвижная поперечина, *7* — рабочий цилиндр, *8* — трубопровод, *9* — подъемные цилиндры, *10* — поршень, *12* — верхний боек, *13* — нижний боек, *14* — фундамент пресса

поперечине *6*, называемой архитравом. Поперечина покоится на четырех колоннах *3*, по которым, как по направляющим, может подниматься и опускаться подвижная поперечина *2* с прикрепленным к ней верхним бойком *12*. Рабочий (главный) плунжер *5* пресса соединен с подвижной поперечиной (траверсой) *2*.

Нижней частью колонны *3* и *11* установлены в нижней неподвижной поперечине *1*, представляющей стол пресса, на который крепится нижний боек *13*. Своим основанием неподвижная нижняя поперечина и колонны опираются на фундамент *14* пресса.

Рабочее движение подвижной поперечины *2* осуществляется под нажимом главного плунжера *5*, приводимого в движение водой высокого давления, поступающей по трубопроводу *8*. Обратный ход плунжера и подвижной поперечины *2* происходит в результате действия подъемных цилиндров *9* с помощью тяг *4*, с поршнями *10*, под которые подается вода высокого давления или пар.

Крупные гидравлические прессы, развивающие большое усилие, могут иметь несколько рабочих цилиндров и плунжеров.

Гидравлические прессы работают без ударов и сотрясений. Они могут развивать значительные усилия, которые не передаются на фундамент и воспринимаются колоннами. Поэтому для них не нужен дорогостоящий шабот и тяжелый фундамент.

Прессы усилием 7000, 10 000 и 15 000 *Т* изготовляются только по техническим условиям, согласованным с заказчиком.

Прессы по роду привода делятся на гидравлические и парогидравлические.

У гидравлических прессов рабочая жидкость — вода, минеральное масло или эмульсия — поступает из насоса высокого давления через аккумулятор, в котором происходит накапливание жидкости высокого давления. Во время пауз в работе пресса рабочая жидкость, поступающая из насоса, накапливается в аккумуляторе и затем при работе пресса может расходоваться в бо́льших количествах, чем подает насос. Таким образом, применяя аккумулятор, можно иметь насосы

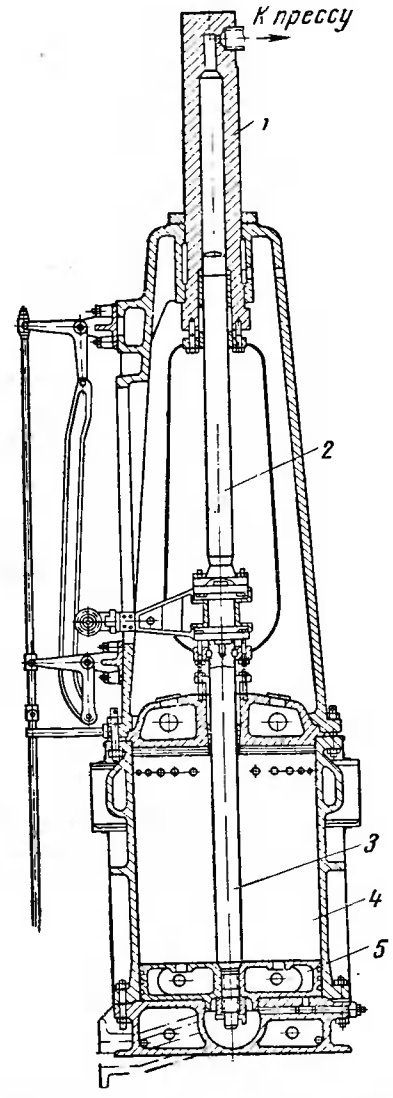


Рис. 118. Мультипликатор парогидравлического пресса:

1 — гидравлический цилиндр, *2* — плунжер, *3* — шток, *4* — паровой цилиндр, *5* — поршень

Таблица 11

Осиовные параметры и размеры ковочных гидравлических четырехколонных прессов

Наименование параметров		Единица измерения	Величина параметров					
Номинальное усилие пресса		*Т*	500	800	1250	2000	3200	5000
Наибольший ход подвижной поперечины		*мм*	800	1000	1250	1600	2000	2500
Расстояние от стола до подвижной поперечины в ее верхнем положении		*мм*	1600	2000	2500	3200	4000	5000
Расстояние между колоннами в свету		*мм*	1180	1500	1900	2360	3000	3750
Количество жимов бойка в минуту, не менее	рабочих		22	18	14	10	8	6
	при ходе поперечины	*мм*	130	150	165	190	200	225
	для отделки		50	50	45	45	40	30
	при ходе поперечины	*мм*	40	40	40	50	50	50
Наименьшее усилие выталкивателя		*Т*	30	40	60	100	150	200
Вес прессов без привода, выдвижных столов и выталкивателей, не более		*Т*	55	90	140	250	400	

Примечание. Количество жимов бойка определено по усилию, равному для рабочих жимов 0,75 и для отделочных 0,25 от номинального усилия прессов.

с меньшей производительностью. Жидкость в насос подается из открытого бака.

Управление прессом осуществляется с помощью распределительного устройства, устанавливаемого в коробке у пресса. Один аккумулятор может обслуживать несколько прессов.

Применяются гидравлические прессы, у которых рабочая жидкость поступает из насоса непосредственно в рабочий цилиндр пресса.

У парогидравлических прессов высокое давление рабочей жидкости получается в результате действия парового мультипликатора (рис. 118), который как бы трансформирует низкое давление пара (6—12 *кГ/см²*) в высокое давление рабочей жидкости. В паровом цилиндре *4* мультипликатора ходит поршень *5*, шток *3* которого толкает плунжер *2* в массивном гидроцилиндре *1*, создавая высокое давление жидкости в этом цилиндре. Жидкость высокого давления поступает в гидравлический пресс от мультипликатора. Давление жидкости над плунжером *2* будет во столько раз больше давления пара, поступающего под поршень *5*, во сколько площадь парового поршня больше площади плунжера гидравлического цилиндра *1*.

Прессы усилием 800 *Т* и выше делаются с подвижными столами для возможности выката нижнего бойка и облегчения укладки на него слитка. Ход выдвижного стола составляет при одностороннем выкате 1500 *мм* и при двустороннем 4500 *мм*. Прессы без выдвижных столов изготовляются только по согласованию с заказчиком. В табл. 11 приведены основные параметры и размеры ковочных гидравлических четырехколонных прессов.

§ 29. ВЫБОР ВЕСА ПАДАЮЩИХ ЧАСТЕЙ МОЛОТА И УСИЛИЙ ПРЕССА

Для определения потребного веса падающих частей молота при свободной ковке можно пользоваться следующей формулой:

$$G = kF \text{ кГ},$$

где G — вес падающих частей молота, *кГ*;

F — площадь поперечного сечения заготовки, *см²*;

k — коэффициент, равный для углеродистой стали 5, специальной стали 7, цветных металлов 3, 5.

При ковке в подкладных штампах вес падающих частей молота G определяют по формуле:

$$G = (8 \div 10) F_{\text{п}} \text{ кГ},$$

где $F_{\text{п}}$ — площадь проекции поковки на плоскость штампа, *см²*.

Ориентировочно вес падающих частей молота для свободной ковки в зависимости от размера поковки можно подобрать по диаграммам: после осадки (рис. 119, *а*), при изготовлении гладких валов (рис. 119, *б*) и при обработке круглых заготовок (рис. 119, *в*).

Необходимое усилие пресса можно определить по формуле

$$P = \sigma_в F \ кГ,$$

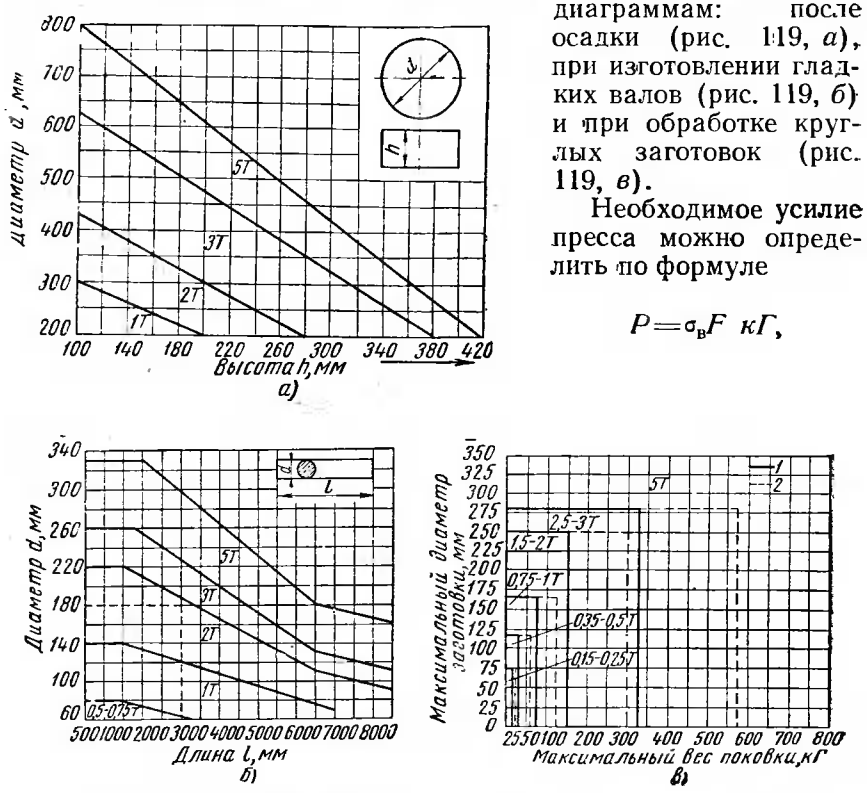


Рис. 119. Диаграммы для выбора веса падающих частей молота в зависимости от размеров поковки:

а — полученных после осадки, *б* — при изготовлении гладких валов, *в* — при обработке круглой заготовки: *1* — для фасонных, *2* — для простых поковок

где $\sigma_в$ — предел прочности металла при температуре конца ковки, $кГ/см^2$;

F — площадь прикосновения бойка с поковкой, $см^2$; при осадке $F = 0{,}785\, d^2$, а при вытяжке $F = bl$, где b — ширина поковки, l — величина подачи.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое оборудование используют при свободной ковке?
2. Как работает пневматический молот?
3. Чем отличаются молоты простого действия от молотов двойного действия?
4. Из каких основных частей состоит паровоздушный молот?
5. Какова схема действия парогидравлического пресса?

Глава VIII

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК СВОБОДНОЙ КОВКОЙ

§ 30. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС КОВКИ. ПРИПУСКИ. ДОПУСКИ. НАПУСКИ. ЧЕРТЕЖ ПОКОВКИ

Технологический процесс ковки включает в себя выполнение операций: разделки материала на штучные заготовки, нагрева перед ковкой, ковки, охлаждения, термической обработки (не всегда), очистки, клеймения и контроля поковок.

В отличие от технологического процесса производственный процесс изготовления поковок включает не только технологические, но и вспомогательные операции — транспортные, складские, а производственный цикл включает межоперационное пролеживание и таким образом характеризует все затраты труда и времени, связанные с изготовлением поковок в кузнечных цехах.

В основе подготовки технологического процесса свободной ковки лежит разработка карты технологического процесса (операционной карты), показанной в табл. 12, и чертеж поковки.

Технологическим процессом ковки называется перечень последовательно выполняемых операций с указанием используемого оборудования, технологической оснастки, средств механизации, состава бригады рабочих, их квалификации и расценок. В карте технологического процесса также указывается марка и размер исходного материала, размер и вес штучной заготовки, величина отходов и число деталей на один комплект (машину).

Строгое выполнение утвержденной карты технологического процесса является элементарным требованием технологической дисциплины.

Изготовление поковки методом свободной ковки в свою очередь может быть выполнено различными способами, в зависимости от размера заданной к изготовлению партии деталей, наличия инструментов и приспособлений для ковки, квалификации рабочих, имеющегося оборудования.

Во всех случаях окончательный выбор способа ковки должен определяться экономическими соображениями, т. е. расчетом получения наименьших издержек, главным образом по расходу металла и затратам труда.

Таблица 12

Форма карты технологического процесса

Завод

Операционная карта (кузнечная)
Отд.

Вариант №

Лист №

Всего листов

Изменение в операц. карте

№	Дата	Подпись

Литер изменен. черт.

Деталь №

Наименование детали

Материал: Наименование	Прокат с допус.	Исходн. матер.	Кратность длины для резки	Дл. заг. на 1 изд., *мм*	Утвержд. норма расхода металла на 1 изд. с учетом всех потерь	Вес заготовки, *кг*	Вес поковки, *кг*

Отходы: Характер отхода	% отхода	Вес отхода	№ дет. из отходов	Тверд. пок. по Бр.

Тип машины

Количество деталей на машину

№ п/п	№ операции	Наименование операции	Оборудование: наименование и мощность	Оборудование: №	Штамп (или приспособление): наименование	Штамп (или приспособление): №	Мернт. инструм.: наименование	Мернт. инструм.: №	Произв. в одну смену	Норма времени на 1 изд., в *мин*	Разряд работы	Колич. работающих	Цена на 1 изд., коп.	Норма времени на 1 маш., в *мин.*	Цена на 1 маш., в коп.	Примечание

				Составил	Дата	Проверил	Дата	Утвердил	Дата

Документом, который берется за основу разработки технологического процесса, является чертеж готового изделия с техническими требованиями к нему. По чертежу изделия разрабатывают чертеж поковки.

На чертеже поковки готовое изделие изображается в виде штрих-пунктирной (или тонкой) линии, а контур ковки — жирной линией.

Чертеж поковки отличается от чертежа изделия тем, что на первом нанесены размеры с учетом так называемых кузнечных припусков на последующую механическую обработку. При этом размеры чистого изделия проставляются в скобках под размером поковки (рис. 120).

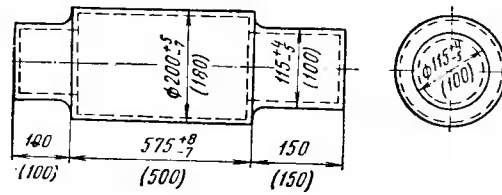


Рис. 120. Чертеж поковки

Кузнечным *припуском* называется толщина слоя металла, оставляемого на поверхности поковки для удаления его при последующей механической обработке с целью получения готового изделия с заданными точностью размеров и чистотой поверхности.

Кроме припуска, на чертеже поковки сверху справа от номинального размера поковки показываются верхнее и нижнее допустимые при ковке о т к л о н е н и я от номинального размера. Допустимое поле отклонений, т. е. разность между максимальным и минимальным допустимыми размерами поковки, принято называть д о п у с к о м при ковке.

Верхнее отклонение (плюсовое) от номинального размера поковки представляет собой разность между максимально допустимым и номинальным размерами. Нижнее отклонение (минусовое) представляет собой разность между номинальным и минимально допустимым размерами поковки. Верхнее отклонение на чертеже поковки обозначается со знаком «+» (плюс), а нижнее — со знаком «—» (минус).

Местное увеличение припуска, упрощающее форму поковки, ввиду невозможности или нерентабельности изготовления поковки в соответствии с контуром детали называется кузнечным н а п у с к о м.

Припуски на механическую обработку можно приближенно определить по следующим формулам (*мм*):

при изготовлении поковок под молотом:

а) на диаметр или толщину поковки

$$z_1 = 0{,}06D + 0{,}0017L + 2{,}8;$$

б) на длину поковки

$$z_2 = 0{,}08D + 0{,}002L + 10;$$

при изготовлении поковок под прессом:

а) на диаметр или толщину поковки

$$z_1 = 0{,}06D + 0{,}002L + 23;$$

б) на длину поковки

$$z_2 = 0{,}05D + 0{,}05L + 26.$$

Допуски на кузнечную обработку можно приближенно определить по следующим формулам (*мм*):

а) на диаметр или толщину поковки

$$\pm \Delta_1 = 0{,}028D + 0{,}0004L + 0{,}5;$$

б) на длину поковки

$$\pm \Delta_2 = 0{,}03D + 0{,}003L + 1{,}2.$$

Предельные размеры диаметра или толщины поковки:

$$D_п = D + z_1 \pm \Delta_1.$$

Предельные размеры длины поковки:

$$L_п = L + z_2 \pm \Delta_2.$$

По отношению к последующей механической обработке поковки можно разделить на три группы: требующие полной механической обработки, требующие частичной механической обработки и не требующие механической обработки. К числу поковок, не требующих полной механической обработки, могут быть отнесены такие, как костыли, гаечные ключи, кузнечный инструмент (клещи, топоры и др.), ободы, топоры по дереву, тяги, крановые крюки, вагонные оси, передние оси автомобилей.

Как правило, припуск и допуск показываются на размер. В промышленности СССР в настоящее время действуют стандарты на припуски и допуски на поковки, выполнение которых при ковке является обязательным (см. приложение).

Соблюдение при ковке минимальных припусков имеет большое экономическое значение. Поэтому передовые кузнецы, применяя более точные приемы работы, изготавливают поковки по «минусовым» размерам, т. е. в пределах нижнего отклонения от номинального размера.

Расположение припусков и допусков на размер детали показано на рис. 121.

Величина напусков так же, как припусков и допусков, определяется по действующему ГОСТу и берется в зависимости от величины припуска.

На рис. 122 показан чертеж поковки и детали с номинальными размерами и с размерами поковки, учитывающими припуски, отклонения и напуски. Так, например, на участке *IV* по диаметру детали 600 *мм* номинальный размер поковки будет 640 *мм*, что соответствует номинальному припуску на сторону 20 *мм*. Кроме того, согласно ГОСТу на данный размер разрешен допуск 26 *мм* с равносторонними верхним и нижним отклонениями по 13 *мм*. Таким образом, максимально допустимый размер диаметра на участке *IV* у поковки составит 653 *мм* и минимальный 627 *мм*, что соответствует снимаемой при механической обработке толщине стружки 26,5 и 13,5 *мм*. На участках *I, II, V* и *VI* (см. рис. 122) показаны также напуски (что особенно наглядно на *I* и *VI* участках).

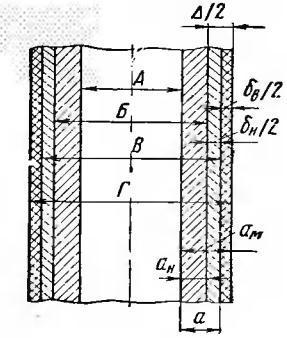


Рис. 121. Расположение припусков и допусков на размер детали:

А — размер детали после механической обработки или номинальный размер; $a_н$ — наименьший припуск на сторону, равный половине разности *Б* — *А*; *Б* — наименьший допустимый размер поковки, равный $Б + 2a_н$; $a_м$ — максимально допустимый припуск на сторону, равный половине разности *Г* — *А*; *Г* — наибольший предельный размер поковок, равный $Б + 2a_м$; *В* — номинальный размер поковки; Δ — допуск, равный *Г* — *Б*; $\delta_в$ — верхнее предельное отклонение от номинального размера поковки; $\delta_и$ — нижнее предельное отклонение от номинального размера поковки

Для правильного решения задачи по созданию наиболее технологичной конструкции детали необходимо заранее установить способ изготовления поковки для нее: свободной ковкой или штамповкой.

Для поковки, предназначенной к изготовлению методом свободной ковки, необходимо, чтобы деталь имела наиболее простую, симметричную, прямую и гладкую форму, очерченную плоскостями или цилиндрическими поверхностями.

В поковках следует избегать применения конических (рис. 123, *а*) и клиновых (рис. 123, *б*) форм, особенно с малыми наклонами (рис. 123, *в*).

При разработке конструкции детали необходимо учитывать, что выполнение свободной ковкой участков пересечения цилиндрических поверхностей между собой (рис. 123, *г*) и с призматическими поверхностями (рис. 123, *д*) представляет значительные трудности.

В конструкциях деталей следует избегать применения ребристых сечений (рис. 123, *е*), так как их изготовление возможно только с большими напусками, что является нерентабельным.

Не следует допускать на основном теле поковки бобышек, платиков, выступов и т. п. (рис. 123, *ж*) так же, как и внутри развилин (рис. 123, *з*).

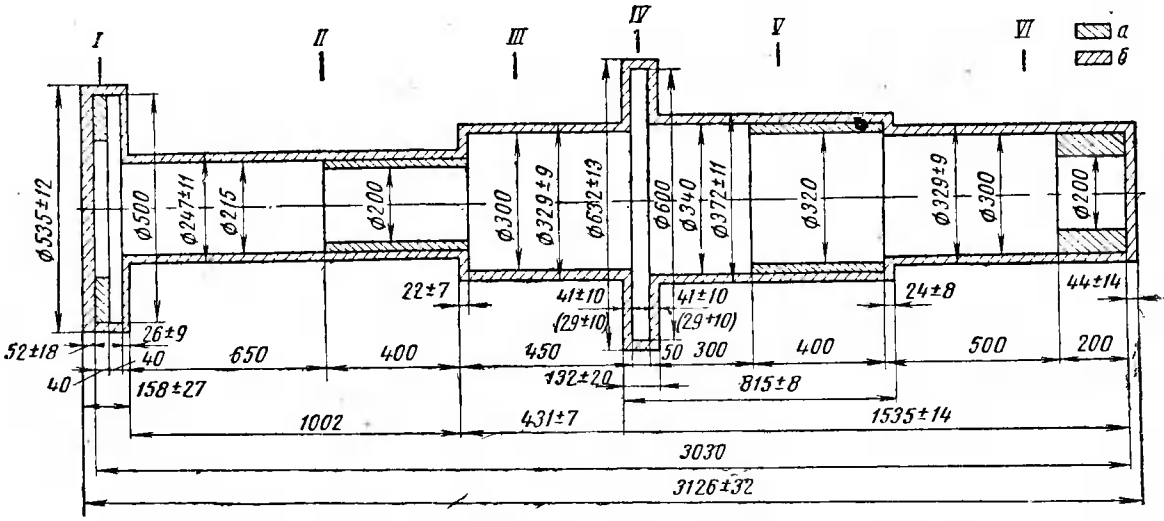
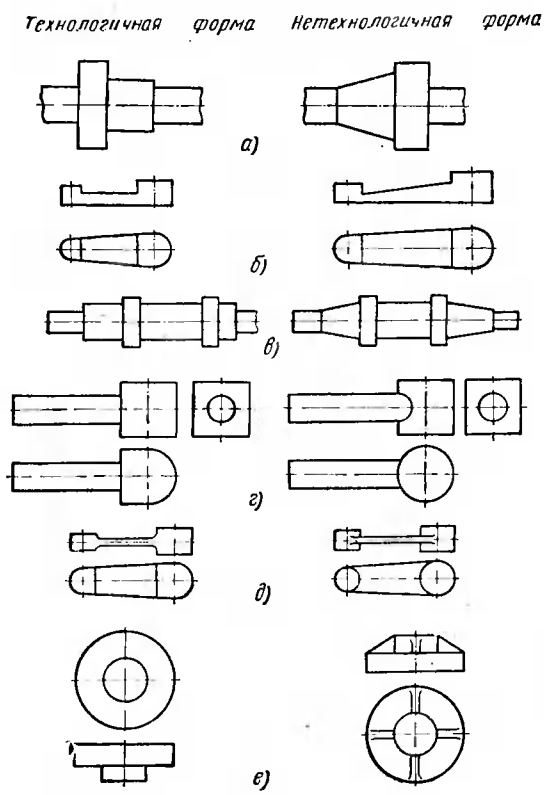


Рис. 122. Чертеж поковки и детали с номинальными размерами:
а — напуск, *б* — припуск и допуск; *I—VI* — участки с припуском, напуском и допуском



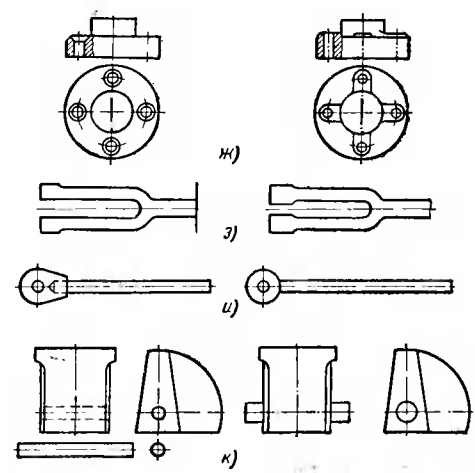


Рис. 123. Конструктивные формы поковок (перечислены нетехнологичные):
а — коническая, *б* — клиновая, *в* — клиновая с малым наклоном, *г* — пересечение цилиндрических поверхностей, *д* — пересечение цилиндрических и призматических поверхностей, *е* — ребристые сечения, *ж* — бобышки, платики и выступы, *з* — развилины; *и*, *к* — соединение сваркой простых по форме деталей для получения из них поковок сложной формы

Поковки с переменным сечением, а также сложной конфигурации целесообразнее заменять несколькими более простыми поковками, являющимися частью всей детали, соединяемыми затем сваркой (рис. 123, *и, к*).

Во всех случаях следует стремиться к созданию такой конструкции детали, которая позволила бы изготовить поковку для нее с правильным направлением волокон.

§ 31. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА И РАЗМЕРА ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

Вес слитка, потребного для изготовления данной поковки, можно определить по следующей формуле:

$$G_{сл}=G_{пок}+G_{приб}+G_{дон}+G_{уг}+G_{об}+G_{в},$$

где $G_{пок}$ — вес поковки, который устанавливается по номинальным размерам чертежа поковки, *кг*;

$G_{приб}$ — вес прибыльной части слитка, равный 20—25% веса слитка из углеродистой стали и 25—35%' — из легированной конструкционной стали, *кг*;

$G_{дон}$ — вес донной части слитка, равный 5—7% веса слитка из углеродистой стали и 7—10%' — из легированной стали, *кг*;

$G_{уг}$ — потери металла на угар *кг* равные за первый вынос (нагрев) 2% веса слитка и за каждый последующий вынос (подогрев): 1—1,25% для поковок сплошного сечения и 1,25—1,50% для поковок пустотелых;

$G_{об}$ — вес обрубок и обсечек в зависимости от вида поковок и операций при их изготовлении, *кг*;

$G_{в}$ — вес отходов на выдру, который определяется в зависимости от способа прошивки, *кг*.

Отход на угар и обсечки в процентах от веса поковки берут по справочнику.

Минимальный отход при обрубке конца в зависимости от профиля заготовки можно определять по следующим формулам (*мм*):

$$L_к=0{,}25D+25;$$

$$L_{кв}=0{,}133A+50;$$

$$l_к=0{,}35D+13;$$

$$l_{кв}=0{,}25A+15,$$

где $L_к$ — длина обрубаемого круглого конца поковки, изготовляемой на прессе, *мм*;

$L_{кв}$ — длина обрубаемого квадратного конца поковки, изготовляемой на прессе, *мм*;

$l_к$ — длина обрубаемого круглого конца поковки, изготовляемой на молоте, *мм*;

$l_{кв}$ — длина обрубаемого квадратного конца поковки, изготовляемой на молоте, *мм*;

D — диаметр обрубаемого конца, *мм*;

A — сторона квадрата обрубаемого конца, *мм*.

При прошивке сплошным прошивнем без подкладного кольца вес отхода на выдру $G_{в}$ определяется следующими расчетами.

Высота выдры $h_{в}$ будет

а) для молотов:

при $h_0<2{,}5d_0 \quad h_{в}=0{,}2d_0;$

$h_0=(2{,}5\div 4)\,d_0 \quad h_{в}=0{,}5d_0;$

б) для прессов:

при $h_0\leqslant 3d_0 \quad h_{в}=0{,}2d_0,$

где h_0 — высота заготовки;

d_0 — диаметр заготовки.

Объем выдры

$$U_{в}=0{,}25\frac{\pi d^2}{4}h_{в}.$$

При прошивке сплошным прошивнем с подкладным кольцом высота вырубаемой выдры будет близкой к высоте заготовки, т. е.

$$h_{в}=(0{,}75\div 1{,}0)\,h_0,$$

где численный коэффициент берется тем больше, чем меньше отношение высоты заготовки ее диаметру.

Объем выдры

$$U_{в}=0{,}75\frac{\pi d^2}{4}h_{в}.$$

При прошивке пустотелым прошивнем отходы металла в выдру определяются следующим расчетом:

$$h_{в}=1{,}1h_0;$$

$$U_{в}=1{,}15\frac{\pi d^2}{4}h_{в}.$$

При определении отдельных видов отходов при ковке из слитка большое значение имеет тип выбираемого для ковки слитка. За последние годы в передовых кузнечно-прессовых цехах начали применять экономичные кузнечные слитки: удлиненные, малоприбыльные, бесприбыльные и пустотелые, позволяющие снижать нормы расхода металла.

При изготовлении поковки свободной ковкой из проката вес исходной заготовки определяется по формуле

$$G_{заг} = G_{пок} + G_{уг} + G_{отх},$$

где $G_{пок}$ — вес поковки по чертежу поковки, *кг*;
$G_{уг}$ — потери металла на угар, *кг*;
$G_{отх}$ — вес отходов металла, *кг*.

Вес поковки рекомендуется определять путем предварительной разбивки поковки на несколько участков, каждый из которых имеет одинаковую толщину (поперечный профиль) по всей

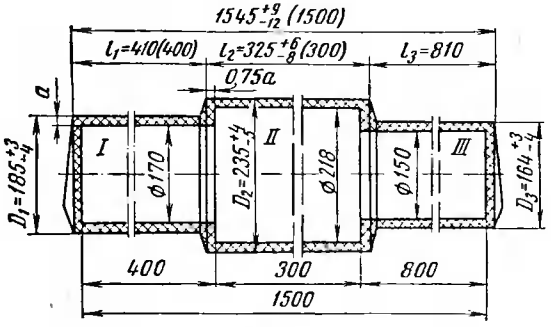


Рис. 124. Ступенчатый валик

длине. После суммирования найденных объемов каждого участка и умножения на удельный вес металла находят вес поковки.

Определим вес поковки ступенчатого валика, изображенного на рис. 124. Для этого разделим поковку на три части (участка): *I*, *II* и *III* и найдем объем металла всех трех участков поковки.

Объем первой части

$$U_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} l_1 = \frac{3{,}14 \cdot 18{,}5^2}{4} \cdot 41 = 11\,030\ см^3;$$

объем второй части

$$U_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} l_2 = \frac{3{,}14 \cdot 23{,}5^2}{4} \cdot 32{,}5 = 6800\ см^3;$$

объем третьей части

$$U_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} l_3 = \frac{3{,}14 \cdot 16{,}4^2}{4} \cdot 81 = 17\,090\ см^3;$$

Объем поковки составит

$$U_{пок} = 11\,030 + 6800 + 17\,090 = 34\,920\ см^3.$$

Вес поковки

$$G_{пок} = \frac{34\,920 \cdot 7{,}85}{1000} = 274\ кг,$$

где 7,85 — плотность стали.

Для выбора поперечного сечения исходной заготовки исходят из того, что во всех случаях (кроме случая применения операции осадки) исходное сечение заготовки должно быть не менее максимального сечения поковки. Больше того, по соображениям так называемой уковки, необходимо исходное сечение заготовки брать несколько больше максимального сечения поковки. *Уковкой* при вытяжке называется отношение площади поперечного сечения исходной заготовки (проката, слитка) к площади поперечного сечения соответствующего участка поковки. Уковкой при осадке будет называться отношение полученного сечения поковки к исходному сечению заготовки.

Если диаметр исходной заготовки 200 *мм*, а диаметр поковки после протяжки 100 *мм*, то уковка составит

$$У = \frac{\pi D_{заг}^2}{4} : \frac{\pi D_{пок}^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 20^2}{4} : \frac{3{,}14 \cdot 10^2}{4} = \frac{400}{100} = 4.$$

Уковку *У*, или степень (коэффициент) уковки, принято определять по полученному максимальному сечению поковки ($F_{пок.макс}$) как наиболее критическому:

$$У = \frac{F_{заг}}{F_{пок.макс}}.$$

Для поковок, изготовляемых из слитков углеродистой стали, когда вытяжка производится без осадки, нормальной считается уковка, равная не менее 3, а когда ковка ведется с осадкой, не менее 2,5; для слитков из легированных сталей уковка принимается равной 2,0. Для поковок, изготовляемых из проката, учитывая, что заготовка уже получила значительную степень деформации при ее прокатке, уковка берется равной 1,3—1,5.

Чем выше температура нагрева металла перед ковкой, тем большей должна быть его уковка.

Рекомендуемый коэффициент уковки для поковок разных типов дан в табл. 13.

Сечение заготовки берется ближайшее к расчетному по ГОСТу для проката и по заводскому сортаменту для слитка; длина заготовки определяется по ее объему и площади сечения, выбранной по ГОСТу или сортаменту,

$$L_{исх} = \frac{U_{исх}}{F_{сорт}}.$$

Таблица 13

Коэффициент уковки для поковок разных типов

Форма сечения исходной заготовки				
Форма сечения поковки				
Коэффициент (степень) уковки по сечению	Коэффициент изменения линейного размера (сторона, диаметр)			
1,25	1,12	1,12	0,99	—
1,50	1,22	1,08	1,08	1,38
2,00	1,41	1,41	1,25	1,60
2,50	1,58	1,58	1,40	1,78
3,00	1,73	1,73	1,53	1,95
3,50	1,87	1,87	1,66	2,11
4,00	2.00	2,00	1,77	2,26

Для поковок, изготовляемых осадкой, сечение заготовки определяется из равенства:

для круглой заготовки

$$d_{\text{исх}} = (0{,}8 \div 1{,}0)\sqrt[5]{U_{\text{исх}}},$$

для квадратной заготовки

$$a_{\text{исх}} = (0{,}75 \div 0{,}9)\sqrt[5]{U_{\text{исх}}},$$

где $d_{\text{исх}}$ — диаметр исходной заготовки;

$a_{\text{исх}}$ — сторона квадрата заготовки.

Высота (длина) заготовки h определяется из условия избежания изгиба ее при осадке

$$h = (1{,}5 \div 2{,}5)\, d_{\text{исх}}.$$

При определении нормы расхода прокатного металла, кроме подсчитанного по вышеприведенной формуле веса заготовки, необходимо учитывать дополнительные отходы металла при резке в холодном состоянии на пилах и ножницах.

При резке металла на пилах образуются отходы двух видов: связанные с потерями на пропиловку и потерями на некратность при резке прутков торговой длины.

Отходы металла на пропиловку определяют на основе данных, приведенных ниже.

Сечение разрезаемого металла, *мм²*	До 45	46—75	76—100	101—150	свыше 150
Ширина пропила, *мм*	3	4	4,5	5	7

Отходы на пропиловку можно подсчитать по следующей формуле:

$$l_{\text{пр}} = n a_{\text{пр}}\ мм,$$

где n — число резов для прутка данной длины;

$a_{\text{пр}}$ — ширина одного пропила (реза), *мм*.

Отходы металла в связи с некратностью прутков торговых длин образуются как при резке на пилах, так и на пресс-ножницах. Расход металла на одну заготовку, с учетом некратности, будет равен весу заготовки $G_{\text{заг}}$ в килограммах, умноженному на коэффициент K, равный отношению торговой длины L прутка в миллиметрах к длине прутка $(L - a_{\text{п}})$, т. е.

$$G = G_{\text{заг}} K\ кг,$$

где $a_{\text{п}}$ — длина отрезаемого ввиду некратности концевого отхода прутка, *мм*.

При резке штучных заготовок с помощью газовых горелок следует учитывать дополнительный расход металла, идущий на проплав, определяемый шириной реза и толщиной разрезаемого материала. Отходы на сгорание и расплавление металла при газовой резке приведены ниже.

Сечение разрезаемого металла, *мм²*	5—40	41—70	71—100	101—150
Ширина реза, *мм*	5	6	7	8

§ 32. ПРИМЕРЫ СВОБОДНОЙ КОВКИ

Изготовление кузнечного ручника *5* (рис. 125). Поковка для кузнечного ручника изготовляется из прутковой заготовки *1* восьмигранного сечения.

Первая операция *2* заключается в пробивке овального отверстия для ручки. При этой операции после каждых 4—5 ударов необходимо вынимать пробойник ,чтобы охладить его конец.

При выполнении второй операции *3* производится обжатие заготовки с обеих сторон и отрубание конца заготовки для образования бойка и головки ручника.

При третьей операции *4* в образовавшееся отверстие вгоняется отделочная оправка и на специальной подкладной плитке производится полная отделка поковки.

Изготовление кузнечных клещей (рис. 126). Ковка клещей требует от кузнеца большого внимания в отношении правильного выбора для них материала и тщательного изготовления. Клещи, изготовленные из недоброкачественного материала или неправильно изготовленные, часто бывают причиной несчастных случаев. Кузнец должен сам уметь изготавливать для себя

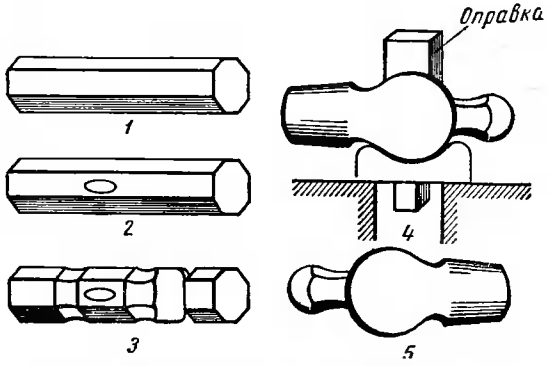


Рис. 125. Изготовление ковкой кузнечного ручника:

1 — заготовка, *2* — пробивка отверстия, *3* — обжатие и обрубка конца, *4* — установка оправки, *5* — ручник

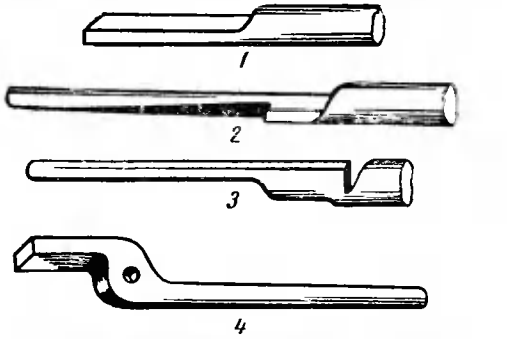


Рис. 126. Изготовление ковкой кузнечных клещей:

1, 2, 3, 4 — переходы ковки

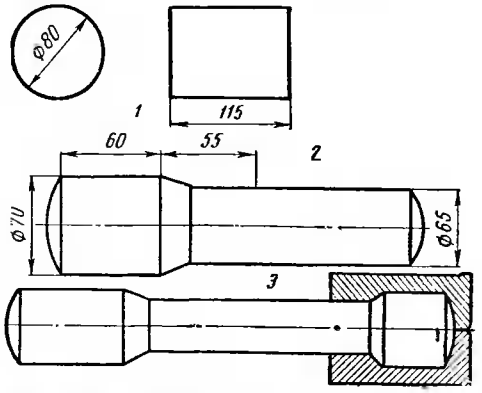


Рис. 127. Изготовление ковкой торцового ключа:

1 — заготовка, *2* — наметка на головку и протяжка, *3* — оформление головки

хорошие клещи. Очень важно, чтобы в половинках клещей не оставалось острых углов, что может привести к увечью при работе с такими клещами под молотами. На рис. 126 показаны переходы при ковке одной половинки кузнечных клещей из круглой заготовки. Ковка производится за четыре перехода: *1* — вытяжка цевья; *2* — протяжка и отковка ручки; *3* — перебивка конца заготовки для образования губки клещевины; *4* — передача металла и пробивка отверстия в цевье.

Аналогичным образом изготовляют вторую половинку клещей. Окончательный профиль губок клещей получается путем нагрева их в собранном виде и обжатием на холодной оправке соответствующего профиля.

Изготовление торцового ключа. Поковка для торцового ключа изготовляется на молоте, вес падающих частей которого 500 *кГ*, из заготовки *1* (рис. 127) диаметром 80 *мм*, длиной 115 *мм*.

Нагретую заготовку правят с торцов и делают наметку на головку ключа, остальную часть заготовки протягивают на диаметр 55 *мм* (см. *2* на рис. 127). Затем протягивают середину ключа на подкладках, а головку оформляют в специальных каталках (см. *3* на рис. 127). После этого поковку правят.

Изготовление рычага гидротурбин (рис. 128, *1*). Исходной заготовкой служит слиток. Вес поковки 2,2 *т*. Ковку осуществляют на гидравлическом прессе усилием 3000 *Т*. Последовательность операций и переходов следующая.

Первый нагрев до 1200° С в течение 5 *ч* и выдержка при этой температуре 2,5 *ч*.

Операции (рис. 128, *2*): заделка прибыли под патрон; отрубка излишка цапфы, биллетировка до диаметра 720 *мм*.

Второй нагрев до 1200° С в течение 3,5 *ч* и выдержка при этой температуре 3 *ч*.

Операции (рис. 128, *3*): осадка до диаметра 900 *мм*; протяжка до диаметра 800 *мм*.

Третий нагрев до 1200° С в течение 4 *ч* и выдержка при этой температуре 2,5 *ч*.

Операции (рис. 128, *4*): разметка мест подсечек; подсечка «полумесяцем» на глубину 400 *мм*; обжатие концов до диаметра 500 *мм*; передача концов согласно эскизу.

Четвертый нагрев до температуры 1200° С в течение 3 *ч* и выдержка при этой температуре 2 *ч*.

Операции (рис. 128, *5*): протяжка концов до диаметра 300 *мм*: отрубка поддона и двух заготовок.

Пятый нагрев до температуры 1050° С в течение 3 *ч* и выдержка при этой температуре 2,5 *ч*.

Операции (рис. 128, *6*): осадка под плитой до поковочных размеров; присадка выступа; прошивка отверстия до диаметра 150 *мм*.

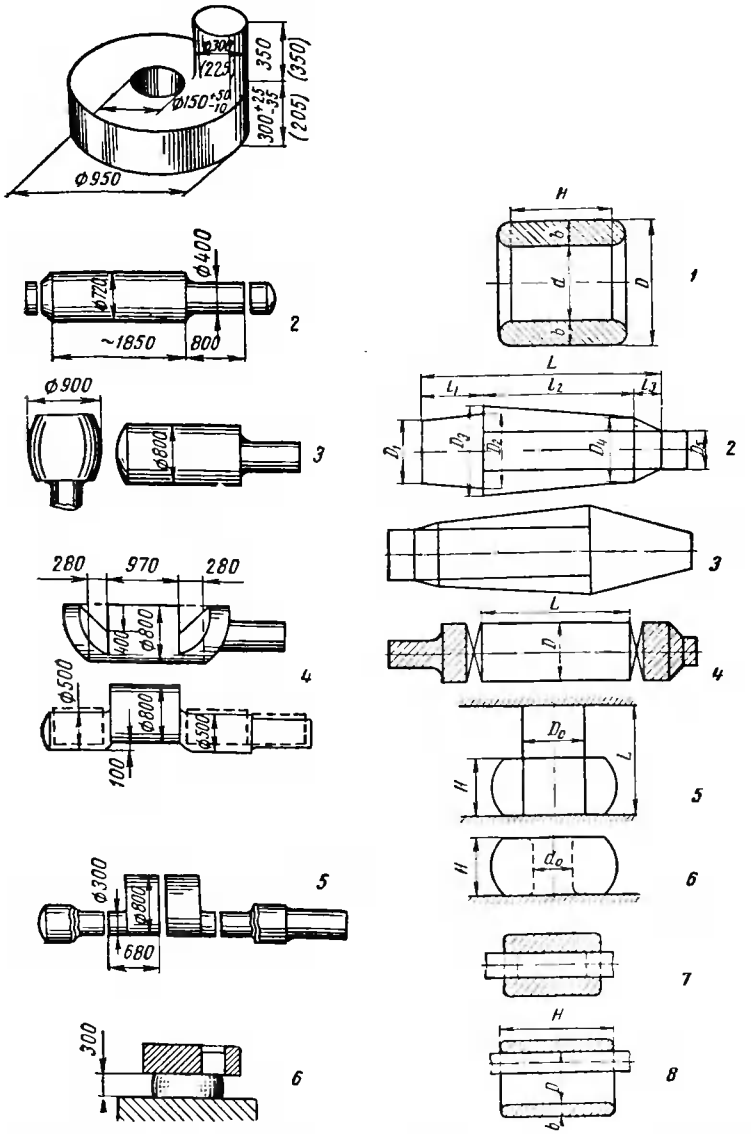


Рис. 128. Изготовление ковкой рычага гидротурбины:

1 — поковка рычага, *2* — заделка прибыли под патрон, обрубка излишка цапфы и биллетировка, *3* — осадка и протяжка, *4* — разметка мест подсечки, подсечка «полумесяцем», обжатие и передача концов, *5* — протяжка концов, отрубка донной части и двух заготовок, *6* — осадка, присадка выступа и прошивка отверстия

Рис. 129. Изготовление ковкой крупного бандажа:

1 — поковка, *2* — оттяжка цапфы под патрон, *3* — биллетировка, *4* — отрубка прибыльной и донной частей, *5* — осадка, *6* — прошивка отверстия, *7* — протяжка, *8* — раскатка

Изготовление многоступенчатого вала. В табл. 14 приведен технологический процесс изготовления ковкой многоступенчатого вала из слитка. Особенностью процесса является двойная осадка заготовки, которая применяется в ответственных случаях, когда необходимо добиться заварки внутренних пустот (если их поверхность не окислена), а также получить хорошую проковку металла для предупреждения образования флокенов и других дефектов. Перед второй осадкой применяют межоперационный отжиг с целью устранения напряжений, оставшихся от предыдущих операций ковки. Операция осадки требует максимального усилия пресса по сравнению с другими операциями, указанными в табл. 14.

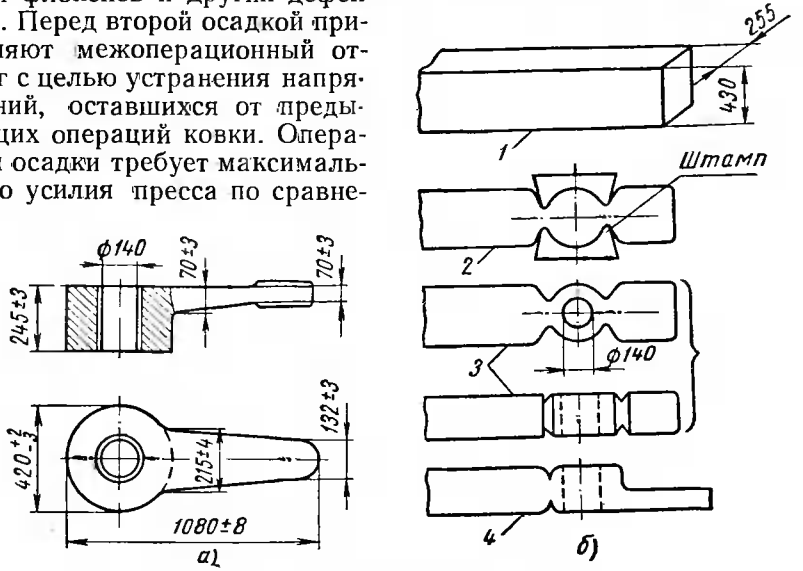


Рис. 130. Изготовление ковкой румпеля:

а — поковка, *б* — последовательность операций: *1* — протяжка, *2* — обжимка, *3* — прошивка отверстия, *4* — протяжка хвостовой части

В табл. 15 показан технологический процесс изготовления ковкой одноступенчатого вала из блюмсовой заготовки сечением 320×320 *мм*. Ковку осуществляют на паровоздушном молоте, вес падающих частей которого 3—5 *Т*.

В табл. 16 приведен пример изготовления ковкой двухступенчатого вала под прессом из слитка. Ковку ведут с однократной осадкой заготовки.

На рис. 129 показаны операции, выполняемые при изготовлении свободной ковкой поковки *1* крупного бандажа. Первая операция *2* — оттяжка цапфы под патрон. Вторая операция *3* — биллетировка слитка, легкое обжатие всех его граней. На третьей операции *4* отрубают прибыльную и донную части слитка. На четвертой операции *5* осуществляют осадку заготовки до высоты *H*. Пятая операция *6* — прошивка отверстия сплошным прошив-

Таблица 14

Примерный технологический процесс изготовления ковкой многоступенчатого вала из слитка

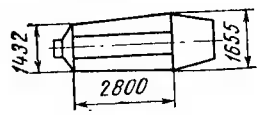
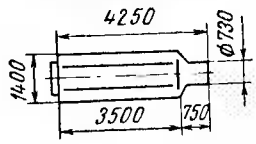
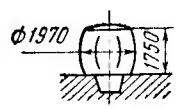
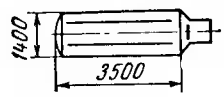
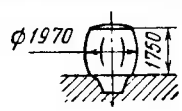
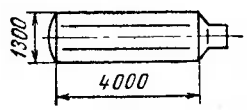
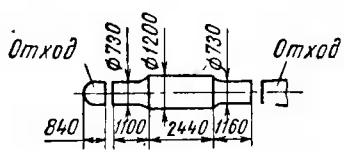
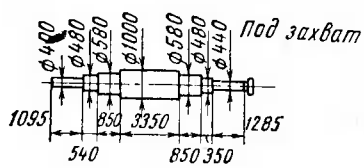
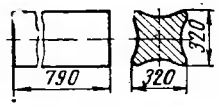
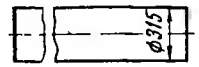
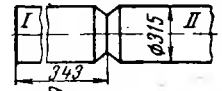
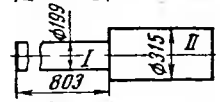
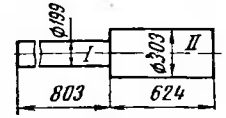
Температура ковки, °С	Приспособление	Эскизы переходов ковки	Описание технологии
1100—800	Плоские бойки	*Слиток* 	Слиток ковать на восьмигранник в размер 1 400 *мм*
		Восьмигранник 	В головной части отковать цапфу для посадки в отверстие плиты и сравнять донную часть
1170—850	Плиты для осадки — нижняя и верхняя		Осадить до диаметра 1 970 *мм* и высоты 1 750 *мм*
	Плоские бойки	*Восьмигранник* 	Обжать на квадрат, а затем на восьмигранник в размер 1 400 *мм*
1170—850	Плиты для осадки — верхняя и нижняя	*Межоперационный отжиг* 	Осадить до диаметра 1 970 *мм* и высоты 1 750 *мм*
	Плоские бойки		Обжать на квадрат, а затем на восьмигранник в размер 1 300 *мм*
	Плоские бойки		Обжать на диаметр 1 200 *мм* и шейки на диаметр 730 *мм*. Обрубить концы по заданным размерам
1150—850	Фасонные бойки		Ковать до окончательных размеров

Таблица 15

Изготовление ковкой одноступенчатого вала под молотом

Описание технологии	Эскизы переходов ковки
Исходная заготовка	
Протяжка заготовки на диаметр 315 *мм*	
Присечка металла на часть *I* по эскизу	
Протяжка части *I* до диаметра 199 *мм* и отрубка излишка	
Протяжка части *II* до диаметра 303 *мм* и отрубка излишка	

нем. Шестая операция *7* — протяжка на оправке в вырезном бойке и седьмая операция *8* — раскатка до заданных размеров.

На рис. 130 показаны переходы свободной ковки при изготовлении поковки румпеля. Из слитка весом 6 *т* изготовляют 12 поковок. Ковку осуществляют на парогидравлическом прессе. Последовательность выполнения операций (переходов) такова (рис. 130, *б*):

первая операция *1* — протяжка слитка на заготовку прямоугольного сечения 255×430 *мм*;

вторая операция *2* — обжимка головной части в специальном нижнике и верхнике с образованием перехода к хвостовику шириной 215 *мм*;

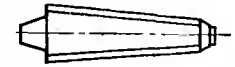
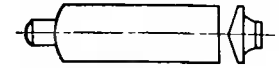
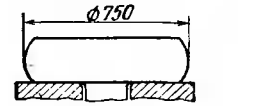
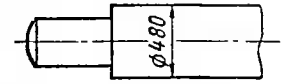
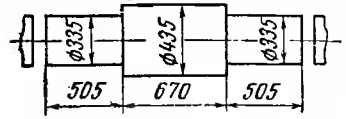
третья операция *3* — прошивка отверстия диаметром 140 *мм*;

четвертая операция *4* — протяжка хвостовой части в размер.

Чертеж готовой поковки показан на рис. 130, *а*. Окончательно поковку отделывают под паровоздушным ковочным молотом усилием 2 *Т*.

Таблица 16

Изготовление ковкой двухступенчатого вала под прессом

Описание технологии	Эскизы переходов ковки
Исходный слиток	
Ковка цапфы под патрон; биллетировка; отрубка донной части	
Осадка слитка до диаметра 750 *мм* и протяжка на диаметр 480 *мм*	
Разметка и присечка частей	
Ковка концов до окончательных размеров и отрубка излишков металла	

§ 33. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОКОВОК ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Быстрорежущая сталь (РФ-1, Р, РО), из которой ковкой изготовляют наиболее износостойкий режущий инструмент, содержит значительное количество редких и дорогих металлов (вольфрам, хром, молибден, ванадий).

В то время как обыкновенная углеродистая сталь теряет свои режущие свойства при нагревании, быстрорежущая сталь сохраняет их даже при температуре красного каления. Однако режим обработки быстрорежущих сталей резко отличается от режима обработки углеродистых.

В процессе застывания быстрорежущей стали после ее разливки в изложницы в ней образуется крупная сетка карбидов, обладающих высокой твердостью и рыхлостью.

Чтобы сделать металл высококачественным, необходимо разбить и измельчить карбидную сетку и устранить рыхлость. Это возможно сделать при помощи ковки в сочетании с отжигом.

Быстрорежущую сталь куют в температурном интервале 1180°—900° С, а нагревают в двух печах: подогревательной и нагревательной.

Быстрорежущая сталь поступает в кузницу в виде прокатных заготовок и небольших слитков.

Прокатные заготовки помещают в холодную или подогретую до 400—500° С подогревательную печь и нагревают в ней до 850—860° С. При этой температуре заготовки выдерживают от $^1/_3$ до $^1/_4$ времени их нагрева, чтобы выравнять температуру поверхности и сердцевины. После этого заготовки переносят в нагревательную печь, имеющую температуру 1050—1100° С для окончательного нагрева под ковку до температуры 1180° С. В этой печи заготовки нагреваются со скоростью 30—35 *мин* на каждые 25 *мм* поперечного размера заготовки и выдерживаются от $^1/_3$ до $^1/_4$ времени, идущего на нагрев, при температуре ковки до полного прогрева, т. е. до момента выравнивания температуры поверхности и сердцевины.

Слитковые заготовки поступают в подогревательную печь, имеющую температуру не свыше 400° С, и выдерживаются при этой температуре в течение 30—40 *мин*. Затем начинают медленный и равномерный подогрев их в этой же печи до 750—800° С в течение 3 *ч* 20 *мин* с выдержкой 1 *ч* при этой температуре. После этого слитки перегружают в нагревательную печь с температурой 1100—1150° С, выдерживают в печи без подтопки в течение 15—20 *мин*, а затем нагревают печь до температуры ковки (1150—1180° С) в течение 1 *ч* 10 *мин*. При температуре ковки слиток выдерживают в печи в течение 30 *мин*. В нагревательной печи должно находиться одновременно не более 2—3 слитков. Хорошее качество быстрорежущей стали после ее ковки определяется прокованностью стали, при которой карбидная сетка полностью разрушается в процессе ковки; это достигается при общей степени уковки (сумме степеней осадки — x и вытяжки y данной заготовки)

$$x + y = \frac{H_н}{H_к} + \frac{F_н}{F_к},$$

равной не менее 10.

При недостаточной проковке образуется так называемая карбидная ликвация. Чем резче она выражена, тем ниже качество поковки, что ведет к увеличению хрупкости изготовленного из нее инструмента и к снижению его стойкости в работе.

Чтобы обеспечить высокое качество заготовки из быстрорежущей стали, необходимо рассчитать операции ковки.

Пример расчета операций ковки. Требуется изготовить поковку диаметром 50 *мм* и длиной 440 *мм* из квадратной заготовки сечением 80×80 *мм*.

1. Объем металла заготовки с учетом 2% на угар:

$$U_{заг} = \frac{\pi d^2}{4} l \cdot 1{,}02 = \frac{3{,}14 \cdot 50^2}{4} 440 \cdot 1{,}02 = 880\,760\ мм^3.$$

2. Потребная длина исходной заготовки (a — сторона заготовки, равная 80 *мм*):

$$L_{заг} = \frac{U_{заг}}{a^2_{заг}} = \frac{880\,760}{80^2} = \frac{880\,760}{6400} = 137{,}6\ мм \approx 138\ мм.$$

Операция 1. Осадка с высоты $h_н = 138$ *мм* на высоту $h_1 = 80$ *мм*:

1) степень уковки при осадке

$$x_1 = \frac{h_н}{h_1} = \frac{138}{80} = 1{,}7;$$

2) площадь поковки после осадки

$$F_1 = \frac{880\,760}{80} = 11\,010\ мм^2.$$

Операция 2. Протяжка на диаметр 80 *мм*:

1) площадь поковки после протяжки:

$$F_2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 80^2}{4} = 5024\ мм^2;$$

2) степень уковки при протяжке

$$y_1 = \frac{F_1}{F_2} = \frac{11\,010}{5024} = 2{,}2;$$

3) общая степень уковки

$$1{,}7 + 2{,}2 = 3.9.$$

Такая степень уковки не обеспечивает высокого качества поковки, так как она меньше 10. Поэтому ковку следует продолжать, т. е. провести дополнительно осадку и протяжку.

Операция 3. Осадка на высоту $h_2 = 60$ *мм*:

1) после протяжки поковка имела длину (высоту)

$$L_1 = h_2 \frac{U_{заг}}{F_2} = \frac{880\,760}{5024} = 175\ мм;$$

2) степень уковки

$$y_2 = 175 : 60 = 2{,}9.$$

3) площадь поковки после осадки

$$F_2 = \frac{880\,760}{60} = 14\,680\ мм^2.$$

Операция 4. Протяжка на диаметр 50 *мм* и длину 440 *мм*:

1) степень уковки

$$y_2 = \frac{14\,680 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 50^2} = 7{,}5;$$

2) длина заготовки

$$L_2 = \frac{880\,760 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 50^2} = 448\ мм;$$

3) общая степень уковки:

$$1{,}7 + 2{,}2 + 2{,}9 + 7.5 = 14{,}3.$$

Такая степень уковки обеспечивает с гарантией высокое качество поковки из быстрорежущей стали, а значит, и инструмента, изготовленного из нее.

Быстрорежущую сталь лучше ковать под молотом, чем под прессом, так как ударное действие молота лучше разбивает карбидную сетку.

Для обеспечения высокого качества металла поковки большое значение имеет также правильный выбор веса падающих частей ковочного молота. Для этой цели можно пользоваться номограммой (рис. 131), по которой вес падающих частей молота определяется в зависимости от сечения заготовки.

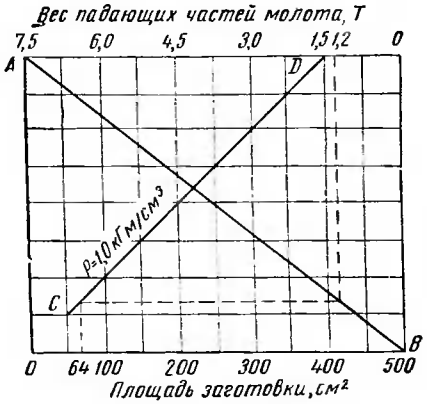


Рис. 131. Номограмма для выбора веса падающих частей ковочного молота в зависимости от сечения заготовки

Рассмотрим пример пользования номограммой для нашего случая (сечение заготовки 64 *см*²). Проводим вертикальную линию через деление 64 (соответствующее сечению заготовки) на нижней оси номограммы до пересечения ее с лучом *CD*, означающим удельную работу *P*, при котором возможна наиболее эффективная ковка, и равную одному килограмме-метру на кубический сантиметр. От точки пересечения с лучом *CD* проводим горизонталь до пересечения с линией *AB*, являющейся диагональю номограммы. Из полученной на *AB* точки проводим вертикаль до пересечения с верхней осью номограммы и получаем точку *1*, *2*, что означает вес падающих частей молота в тоннах (оптимальный для рассматриваемой поковки).

По окончании ковки поковки из быстрорежущей стали должны охлаждаться медленно, так как быстрое охлаждение может вызвать возникновение трещин. Для этой цели поковки помещают в специально утепленные колодцы, наполненные золой, где они выдерживаются до температуры 400—450° С, а затем охлаждаются на спокойном воздухе или их помещают в отдельную печь с температурой 800—850° С, где они выдерживаются 2—3 *ч*, а затем охлаждаются вместе с печью до комнатной температуры.

§ 34. КОВКА В ПОДКЛАДНЫХ ШТАМПАХ

В отличие от обычных молотовых штампов подкладные штампы, применяемые при свободной ковке, изготовляются следующим образом: вначале вытачивается из куска металла готовая поковка в точном соответствии с ее чертежом, затем обе половинки штампа нагревают до ковочной температуры и между ними помещают холодную поковку; в таком собранном виде пакет помещают под мощный молот и производят выштамповку выемок полуфигур поковки в каждой половинке штампа; штамповку заканчивают, как только верхняя половинка штампа при ударах молота начнет соприкасаться с нижней половинкой, так как это показывает, что требуемые оттиски полуформ в каждой половинке штампа достигнуты.

Подкладные штампы относительно дешевы, что позволяет применять их даже при изготовлении нескольких поковок.

На рис. 132, *а* показан одноручьевой подкладной штамп. В нижней половинке имеются укрепленные по диагонали два направляющих штыря, а в верхней соответственно — два отверстия. В боковых стенках каждой половинки штампа имеются отверстия (см. рис. 132, *а*) для установки стержней, необходимых для застропливания при подъеме их подъемным механизмом или вручную с помощью вставляемых в отверстия рычагов.

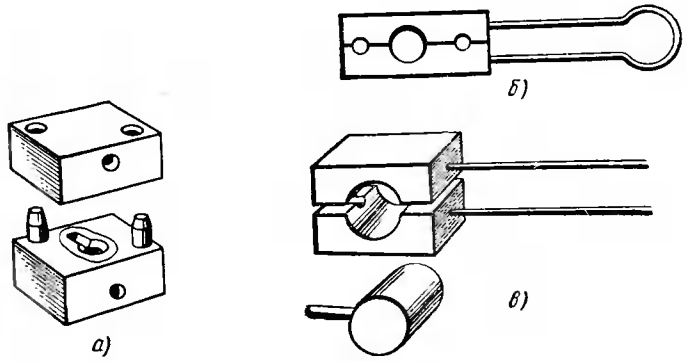


Рис. 132. Подкладные штампы:
а — одноручьевой; *б* — с тремя ручьями, *в* — для изготовления поковки, состоящей из головки и круглого хвоста

Чертеж поковки при изготовлении в подкладных штампах выполняется аналогично обычному чертежу поковки (с учетом небольших уклонов на боковых стенках). Что касается расчета потребного металла, то, наряду со значительной экономией металла, благодаря малым припускам и напускам, следует учесть дополнительный расход металла на облой, получаемый по контуру поковки. Для этого в штампе имеется выемка для облоя, расположенная (см. рис. 132, *а*) вокруг формы поковки.

В ряде случаев перед ковкой в штампах заготовке придают свободной ковкой форму, близкую к форме заданной поковки.

Перед ковкой в подкладных штампах заготовку, как правило, очищают от окалины, в противном случае окалина может оказаться заштампованной в здоровое тело поковки и при последующей механической обработке привести к так называемому браку по черноте. Одним из новых является метод комбинированной ковки-штамповки, применяемый для изготовления крупных поковок. Например, крупные шатуны изготавливаются штамповкой их головок и свободной ковкой стержней (цевья). Аналогичным

образом по частям ковкой и штамповкой изготовляют крупные коленчатые валы и другие крупные фасонные детали.

В зависимости от формы (фигуры) поковки подкладной штамп может иметь два ручья и более (рис. 132, *б*). На рис. 132, *в* показан штамп для изготовления поковок, состоящих из головки и круглого хвоста.

Все большее применение начинает находить технология кованo-сварных конструкций крупных изделий. Так, при изготовлении кованo-сварного вала для Братской ГЭС, имеющего диаметр 1800 *мм*, диаметр фланца 2450 *мм* и вес обработанного вала 43,7 *т*, была получена значительная экономия металла и труда. Вес слитка, по сравнению с цельнокованым вариантом, был уменьшен с 200 до 105 *т*, отходы металла снижены с 157 до 88 *т*, вес стружки с 69 до 42 *т*. Трудоемкость механической обработки вала благодаря уменьшению припусков снизилась с 1900 до 1500 станкочасов.

Кованo-сварные конструкции начинают применять в прессостроении, в турбостроении, в прокатном производстве, в котлостроении и т. д.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется припуском, допуском и напуском?
2. В каких случаях на поковке делается напуск?
3. Как подсчитывается вес поковки?
4. Как устанавливаются размеры заготовки?
5. Какие сведения помещаются в карте технологического процесса?

Глава IX
ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

§ 35. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

В отличие от свободной ковки при объемной штамповке под давлением происходит принудительное перераспределение металла заготовки в ручьях штампа. Течение металла ограничено стенками ручья штампа, и деформируемый металл приобретает форму, соответствующую фигуре ручья штампа.

Объемная штамповка выполняется преимущественно в горячем состоянии, однако постепенно расширяется применение также холодной объемной штамповки, в особенности в производстве мелких фасонных деталей. Горячая объемная штамповка производительнее свободной ковки.

Металл в нагретом состоянии легче поддается пластическому изменению формы, поэтому горячей штамповкой получают поковки самых разнообразных форм и достаточно больших размеров.

Схема пластического формоизменения металла в штампе показана на рис. 133, *а*. Стрелками указано направление течения частиц металла на промежуточных этапах процесса штамповки. Сочетание давящего усилия машины с реактивным давлением стенок полости штампа обеспечивает формоизменение заготовки в соответствии с фигурой ручья штампа.

Поковки, полученные методом горячей штамповки, по своим размерам и форме более приближаются к готовой детали, чем поковки, полученные свободной ковкой. В результате этого сильно снижается объем механической обработки на металлорежущих станках, а значит сокращается и количество снимаемого металла (стружки).

Если принять объем снимаемого металла (стружки) с поковки конического зубчатого колеса, изготовленного свободной ковкой, за 100%, то с такой же поковки, изготовленной штамповкой-высадкой на горизонтально-ковочной машине, в стружку пойдет только 55% при значительном сокращении при этом затрат труда.

В общей массе заготовок, обрабатываемых в машиностроении, доля штампованных поковок неуклонно возрастает. Совершенно очевидно, что степень приближения поковок к форме и

размерам готовых деталей влияет на рентабельность предприятия.

Горячая объемная штамповка осуществляется в открытых (см. рис. 133, *а*) и закрытых (рис. 133, *б*) штампах. При штамповке в открытых штампах отход в заусенец доходит до 20% от веса заготовки. Штамповка в закрытых штампах — безоблойный процесс, т. е. при этом отсутствует отход в заусенец (облой). Кроме этого, при безоблойной штамповке отпадает операция обрезки заусенца, а следовательно, необходимость в изготовлении

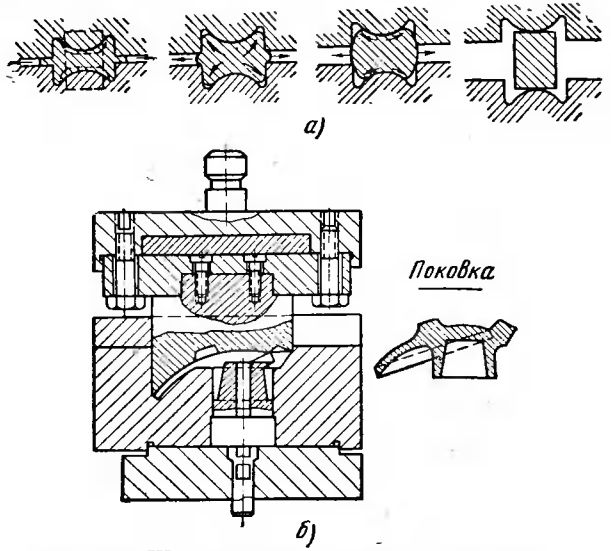


Рис. 133. Штампы для объемной штамповки:
а — открытый (показано пластическое формоизменение металла в штампе), *б* — закрытый

обрезных штампов и установки обрезных прессов. Безоблойная штамповка позволяет сократить потребную мощность штамповочного оборудования примерно на 40% по сравнению со штамповкой в открытых штампах.

Горячая штамповка осуществляется в одноручьевых и многоручьевых штампах. При штамповке в одноручьевых штампах заготовка во многих случаях предварительно отковывается (фасонируется) свободной ковкой, прокаткой или вальцовкой. При штамповке в многоручьевых штампах эти предварительные операции осуществляются в заготовительных ручьях штампа.

Штамповка в одноручьевых штампах чаще применяется в серийном производстве, а штамповка в многоручьевых штампах — в крупносерийном и массовом производствах.

С целью улучшения механических характеристик штампы подвергают закалке (нагревание до температуры 800—870° С и

последующее охлаждение в масле) и отпуску (мелкие и средние штампы при температуре 400—450° С, крупные — 450—500° С).

При массовом производстве поковок горячей штамповкой эффективной является организация поточных линий с применением в них, кроме обычного, штамповочно-обрезного и печного оборудования, специальных машин и станков, а также механизации и автоматизации основных и транспортных операций.

Выбор способа штамповки определяется его технико-экономической целесообразностью, т. е. окупаемостью дополнительных средств за счет снижения себестоимости поковок. Выбор способа штамповки определяется типом конструкции детали, масштабом производства и реальными возможностями предприятия.

Важнейшим средством повышения точности изготовляемых поковок является применение быстроходных механических прессов как для непосредственной операции штамповки, так и для отделочных операций, заменяющих механическую обработку. Применение механических горячештамповочных прессов уменьшает штамповочные уклоны и другие напуски в сравнении со штамповкой на молотах и, таким образом, снижает вес поковок, расход металла и затраты труда. Для получения поковок на кривошипных горячештамповочных прессах требуется всего лишь два-три хода пресса, а это значительно сокращает время штамповки, что вместе с уменьшением расхода металла снижает себестоимость поковки. Кроме того, улучшаются условия труда: нет шума и сотрясений, свойственных работе молота. Штамповкой можно изготовлять поковки весом от доли килограмма до нескольких тонн.

Штамповка значительно выгоднее свободной ковки, так как производительность труда во много раз выше, а потери металла в отходы меньше. Трудоемкость механической обработки штампованных поковок, как правило, значительно меньше кованых.

Насколько штамповка выгоднее свободной ковки, можно видеть на примере изготовления коленчатого вала чистым весом 17 *кг*. Отходы металла при изготовлении его свободной ковкой равны 81% от чистого веса детали, а при горячей штамповке на молоте — 31%, т. е. в 2,6 раза меньше. Небезынтересно отметить, что при изготовлении того же вала из проката обработкой на металлорежущих станках отход составляет 185% от чистого веса детали.

При замене штамповочных молотов механическими горячештамповочными прессами горячая штамповка становится еще более эффективной.

Особенно большие преимущества получаются при штамповке на ковочных автоматах. Так, изготовление роликов для подшипников штамповкой по сравнению с изготовлением их на токарных автоматах дает экономию металла до 30%, снижение стоимости обработки до 60% и увеличение производительности труда в 7—

8 раз. На многошпиндельном металлорежущем автомате производительность изготовления роликов достигает 2000—2300 шт. за смену, а на штамповочном автомате 15 000—18 000 шт. за смену.

Для штамповки можно применять все материалы (черные и цветные), обладающие достаточной пластичностью в горячем или холодном состоянии. Наибольшее значение при этом имеют различные стали. Из цветных металлов больше применяют медно-цинковые сплавы — латуни, за ними следуют другие медные сплавы. Для некоторых специальных целей обрабатывают никелевые и цинковые сплавы, реже — сплавы олова и свинца. Из легких сплавов наибольшее применение при штамповке находят алюминиевые и магниевые сплавы. Выбор материала определяется условиями работы детали, а также способом изготовления ее.

Алюминиевые и магниевые сплавы находят все большее применение особенно там, где имеет значение снижение веса деталей. Многие цветные металлы и сплавы штампуют в холодном состоянии.

§ 36. ОБОРУДОВАНИЕ И ШТАМПЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Для горячей объемной штамповки применяют следующие типы кузнечных машин:

паровоздушные штамповочные молоты с весом падающих частей от 630 до 25 000 *кГ* — для изготовления поковок разнообразной конфигурации из прокатных заготовок преимущественно в открытых штампах, с последующей обрезкой облоя в горячем состоянии;

фрикционные штамповочные молоты с весом падающих частей от 500 до 1500 *кГ* для штамповки мелких поковок из прокатных прутков, с последующими обрезкой облоя и правкой преимущественно в холодном состоянии;

бесшаботные штамповочные молоты с энергией удара от 10 000 до 100 000 $кГ \cdot м$ — для изготовления крупных фасонных поковок, предпочтительно в одноручьевых штампах;

механические горячештамповочные прессы усилием от 630 до 8000 *Т* — для штамповки поковок различной формы из прокатного материала в открытых и закрытых штампах с выталкивателями;

гидравлические прессы усилием от 2000 до 5000 *Т* — для объемной штамповки преимущественно алюминиевых сплавов;

горизонтально-ковочные машины усилием от 100 до 3150 *Т* — для горячей штамповки способом высадки из прутка в многоручьевых закрытых штампах.

Паровоздушные штамповочные молоты (рис. 134, *а*) двойного действия отличаются от ковочных большей дли-

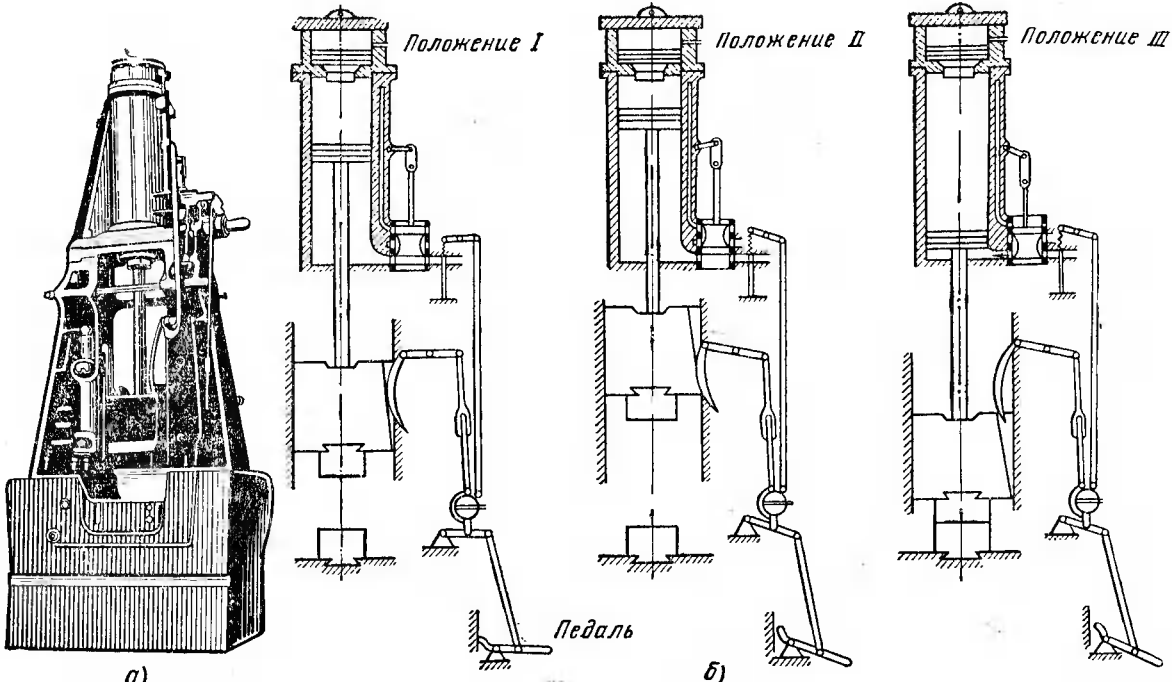


Рис. 134. Паровоздушный штамповочный молот:

а — общий вид, *б* — схема работы (положения): *I* — баба находится на половине своего хода, *II* — баба достигает максимальной высоты, *III* — баба производит удар

Таблица 17

Основные данные паровоздушных штамповочных молотов двойного действия (ГОСТ 7024—65)

Параметры	М210	М211	М212	М213	17КП	18КП
Номинальный вес падающих частей, *кГ*	630	1 000	2 000	3 150	5 000	10 000
Наибольший рабочий ход бабы, *мм*	1 000	1 200	1 200	1 250	1 300	1 400
Расстояние между направляющими в свету, *мм*	400	500	600	710	800	1 000
Размер бабы спереди назад, *мм*	380	450	670	800	950	1 180
Габаритные размеры в плане, *мм*	2000×1280	2380×1390	2960×1660	3400×1900	3700×2000	4400×2700
Высота над уровнем пола, *мм*	4 380	5 045	5 310	5 780	6 645	7 270
Вес молота без шабота, *кг*	7 500	11 000	18 000	25 000	40 700	75 500
Вес шабота, *кг*	12 600	20 370	40 000	63 000	100 000	203 800

ной направляющих параллелей, в которых ходит баба молота, большим весом шабота, креплением стоек молота непосредственно к шаботу и меньшим расстоянием между стойками. Штамповочные паровоздушные молоты имеют, как правило, управление от педали, что дает возможность вести штамповку и управлять молотом одному рабочему.

Баба молота (рис. 134, *б*) в положении *I* находится на половине своего хода. Когда она подымается выше половины хода, нижнее отверстие в цилиндре, впускающее пар, перекрывается главным золотником и подача пара прекращается.

Под действием сил инерции и упругости отсеченного (перекрытого) пара подъем бабы будет продолжаться до тех пор, пока эти силы не станут меньше силы давления отработавшего пара (действующего на поршень сверху) и веса падающих частей.

В момент, когда баба достигает максимальной высоты (положение *II*), нажимают педаль; главный золотник при этом открывает верхнее отверстие в цилиндре, пар поступает в него и давлением на поршень начинает двигать бабу вниз, усиливая ускорение, получаемое бабой под действием силы собственного веса. Этот момент (положение *III*) соответствует удару молота.

При падении бабы главный золотник перемещается вниз; при этом открывается нижнее отверстие для впуска пара, а верхнее — для выпуска. В табл. 17 приведены основные данные паровоздушных штамповочных молотов двойного действия.

Фрикционные штамповочные молоты с доской (рис. 135). У фрикционных молотов с доской к бабе, движущейся в направляющих, прикреплена вертикальная доска *1*. Она помещается между двумя металлическими роликами *2* и *3*, вращающимися в разные стороны и приводимыми в действие электродвигателем, расположенным в головке (наверху) молота. Когда ролики прижимаются к доске, в силу трения между ними и бабой, последняя поднимается. После разжимания роликов доска с бабой начинает падать, но задерживается тормозными самозаклинивающимися колодками *13*. Кузнец, нажимая на педаль *12*, разжимает колодки, и баба с прикрепленной к ней верхней частью штампа падает, осуществляя при этом штамповку заготовок. К. п. д. фрикционных молотов с электроприводом больше, чем у паровоздушных молотов. Недостатками этих молотов являются относительно малый вес падающих частей и трудность регулировки силы удара.

На рис. 135, *б* показаны три положения бабы.

Положение *I*. Ролик *2* не касается доски *1* и последняя удерживается в верхнем положении прижимными колодками *13*.

Положение *II*. При нажиме педали *12* отводится прижимная колодка, и баба падает вниз под действием собственного веса.

Положение *III*. При падении бабы вниз последняя отодвигает

палец *8* и тяга *5* роликов, покоившаяся на пальце *9*, соединенном с пальцем *8*, падает, поворачивая цапфу, в которой эксцентрично сидит ось *4* ролика *2*. При повороте цапфы ролик *2* сближается с доской и силой трения, возникающей между роликами *2* и *3* и доской, баба подымается вверх. При подъеме сидящий в бабе палец *14* ударяет об упор *6* и тяга *5*, подымаясь кверху, разводит ролики. Палец *8* возвращается в первоначальное положение пружиной *10*. При освобождении педали *12* тяга *11* опускается и

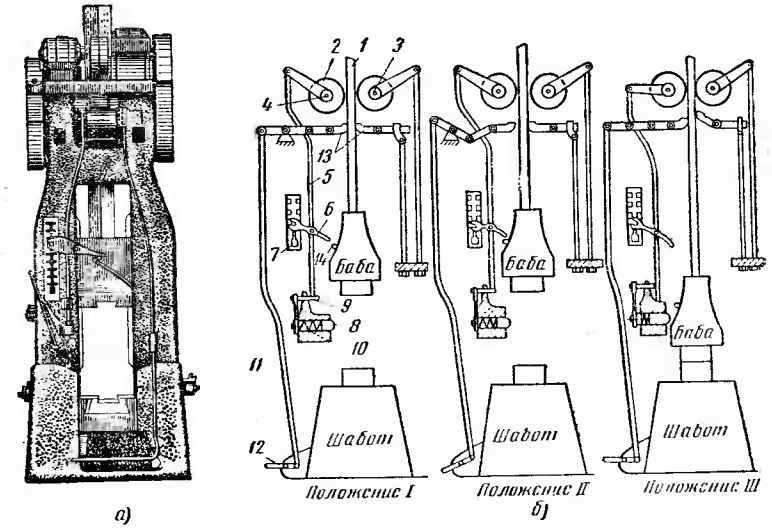


Рис. 135. Фрикционный штамповочный молот с доской:
а — общий вид, *б* — схема работы: *1* — доска, *2, 3* — ролики, *4* — ось, *5* — тяга, *6* — упор, *7* — зубчатая рейка, *8, 9* — пальцы, *10* — пружина, *11* — тяга, *12* — педаль, *13* — прижимные колодки, *14* — палец; положения: *I* — ролики не касаются доски, *II* — отвод прижимной колодки, *III* — падение бабы

колодки зажимают доску (положение *I*), а баба остается в верхнем положении. Регулировка высоты падения бабы осуществляется перестановкой упора *6* на зубчатой рейке *7*.

Для горячей объемной штамповки начали применять также бесшаботные молоты (рис. 136, *а*). Они не имеют шабота и поэтому их фундамент почти в два раза меньше фундамента эквивалентного по мощности шаботного молота.

Бесшаботный молот имеет две соударяющиеся бабы, примерно равные по весу и движущиеся навстречу друг другу.

Связь между верхней и нижней бабами осуществляется с помощью двух стальных лент *1* (рис. 136, *б*). В качестве энергоносителя применяется пар или сжатый воздух. Для осуществления рабочего хода пар (сжатый воздух) впускается в цилиндр *3* молота сверху, давит на поршень и верхняя баба по направляющим

опускается вниз и тем самым посредством лент *1* и блоков *2* поднимает навстречу нижнюю бабу. Благодаря незначительному наклону лент встречный удар происходит в середине общего хода баб. При подъеме поршня отработавший пар (воздух) выпускается в нижнее отверстие цилиндра в выхлопной трубопровод.

Наряду с вертикальными применяют также горизонтальные бесшаботные молоты с подачей заготовок в подвешенном (на конвейере) положении.

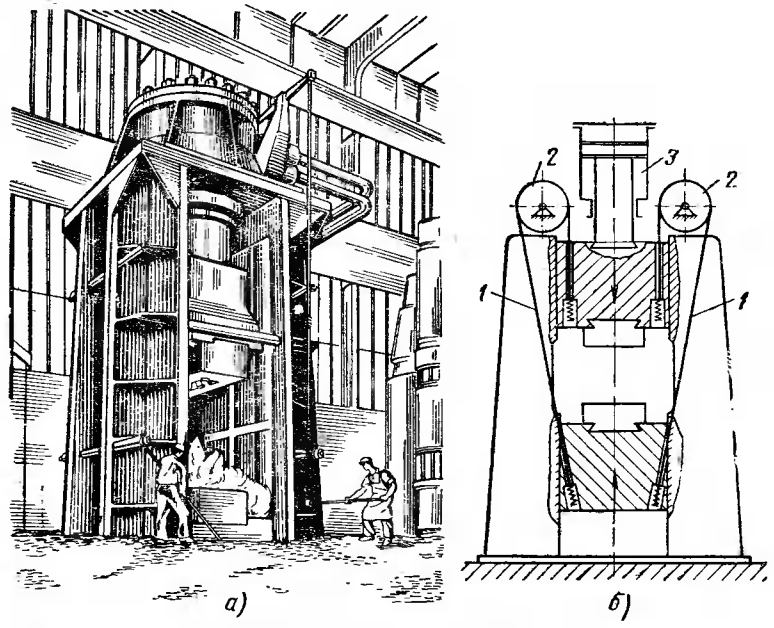


Рис. 136. Бесшаботный молот:
а — общий вид, *б* — схема работы; *1* — ленты, *2* — блок, *3* — цилиндр

В конструкциях вертикальных бесшаботных молотов две бабы — верхняя и нижняя, примерно равные по весу, двигаются навстречу друг другу в вертикально расположенных направляющих станины. Внешнее усилие, развиваемое паровоздушным цилиндром, прикладывается к верхней бабе, а на нижнюю усилие передается специальным механизмом, связывающим верхнюю и нижнюю бабы, — механизмом связи. Этот механизм связи обеспечивает синхронность движения обеих баб: длину хода и скорости. Бесшаботные молоты применяют для изготовления различных поковок весом от 5 до 300 *кг*.

Бесшаботные молоты по сравнению с шаботными молотами имеют ряд преимуществ: относительно полное превращение энергии удара в работу по формоизменению заготовки; отсутствие

сотрясения грунта и небольшие размеры фундамента; высокая стойкость штока и бабы и др.

Штампы. Штампы для горячей штамповки изготовляются методом резания на станках, а также методом штамповки.

Механическая обработка штампов резанием состоит в строгании верхней поверхности штампа, боковых плоскостей, образующих контрольный угол, и поверхностей хвостовика.

В штампах, предназначенных для изготовления поковок круглой формы, вначале сверлят глухое отверстие на глубину ручья, а затем растачивают форму ручья. В штампах, предназначенных для изготовления поковок удлиненной формы, фрезеруют вначале полукруглую полость на глубину, соответствующую наименьшему сечению ручья, а затем остальные полости до получения заданных размеров ручья.

Экономичным методом изготовления штампов является штамповка, так как при этом штампуются только вставки с ручьями, а корпус штампа используется один для нескольких однотипных поковок. Это дает большую экономию штамповой стали.

В СССР разработан новый метод изготовления штампов — электроискровой. В основе его лежит воздействие электрических разрядов на металл.

Штампы для горячей штамповки работают в очень тяжелых условиях. Поэтому штамповая сталь должна обладать высокими механическими свойствами: прочностью, ударной вязкостью, твердостью, и сохранять эти свойства при повышенной температуре в работе. Кроме того, сталь для таких штампов должна иметь высокую износостойкость и хорошо обрабатываться режущим инструментом при изготовлении в них штамповочных ручьев.

В процессе работы штампы смазывают и очищают от окалины и грязи. Для лучшего сохранения штампы в процессе работы охлаждают подсоленной водой. При испарении она охлаждает поверхность штампа, а остающаяся в ручьях штампа пленка соли способствует лучшему удалению поковки из ручьев. Штампы охлаждают после окончания штамповки каждой поковки.

Молотовые штампы. Штампы для молотов состоят из двух частей (половинок) — верхней и нижней. Каждая половинка имеет внизу выступ типа «ласточкин хвост» — хвостовик для крепления на молоте. Хвостовики обеих половинок прилегают опорной плоскостью ко всей поверхности гнезда соответственно в бабе и штамподержателе. Хвостовики верхней половинки штампа в гнезде бабы и нижней половинки в гнезде штамподержателя крепятся при помощи шпонок (сухарей) и клиньев.

Перед установкой штампа на молот сначала забивают шпонки в шпоночные пазы, расположенные на боковой стороне хвостовика. После этого штамп устанавливают на молот таким образом, чтобы широкие концы шпонок входили в соответствующие

шпоночные гнезда бабы и штамподержателя. Затем с левой стороны установленных половинок штампа забивают клинья.

Штамп должен опираться на хвостовик. Для этого у заплечиков должен быть зазор от 0,5 до 1,5 *мм* (рис. 137, *а*). Если штамп будет опираться на заплечики (рис. 137, *б*), то при штамповке в нем могут возникнуть трещины. Во избежание этого перед установкой штампа проверяют степень износа опорных плоскостей штамподержателя и бабы молота и при необходимости ремонтируют их до установки штампа.

Штамп устанавливают и настраивают так, чтобы соприкасающиеся рабочие плоскости обеих половинок совпадали точно, без зазоров. В соприкасающихся плоскостях обеих половинок штампа — зеркале штампа — располагаются ручьи, представ-

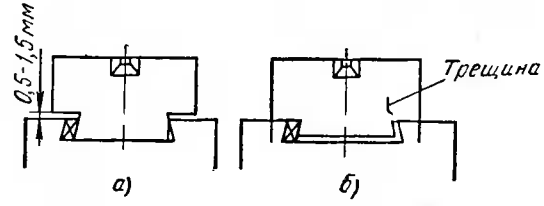


Рис. 137. Схема опоры штампа:
а — правильно, *б* — неправильно

ляющие собой фигурные полости, которые по формам и размерам соответствуют форме и размерам получаемой поковки. Вокруг фигуры ручья располагается заусенечная канавка, которая в процессе штамповки заполняется избыточным металлом. Этим создается пояс сопротивления вокруг штампуемой поковки, так как образующийся заусенец в процессе штамповки по мере остывания оказывает все большее препятствие течению металла из ручья и способствует полному заполнению металлом всей полости.

Молотовые штампы перед их установкой на молот обязательно нагревают до температуры 200—250° С во избежание получения трещин от ударов в начале работы молота.

Штампы для кривошипных ковочно-штамповочных прессов. Так как заполнение полости штампа при штамповке на прессе осуществляется большей частью за один ход (а не несколькими ходами — ударами, как на молоте), то и степень одновременной деформации металла в этом случае выше, чем на молоте. Поэтому для полного заполнения чистового ручья и получения высококачественной поковки в прессовом штампе имеется предварительный ручей. В отличие от молотовых штампов плоскости обеих половинок прессового штампа при работе не соприкасаются друг с другом, а имеют зазор, равный толщине заусенца.

Так как штамповка на прессах осуществляется без ударов, то штампы для них большей частью делаются составными в виде пакета и нескольких ручьевых вставок. Вставки устанавливают в пакет, укрепляют их и выравнивают с помощью плит, прокладок, упорных планок. После этого устанавливают на пресс сначала нижний пакет, а потом верхний.

Стойкость прессовых штампов значительно выше молотовых, а ремонт их проще и дешевле, так как он большей частью сводится лишь к замене изношенных частей.

Штампы для горизонтально-ковочных машин имеют две взаимно перпендикулярные плоскости разъема и состоят из трех частей: двух полуматриц — левой подвижной, укрепляемой в боковом ползуне, правой неподвижной, укрепляемой в правой щеке машины, и одного или нескольких пуансонов, укрепляемых в пуансонодержателе главного ползуна. В полуматрицах имеется несколько ручьев, числу которых соответствует количество пуансонов.

Сначала закрепляют пуансоны в пуансонодержателе, который устанавливают и закрепляют в главном ползуне. Затем устанавливают на место правую неподвижную полуматрицу, а за ней устанавливают левую подвижную полуматрицу в блок поперечного ползуна.

§ 37. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ШТАМПОВКИ НА МОЛОТАХ

Формы поковок, изготовляемых штамповкой на молотах, могут быть разнообразны (симметричные и асимметричные тела, с постоянным и переменным сечением, с прямолинейной или изогнутой осью, с отростками и др.).

Технологический процесс изготовления поковок горячей штамповкой на молотах включает следующие операции: отрезка заготовки, нагрев, штамповка, обрезка заусенца, термообработка, очистка от окалины и в отдельных случаях калибровка (чеканка).

Для разработки технологического процесса штамповки необходимо иметь чертеж детали, технические условия и заданный объем производства. Вначале разрабатывается чертеж поковки по чертежу готовой детали, с учетом особенностей намечаемого технологического процесса.

При разработке чертежа поковки выполняются следующие требования:

устанавливается направление расположения волокон металла так, чтобы оно совпадало в поковке с направлением наибольших рабочих напряжений в детали;

выбирается плоскость разъема, которая должна удовлетворять требованиям: обеспечение легкого удаления готовой поковки из полостей штампа в направлении, перпендикулярном плоскости разъема; расположение труднозаполняемых частей формы поковки в верхней половинке штампа (ручей которой обычно заполняется легче); установление разъема в такой плоскости, при которой полость штампа имеет меньшую глубину и бо́льшую ширину (заполнение ручья металлом происходит легче); установление разъема так, чтобы поверхность его рассекла вертикальные стенки штампуемой поковки; установление по плоскости разъема одинаковых контуров поковки в обеих половинках штампа;

устанавливаются допуски, напуски, штамповочные уклоны, радиусы закруглений и размеры наметок под прошивку.

Поковка должна иметь размеры, соответствующие ее холодному состоянию. Для изготовления штампов чертеж поковки выполняется с увеличением линейных размеров холодной поковки на 1,5%.

Припуски, допуски и кузнечные напуски на детали, изготовляемые горячей объемной штамповкой, устанавливаются по ГОСТ 7505—55 (см. приложение).

Приближенно средний кузнечный припуск на механическую обработку на одну сторону поковки, изготовляемой штамповкой на молоте, можно определить по формуле

$$C = 0{,}4 + 0{,}015h + 0{,}0015l.$$

где C — средний припуск, *мм*;
h — высота поковки, *мм*;
l — размер поковки в плоскости разъема штампа (длина или диаметр), *мм*.

Допуски на изготовление штампованных поковок приближенно можно установить по следующим формулам:

вертикальные допуски B (в направлении удара), *мм*:

плюсовые $B = (0{,}7 \div 1)\ C$ и минусовые $B = (0{,}4 \div 0{,}6)\ C$;

горизонтальные допуски Γ (в плоскости разъема штампа), *мм*:

$$\Gamma = +(0{,}6 \div 0{,}9)C \quad \text{и} \quad \Gamma = -(0{,}5 \div 0{,}8)C,$$

где C — величина припуска, *мм*.

ГОСТ 7505—55 распространяется на все детали весом до 200 *кг*. В зависимости от предъявляемых требований к обработанным деталям предусматриваются четыре группы точности изготовления штампованных поковок:

первая группа — высокой точности;

вторая группа — повышенной точности;

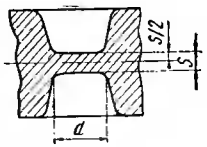
третья группа — обычной точности;

четвертая группа — предусматривает поковки, подвергаемые плоскостной чеканке для получения на отдельных участках более точных размеров, чем это предусмотрено первыми тремя группами точности.

Допуски установлены по толщине, длине и ширине штампованных поковок в зависимости от веса, размеров и группы точности изготовления штампованных поковок.

В поковках, изготовляемых для деталей с отверстиями, вместо сквозных отверстий выштамповывают встречные выемки-наметки. Остающуюся между наметками перемычку удаляют прошивкой.

При штамповке без предварительного ручья при диаметре d на вершине наметки до 80 *мм* и при штамповке с предварительным ручьем при диаметре d до 50 *мм* толщину S перемычки (напуска) можно с достаточной точностью определить по данным, приведенным ниже.



Диаметр d на вершине наметки, *мм*	20	25	35	40	50	60	70	80
Толщина S перемычки напуска, *мм*	4	4	4	5	5	6	7	8

При штамповке без предварительного ручья при диаметре d на вершине наметки более 80 *мм*

$$S = 1{,}5h_з,$$

а при штамповке с предварительным ручьем при диаметре d на вершине наметки более 55 *мм*

$$S = h_з,$$

где $h_з$ — толщина заусенца на мостике, *мм*.

Для обеспечения возможности свободного удаления поковки из ручья после штамповки, а также для облегчения работы ручья поковке придают штамповочные уклоны, являющиеся кузнечными напусками.

При изготовлении поковок на молотах штамповочные уклоны должны применяться на всех поверхностях деталей, располагающихся параллельно движению бабы молота.

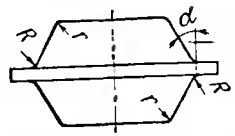
Штамповочные уклоны при штамповке на молотах должны быть не более 7° — внешние и 10° — внутренние.

Ориентировочные минимально допустимые радиусы закруглений наружных и внутренних кромок поковок в зависимости от глубины и ширины выемки приведены в табл. 18.

Определение размеров исходной заготовки. Поковки на штамповочных молотах изготовляют главным образом из мерных заготовок, нарезанных из сортового или специального проката (профильного, периодического).

Таблица 18

Радиусы закруглений у штамповочных поковок, *мм*



h — глубина (высота) поковки на участке уклона,
b — ширина поковки на том же участке.

$\frac{h}{b}$	Радиусы	
	наружный R	внутренний r
До 2	0,05+5	2,5+0,5
Свыше 2 до 4	0,06+5	3,0+0,5
Свыше 4	0,07+5	3,5+0,5

Для установления размеров исходной заготовки под штамповку следует:

определить объем $U_{заг}$ заготовки, который складывается из объемов элементарных геометрических фигур, составляющих поковку, и объемов отходов металла на заусенец, угар, а иногда на клещевину и перемычки;

определить площадь поперечного сечения исходной заготовки по следующим формулам:

без применения заготовительных ручьев $F_{заг} = (1{,}02 \div 1{,}05) F_{ср}$;

с применением пережима или формовки $F_{заг} = (1{,}05 \div 1{,}3) F_{ср}$;

с применением подкатного ручья $F_{заг} = (1{,}05 \div 1{,}2) F_{ср}$;

с применением протяжного ручья $F_{заг} = \frac{U_г}{L_г}$,

где $F_{ср}$ — площадь сечения средней расчетной заготовки, *мм*;

$U_г$ — объем головки расчетной заготовки, *мм*;

$L_г$ — длина головки расчетной заготовки, *мм*.

После этого определяют длину заготовки по формуле

$$L_{заг} = \frac{U_{заг}}{F_{заг}}.$$

Размеры заусенца зависят от сложности и размеров поковок. Толщина заусенца $h_з$ на мостике заусенечной канавки штампа определяется по следующим формулам:

для квадратной в плане поковки со стороной A

$$h_з = 0{,}015A,$$

для круглой в плане поковки диаметром D

$$h_з = 0{,}015D.$$

Заусенец, являющийся непроизводительным расходом металла, имеет и свои положительные стороны. При штамповке в открытых штампах он создает по периметру всей поковки значительное сопротивление течению металла в направлении плоскости разъема штампа, чем обеспечивается хорошее заполнение металлом всего ручья штампа. Кроме того, заусенец способствует смягчению ударов половинок штампов и, таким образом, предохраняет их от смятия и поломок.

Определение норм расхода металла при горячей штамповке на молотах. Весовая норма расхода металла $G_м$ определяется суммой весов заготовки $G_{заг}$ и отходов $G_{отх}$, получаемых при резке прутков исходного металла на мерные заготовки, т. е.

$$G_м = G_{заг} + G_{отх}.$$

Вес заготовки $G_{заг}$ определяется суммой весов поковки $G_{пок}$ и потерь на заусенец $G_{заус}$, угар $G_{уг}$, клещевину $G_{кл}$ и высечку $G_{выс}$, т. е.

$$G_{заг} = G_{пок} + G_{заус} + G_{уг} + G_{кл} + G_{выс}.$$

Вес металла на заусенец находят по номограммам (рис. 138) в зависимости от веса поковки, периметра среза заусенца и группы сложности поковки.

Номограммы построены для трех групп сложности. Номограмма, показанная на рис. 138, *а* — для поковок весом от 0,5 до 3,5 *кг*, другая номограмма (рис. 138, *б*) — для поковок весом от 3,5 до 35 *кг*. Весовые значения заусенца, определяемые по номограммам, допускают отклонения в плюс и минус для поковок: первой группы сложности 25%, второй — 17% и третьей — 13%.

Пример расчета веса заусенца. Исходные данные: вес поковки 1,34 *кг*; периметр среза заусенца 584 *мм*; группа сложности — вторая.

На оси абсцисс номограммы (рис. 138, *а*) из точки *А* соответствующей периметру среза заусенца 584 *мм*, проводим вертикальную линию до пересечения в точке *Б* с прямой *II б*, соответствующей данному весу и группе сложности поковки.

Из точки *Б* проводим влево линию, параллельную горизонтальной оси, до пересечения с осью ординат, на которой в точке *В* находим вес заусенца, равный 0,39 *кг*. Учитывая допускаемое отклонение в 17% для второй группы сложности, максимальный вес заусенца будет составлять 0,456 *кг*.

Аналогично указанному способу определяют вес заусенца по номограмме, показанной на рис. 138, *б*. Для случая, показанного на номограмме (штриховые линии *АБ*, *БВ*), для поковки весом 31,4 *кг* с периметром среза заусенца 2972 *мм* и третьей группы

сложности вес заусенца составляет 10,3 *кг* или максимальный вес с учетом допустимого отклонения ±13% будет 11,6 *кг*.

Вес металла на угар берется от веса однократно нагреваемой заготовки в следующих размерах (%): в нефтяных и газовых пламенных печах до 3, в электронагревателях до 1.

Отходы металла на клещевину определяют следующим расчетом:

для поковок весом свыше 2 *кг* и длиной не менее 150 *мм*: при весе заготовки до 20 *кг* вес клещевого конца определяется по получаемому объему как произведение площади исходной заготовки на 0,5—0,8 ее диаметра или стороны квадрата; при весе заготовки свыше 20 *кг* как произведение площади исходной заготовки на ее диаметр или сторону квадрата;

для поковок весом от 0,5 до 2 *кг* клещевина применяется в редких случаях, когда нельзя из заготовки получить две поковки с поворотом.

При весе поковок до 0,5 *кг* и длине менее 150 *мм* при штамповке в торец и при штамповке без заготовительных ручьев клещевина не применяется.

Расчет отходов по некратности при резке исчисляется по методу, указанному в § 31.

Ручьи штампов, применяемые при многоручьевой штамповке, подразделяются на заготовительные, служащие для предварительного распределения объемов металла по длине заготовки, а также штамповочные — черновые и чистовые, предназначенные для придания поковке соответствующих предварительных и окончательных форм и размеров.

В заготовительных ручьях, к которым относятся пережимной, подкатной, протяжной, формовочный, гибочный и площадки для осадки и расплющивания, металл в большинстве случаев перемещается вдоль длинной оси заготовки, т. е. в продольном направлении, а в черновых и чистовых ручьях металл перемещается главным образом в поперечном направлении.

Пережимной ручей (рис. 139, *а*) служит главным образом для местного расплющивания (уширения) заготовки.

Ширина B пережимного ручья принимается (*мм*):

$$B = \frac{F_{заг}}{h_{наим}} + 1{,}5,$$

где $h_{наим}$ — наименьшая высота ручья, *мм*.

Подкатной ручей (рис. 139, *б*) применяется в тех случаях, когда длина заготовки (исходной или предварительно протянутой в протяжном ручье, или методом свободной ковки) равна длине поковки. Таким образом, подкатной ручей применяется для поковок, имеющих по длине относительно значительные утолщения (головки). При подкатке происходит увеличение попереч-

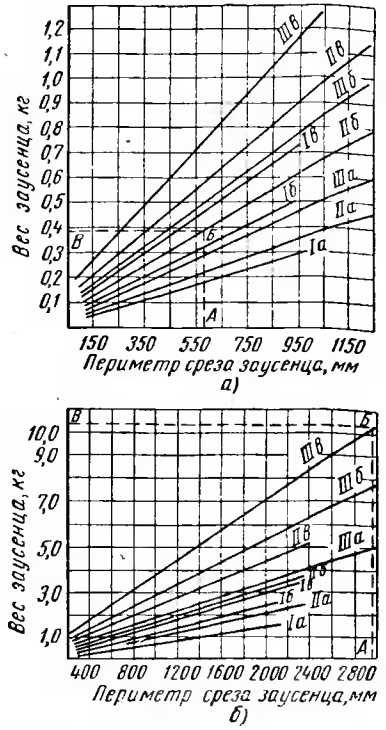


Рис. 138. Номограммы для определения веса заусенца у поковок весом:

а — от 0,5 до 3,5 *кг*, *б* — от 3,5 до 35 *кг*; группы сложности поковок: *а* — первая, *б* — вторая, *в* — третья: *I*, *II*, *III* — весовые категории поковок

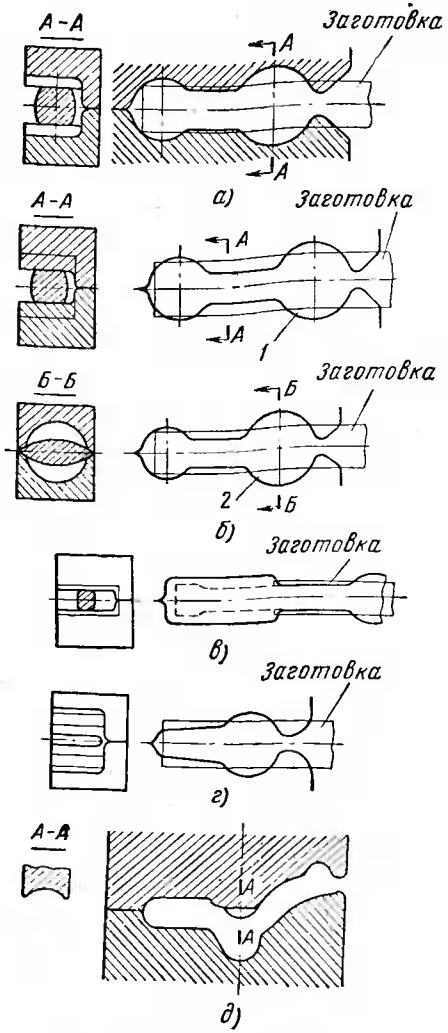


Рис. 139. Ручьи штампов:

а — пережимной, *б* — подкатной: *1* — открытый, *2* — закрытый; *в* — протяжной, *г* — формовочный; *д* — гибочный

ного сечения в одних местах заготовки за счет уменьшения поперечного сечения в других.

Подкатные ручьи бывают открытые *1* и закрытые *2*. В закрытых ручьях подкатка происходит более интенсивно, чем в открытых.

Ширина B подкатного ручья принимается (*мм*):

при подкатке без предварительной протяжки заготовки:

в открытом ручье $B_{1о}=\frac{F_{заг}}{h_{наим}}+10$,

в закрытом ручье $B_{1з}=\frac{F_{заг}}{h_{наим}}$;

при подкатке с предварительной протяжкой:

в открытом ручье $B_{2о}=\frac{F_{заг}}{h_к}+10$,

в закрытом ручье $B_{2з}=1{,}15\ \frac{F_{заг}}{h_к}$,

где 1 и 2 — индексы, соответствующие подкатке без предварительной протяжки и с предварительной протяжкой;

о и з — индексы, указывающие на подкатку соответственно в открытом и закрытом ручьях;

$h_к$ — высота подкатного ручья в месте перехода стержня в головку.

В протяжном ручье (рис. 139, *в*) осуществляется местное увеличение длины заготовки за счет уменьшения ее поперечного сечения в тех случаях, когда длина исходной заготовки меньше длины поковки; при этом длина заготовки после протяжки должна быть равна длине поковки.

Раствор a протяжного ручья для последующей подкатки заготовки (*мм*)

$$a=(0{,}8\div 0{,}9)\,a_п,$$

где $a_п$ — сторона квадрата в протянутой части заготовки.

Длина C протяжного порога (*мм*)

$$C=1{,}5A_{заг},$$

где $A_{заг}$ — сторона квадрата или диаметр исходной заготовки, *мм*.

Ширина B протяжного ручья (*мм*)

$$B=(1{,}25-1{,}5)\,A_{заг}+20\ мм.$$

В формовочном ручье (рис. 139, *г*) заготовке придается форма поковки в плоскости разъема и частично производится набор металла.

Ширина B формовочного ручья (*мм*)

$$B=\frac{F_{заг}}{h_{наим}}+C_1,$$

где C_1 — свободный член, равный для заготовок круглого сечения 10—15 *мм* и для квадратного сечения 15—20 *мм*;

$F_{заг}$ — площадь поперечного сечения исходной заготовки, *мм*^{2};

$h_{наим}$ — наименьшая высота ручья, *мм*.

В гибочном ручье (рис. 139, *д*) заготовка изгибается в соответствии с формой поковки в плане.

Ширина B гибочного ручья при гибке заготовки, не подвергшейся обработке в других заготовительных ручьях (*мм*):

$$B=\frac{F_{заг}}{h_{наим}}+C,$$

где C — свободный член, равный 10—15 *мм* для заготовки круглого сечения и 20—30 *мм* для заготовки квадратного сечения.

Ширина гибочного ручья при гибке заготовки, подвергшейся предварительной обработке в других заготовительных ручьях (*мм*):

$$B=\frac{f_{заг}}{h_{наим}}+C,$$

где $f_{заг}$ — площадь сечения заготовки на участке наименьшего раствора гибочного ручья, *мм*^{2}.

Глубина желоба гибочного ручья (*мм*)

$$h_ж=(0{,}1\div 0{,}2)h,$$

где h — величина раствора в соответствующем месте ручья, *мм*.

Площадки для осаживания и расплющивания служат соответственно для осадки заготовки в торец или для расплющивания ее по всей длине.

Штамповочные ручьи подразделяются на: предварительный, или черновой, служащий для разгрузки окончательного ручья, а также для уменьшения отхода на заусенец, и окончательный, или чистовой, в котором поковка получает окончательные форму и размеры.

Для отделения готовых поковок при штамповке из прутка, отрубки клещевины и разделения нескольких поковок, отштампованных совместно из одной заготовки, служит отрубной ручей.

Примеры штамповки на молотах. На рис. 140, *а* показаны переходы при изготовлении поковки-крестовины в одноручьевом штампе с осадочной площадкой. Поковку получают штамповкой из заготовки *1* за два

перехода: первый — осадка в торец и второй — штамповка в окончательном ручье. Одновременные обрезка заусенца и прошивка отверстия осуществляются на обрезном эксцентриковом прессе в холодном состоянии.

На рис. 140, *б* показана поковка, полученная на молоте в трехручьевом штампе с отрубным ножом. В штампе одновременно получается две поковки. После нагрева прутковой заготовки (на шесть — восемь поковок) производится подкатка сразу двух деталей в первом двухфигурном ручье, затем предварительная штамповка также двух деталей во втором черновом ручье и, наконец, окончательная штамповка в третьем — чистовом ручье. Отрубка

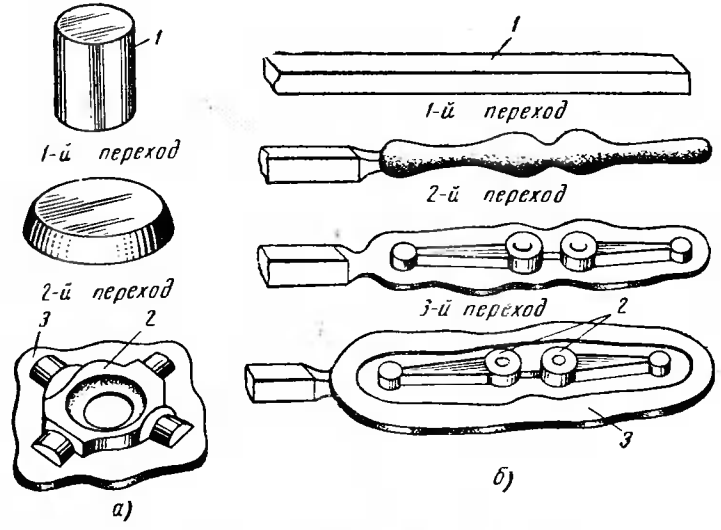


Рис. 140. Штамповка в штампах:
а — одноручьевом, *б* — двухручьевом; *1* — заготовка, *2* — поковка, *3* — заусенец

от прутка осуществляется на ноже штампа, а обрезка заусенца в холодном состоянии — на эксцентриковом прессе в обрезном штампе.

Процесс изготовления штамповкой автомобильного шатуна приведен на рис. 141, *а*. Заготовку, отрезанную на две поковки, после нагрева штампуют поочередно с каждого конца в четырехручьевом штампе на молоте с весом падающих частей 1*Т*.

В первом ручье штампа осуществляется протяжка середины (*2*), во втором — набор металла для головок (*3*), в третьем — предварительная штамповка (*4*) и в четвертом — окончательная штамповка (*5*).

После этого, заготовку поворачивают на 180° и с того же нагрева штампуют второй ее конец — изготовляют вторую поковку (*5*).

Затем производится горячая обрезка заусенца поочередно у каждой поковки на механическом прессе.

Четырехручьевой ковочный штамп и обрезной штамп показаны соответственно на рис. 141, *б* и *в*.

Примеры штамповки на прессе. Одновременная штамповка двух шатунов из одной заготовки на кривошипном горячештамповочном прессе усилием 2000 *Т* (Московский завод малолитражных автомобилей) показана на рис. 142. Техно-

логический процесс его изготовления осуществляется по переходам: пережим, предварительная и окончательная штамповка, обрезка заусенца и прошивка отверстий.

Штамповка шатуна на прессе с применением ковочных вальцов (Луганский завод им. 20-летия Октября) показана на рис. 143. Процесс штамповки состоит из обжатия заготовки на ковочных вальцах усилием 40 *Т* в три перехода, штамповки на прессе усилием 1600 *Т* в предварительном и штамповочном ручьях и обрезки заусенца на обрезном прессе.

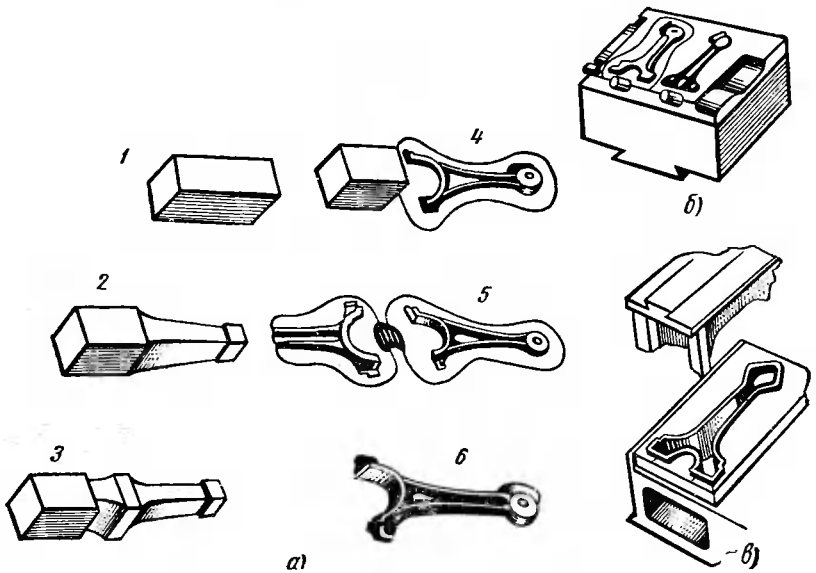


Рис. 141. Изготовление штамповкой автомобильного шатуна:
а — процесс штамповки: *1* — заготовка; переходы: *2* — протяжка середины, *3* — набор металла для головок, *4* — предварительная штамповка, *5* — окончательная штамповка, *6* — шатун после обрезки заусенца; *б* — четырехручьевой ковочный штамп, *в* — обрезной штамп

После обжатия на вальцах заготовка приобретает форму, близкую к окончательной, что дает большую экономию металла за счет уменьшения заусенца.

Производительность штамповки шатунов с применением ковочных вальцов в три раза выше, чем при штамповке на молоте, а расположение волокон металла в стержне шатуна получается наиболее благоприятным, что повышает механические свойства изделия.

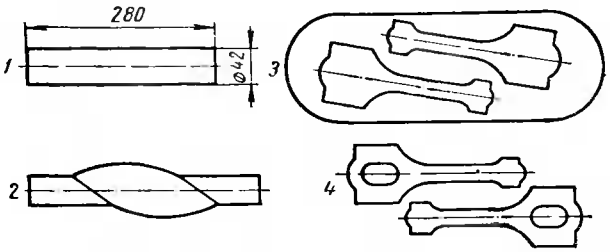


Рис. 142. Одновременная штамповка двух шатунов из одной заготовки на горячештамповочном прессе:
1 — заготовка; переходы: *2* — пережим, *3* — штамповка (предварительная и окончательная), *4* — обрезка заусенца и прошивка отверстий

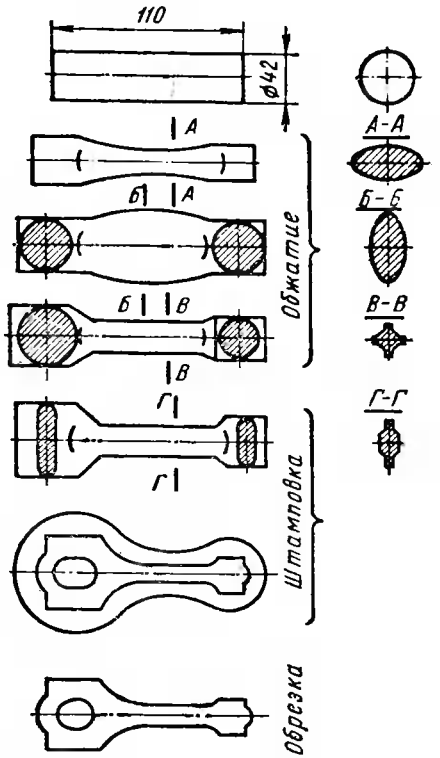


Рис. 143. Штамповка шатуна на прессе с применением ковочных вальцов

§ 38. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ШТАМПОВКИ НА ПРЕССАХ

Для горячей объемной штамповки все больше применяют механические горячештамповочные прессы (рис. 144).

Техническая характеристика этих прессов приведена в табл. 19.

Штамповка на механических горячештамповочных прессах

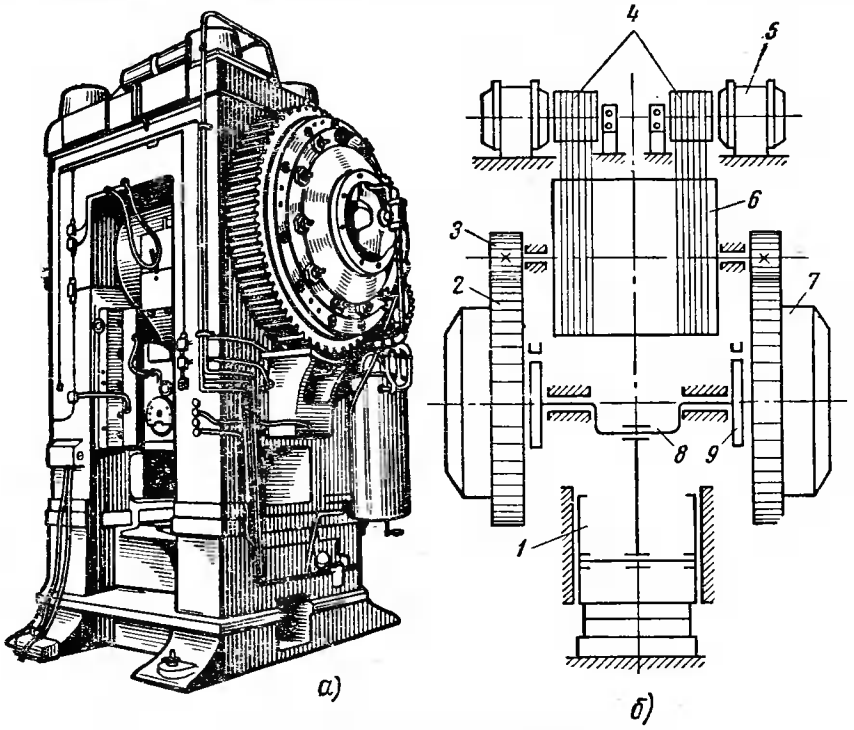


Рис. 144. Механический горячештамповочный пресс:
а — общий вид; *б* — кинематическая схема: *1* — ползун, *2* — большое зубчатое колесо, *3* — малое зубчатое колесо, *4* — шкивы, *5* — электродвигатель, *6* — шкив-маховик, *7* — фрикционная муфта, *8* — главный вал, *9* — тормоз

по сравнению со штамповкой на молотах имеет следующие основные преимущества:

повышение точности поковки (снижение припусков и отклонений);

лучшее использование металла в кузнечных цехах;

рост производительности при изготовлении поковок в кузнечных цехах и обработке их в механических цехах;

снижение себестоимости поковки и детали за счет уменьшения расхода металла и штамповой стали и роста производительности труда;

Таблица 19

Основные параметры и размеры кривошипных горячештамповочных прессов

Параметры и размеры пресса	Номинальное усилие пресса, *Т*									
	630	1000	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
Ход ползуна, *мм*	200	250	300	320	350	370	400	430	460	500
Число ходов в минуту ползуна, не менее	90	80	75	65	60	55	50	45	40	35
Размеры стола, *мм*:										
ширина	640	770	940	1060	1200	1360	1570	1720	1900	2100
длина	820	990	1200	1300	1400	1500	1620	1780	1950	2150
Размеры ползуна, *мм*:										
ширина	600	720	860	960	1070	1230	1420	1540	1680	1880
длина	600	720	910	1010	1120	1230	1420	1540	1680	1880
Вес пресса, не более, *т*	35	55	115	150	190	—	—	—	—	—

улучшение условий труда;

высокий коэффициент полезного действия прессов.

Требования, предъявляемые к форме штампуемых на прессах поковок, и порядок разработки чертежа поковки такие же, как и для штамповки на молотах.

Выбор ручьев (переходов) при штамповке на механических прессах зависит от вида поковок.

Для поковок круглых или квадратных в плане, штампуемых в торец, применяются:

предварительная осадка и окончательная штамповка, если поковка не имеет вертикальных отростков;

осадка, выдавливание и окончательная штамповка, если поковка имеет вертикальные отростки.

Для поковок с удлиненной осью:

предварительная и окончательная штамповка, если разница в размерах площади поперечных сечений поковки вдоль главной оси незначительная;

пережим (или формовка), предварительная и окончатель-

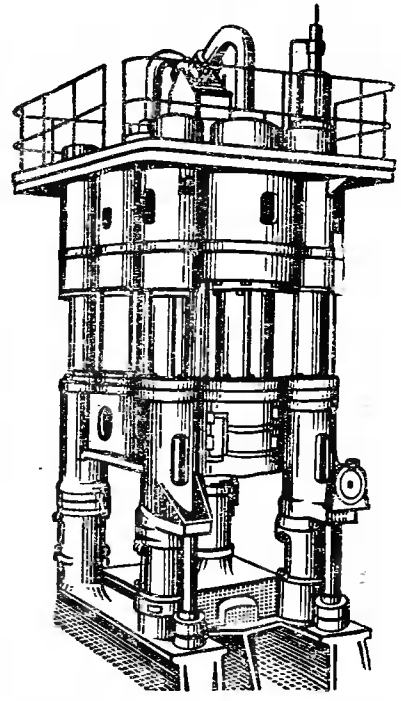


Рис. 145. Гидравлический пресс для объемной штамповки

ная штамповка, если разница в размерах площади поперечных сечений поковки значительная.

Гидравлический пресс для объемной штамповки показан на рис. 145, а основные данные приведены в табл. 20.

Гидравлический пресс для объемной штамповки представляет собой вертикальную четырехколонную конструкцию с выдвижным столом и выталкивателем. Пресс имеет три рабочих цилиндра. Посредством включения двух боковых, среднего или всех трех цилиндров получают три ступени усилия.

Таблица 20

Основные данные гидравлических прессов для объемной штамповки

Параметры	Прессы			
	П270	П272	П273	П273А
Номинальное усилие пресса, *Т*	2 000	3 200	5 000	5 000
Наибольший ход траверсы, *мм*	800	1 000	1 250	1 250
Размеры стола, *мм*:				
длина	1 600	2 000	2 500	2 500
ширина	1 200	1 600	2 000	2 000
Ход стола, *мм*	2 000	2 250	2 800	2 800
Величина рабочего хода траверсы, *мм*	120	150	180	600
Расстояние между верхней плитой и столом, *мм*	2 000	2 200	2 500	2 500
Число рабочих ходов в час	130	120	90	15—20
Габаритные размеры пресса, *мм*:				
длина	10 100	11 390	16 950	17 460
ширина	4 800	5 500	10 285	11 440
высота	8 500	11 125	12 730	11 730
Вес пресса, около, *т*	220	300	500	500

§ 39. ШТАМПОВКА НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ

Горячая штамповка-высадка на горизонтально-ковочных машинах (рис. 146, *а*) является распространенным и одним из наиболее производительных и экономичных способов изготовления разнообразных поковок в разъемных (закрытых) матрицах.

Штамповке-высадке подвергают прутковую заготовку-штангу, а также штучные заготовки. Последние применяют преимущественно для поковок, имеющих стержни с головками на конце.

Штамповка-высадка позволяет получить в ряде случаев поковки таких форм, которые не могут быть получены при штамповке на других кузнечных машинах.

Высадка на горизонтально-ковочных машинах может осуществляться за один или несколько переходов с одного нагрева.

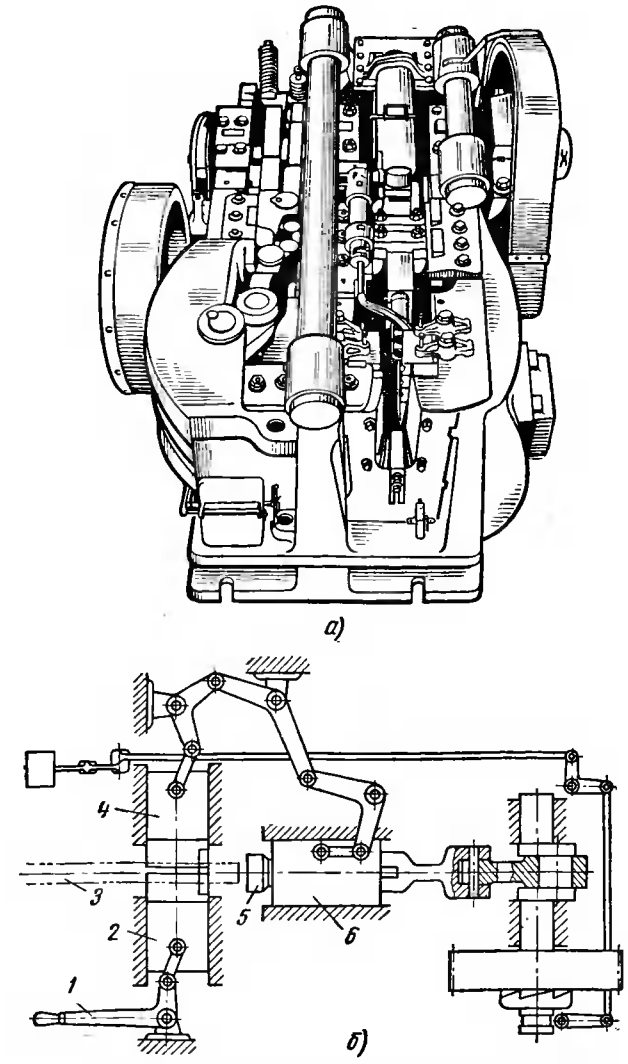


Рис. 146. Горизонтально-ковочная машина:
а — общий вид, *б* — схема устройства: *1* — педаль, *2* — неподвижная матрица, *3* — пруток, *4* — подвижная матрица, *5* — высадочный пуансон, *6* — ползун

Основными преимуществами штамповки на горизонтально-ковочных машинах являются:

возможность изготовления поковок сложной конфигурации (например, пустотелых);

экономия металла благодаря отсутствию наружных штампо-

вочных уклонов и применению незначительных уклонов внутренних полостей поковок, отсутствию или уменьшению напусков в полостях и отверстиях, а также меньшим припускам на механическую обработку;

высокое качество поковок благодаря возможности получения наиболее благоприятной макроструктуры;

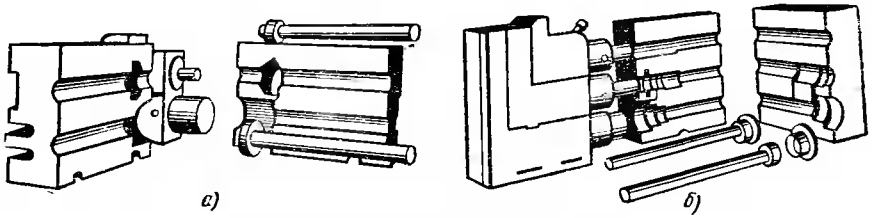


Рис. 147. Штампы для высадки:
а — двухручьевой, *б* — трехручьевой

высокая производительность штамповки-высадки и механической обработки высаженных поковок;

лучшие условия работы по сравнению с работой на молотах;

относительно большие возможности для автоматизации процессов штамповки.

Горизонтально-ковочные машины находят широкое применение в кузнечно-штамповочных цехах массового и крупносерийного производств.

Принцип действия горизонтально-ковочной машины следующий. Подаваемый в машину пруток *3* (рис. 146, *б*) металла зажимается между неподвижной *2* и подвижной *4* матрицами, в которых образована полость, соответствующая конфигурации высаживаемого утолщения. Зажатая матрицами заготовка помещается свободно торчащим концом внутри этой полости. Движением главного ползуна *6* машины с высадочным пуансоном *5* (входящим в полость матриц) производится осаживание конца заготовки в полости матриц до полного ее заполнения. При обратном ходе ползуна матрицы размыкаются и поковка освобождается.

Штампы горизонтально-ковочных машин состоят из набора различных ручьев, соответствующего установленному технологическому процессу. К основным ручьям относятся: наборный, формовочный, прошивной, пережимной, просечной, обрезной и отрезной.

Наборный ручей предназначен для превращения высаживаемого конца заготовки в короткий, но большего диаметра. Количество наборных ручьев зависит от отношения длины конца высаживаемого исходной заготовки к ее диаметру.

Формовочный ручей служит для получения окончательных размеров и формы поковки.

Прошивной ручей применяют для образования у поковок глухих или сквозных отверстий.

Пережимной ручей служит для уменьшения поперечного сечения заготовки в каком-либо месте.

Просечной ручей служит для просечки донной части поковки и получения сквозного отверстия.

Обрезной ручей применяют для обрезки тонкого заусенца.

Отрезной ручей служит для отделения готовой поковки от прутка.

На рис. 147 приведены двух- (рис. 147, *а*) и трехручьевые (рис. 147, *б*) штампы для высадки.

Основные правила высадки. Число переходов высадки определяется в соответствии со следующими правилами работы на горизонтально-ковочных машинах:

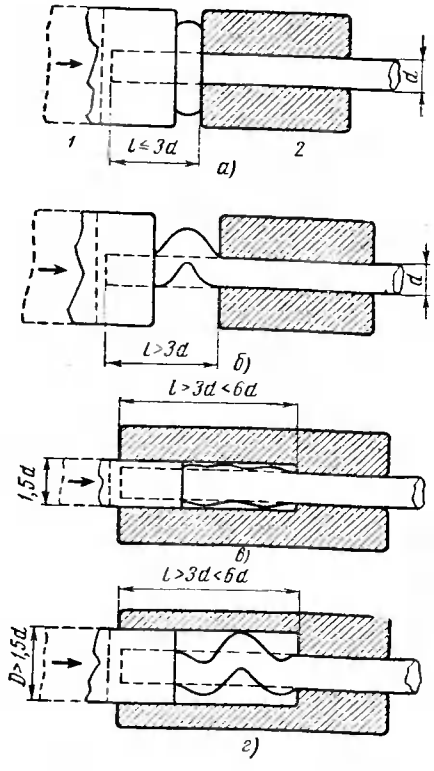


Рис. 148. Основные правила высадки за один ход горизонтально-ковочной машины:
а — при $l \leqslant 3d$, *б* — при $l > 3d$, *в* — при $3d < l < 6d$, *г* — при $3d < l < 6d$ ($D > 1.5d$)

высадка за один ход машины может быть осуществлена без искривления заготовки, смещения металла в сторону и без зажимов только в том случае, если длина l высаживаемой (незажатой) ее части не превышает трех диаметров d исходного прутка (рис. 148, *а*). Если длина высаживаемого конца больше трех диаметров исходного прутка, то при осадке получится изгиб около середины высаживаемой части заготовки и высадка получится кособокая или пруток согнется (рис. 148, *б*);

при длине высаживаемой части заготовки l больше трех диаметров высадку можно осуществить за один ход только при условии, если диаметр D полости пуансона или матрицы не превышает 1,5 d, т. е. $D \leqslant 1{,}5\,d$ (рис. 148, *в* и *г*).

При высадке поковок с глубоким отверстием или полостью поперечное сечение заготовки должно соответствовать поперечному сечению готовой поковки, проходящему через полость, с

увеличением его на величину, учитывающую потери металла на угар и отход в заусенец, если последний образуется.

При высадке поковок с глубоким отверстием необходимо соблюдать следующие правила:

длина свободной (незажатой) части заготовки не должна превышать трех ее диаметров;

прошивку глубоких отверстий делать не сразу, а с предварительной наметкой углублений во избежание изгиба прутка;

толщина вырубаемой части в перемычке не должна превышать диаметра прошиваемого отверстия.

Для приближенного расчета потребного усилия машины можно пользоваться следующей формулой:

$$P = 4F\sigma \text{ кГ},$$

где P — усилие в конце хода ползуна пресса, *кГ*;

F — площадь проекции поверхности, непосредственно подвергающейся высадке в конце хода, *мм*^{2};

σ — временное сопротивление разрыву материала при температуре конца высадки, *кГ/мм*^{2}.

§ 40. ХОЛОДНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

Холодная объемная штамповка является одним из наиболее прогрессивных методов обработки металлов давлением с помощью штампов. Холодной объемной штамповке подвергают заготовки из катаных, тянутых и прессованных прутков (полос) стали и цветных металлов.

Этот вид обработки применяют для изготовления небольших и средних деталей или изделий сложной формы, с высоким качеством поверхностей и достаточной точностью размеров. Детали, полученные холодной объемной штамповкой, во многих случаях не требуют дальнейшей механической обработки, а если и требуют, то незначительной.

Холодной объемной штамповкой изготовляют детали для различных отраслей промышленности: машиностроительной, электротехнической, радиотехнической и приборостроительной, а также медицинские инструменты и предметы широкого потребления.

Холодной объемной штамповкой обрабатывают черные металлы (углеродистые и легированные стали различных марок) и цветные металлы и их сплавы (латуни, бронзы, алюминиевые и магниевые сплавы и др.).

По сравнению с обработкой резанием на металлорежущих станках холодная объемная штамповка обладает рядом преимуществ. Так, например, трудоемкость изготовления деталей сложной формы снижается при холодной объемной штамповке на 30—80% по сравнению с трудоемкостью обточки их непосредственно из прутка. При этом коэффициент использования металла повышается с 0,3—0,4 до 0,60—0,85, а экономия металла составляет 50—60%.

Объемная формовка применяется для изготовления деталей сложной формы и обеспечивает получение более точных деталей с более чистой поверхностью, чем объемная горячая штамповка. При этом во многих случаях отпадает необходимость в дальнейшей механической обработке резанием. Чистота поверхности соответствует 6—7-му классу.

Объемную формовку выполняют в открытых и закрытых штампах. При штамповке в открытых штампах объем исходной заготовки берется больше объема готовой детали и излишек металла вытесняется в виде заусенца, который в дальнейшем обрезается в холодном состоянии.

При штамповке в открытых штампах заготовка в любом сечении должна иметь излишек металла 10—15%.

Площадь сечения заготовки на каждом участке определяется из соотношения.

$$F_{\text{заг}} = (1{,}10 \div 1{,}15) F_{\text{дет}} \text{ мм}^2,$$

где $F_{\text{заг}}$ — сечение заготовки, *мм*^{2};

$F_{\text{дет}}$ — сечение готовой детали, *мм*^{2}.

Средние значения толщины заусенцев, *мм*, при холодной объемной штамповке следующие:

	мягкая сталь	латунь, алюминий
предварительная штамповка	0,7—1,0	0,5—0,8
окончательная штамповка	0,3—0,6	0,2—0,4

Величины припусков на сторону в деталях, получаемых холодной объемной штамповкой, следующие (*мм*):

под обработку фрезерованием или точением . . .	0,5—1,0
для снятия обезуглероженного слоя шлифованием	0,2—0,4
для полирования после термической обработки . .	до 0,05

Холодное выдавливание применяется для изготовления специальных и тонкостенных полых деталей различной формы из плоской заготовки мягкой стали и цветных металлов и сплавов. Форма и размеры заготовки изменяются благодаря обжатию ее соответствующим инструментом на вращающейся вместе с ней оправке. Объем заготовки для холодного выдавливания должен быть равен объему детали с припуском на обрезку.

На рис. 149 приведены наиболее типичные формы стальных деталей, изготавливаемых методом холодного выдавливания на прессах.

Для получения пустотелых деталей способом выдавливания

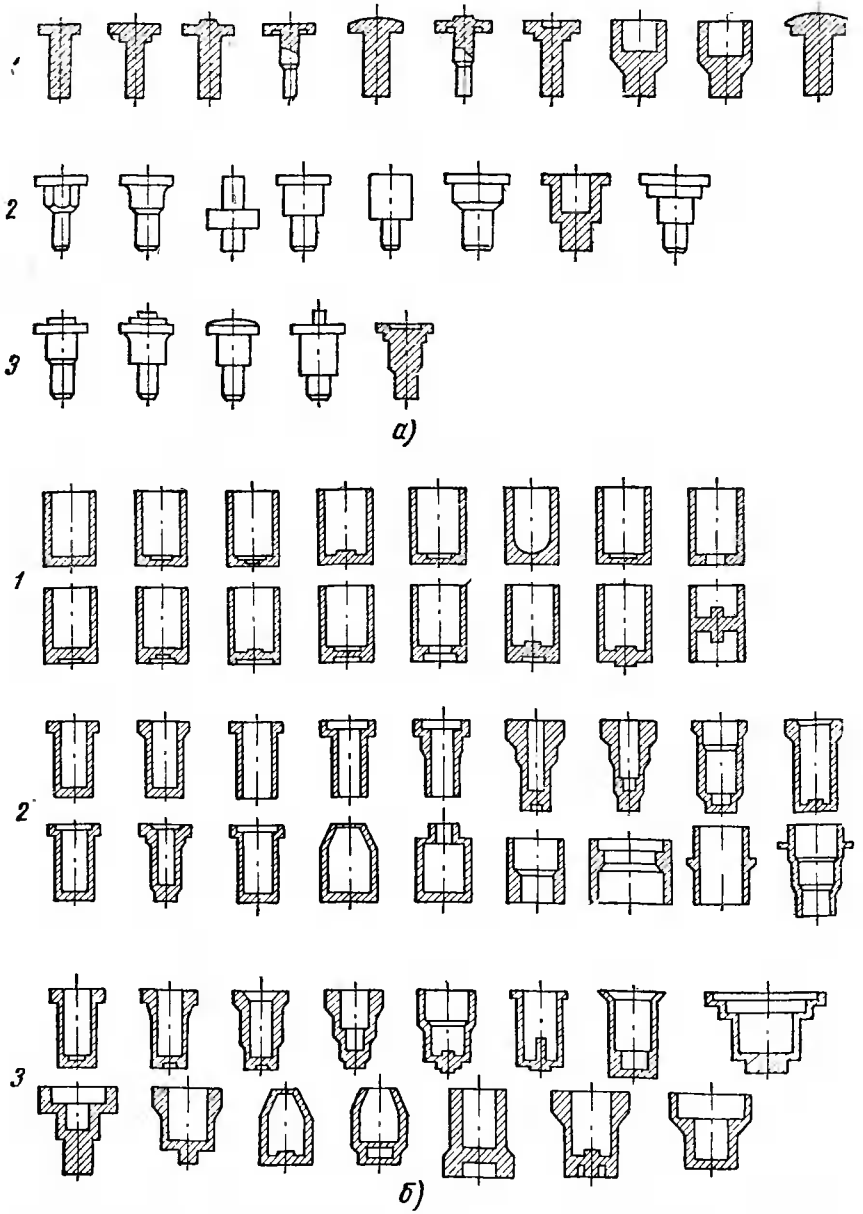


Рис. 149. Формы стальных деталей, получаемых холодной объемной штамповкой по способу выдавливания:

а — сплошные: *1* — с головками различной формы, *2* — с хвостами, *3* — комбинация форм *1* и *2*; *б* — пустотелые: *1* — со штампованным, чеканным или вырубленным дном, *2* — со ступенями по наружному диаметру с дном и без дна, *3* — комбинация форм *1* и *2*

применяются фасонные заготовки: круглые полые с толстыми стенками (полученные холодной вытяжкой, либо обратным способом выдавливания) и шайбы, отрезанные от трубчатой заготовки, или вырубленные в штампе из полосы. Чем чище поверхность исходной заготовки, тем чище получается поверхность выдавленной детали. Перед выдавливанием материал для умягчения отжигают.

При холодной объемной штамповке выдавливанием большое значение имеет смазка заготовок перед штамповкой. Смазка уменьшает трение деформируемого металла о штамп и, как следствие, снижает удельное давление прессования. Смазка улучшает поверхность отштампованной детали и предупреждает образование на ее поверхности надрывов, трещин и других дефектов и способствует увеличению стойкости штампа. Важным преимуществом холодного объемного выдавливания является получение деталей высокой точности и с достаточно высоким классом чистоты поверхности. Точность размеров стальных выдавленных пустотелых деталей следующая: при диаметре полости 12,7 *мм* допуск на толщину стенки составляет 0,051 *мм*, при диаметре 76,2 *мм* — 0,254 *мм*.

При выдавливании полых деталей из магниевых сплавов допуск на толщину дна составляет ±0,125 *мм*, а на внутренний и внешний диаметры деталей ±2 *мкм* на 1 *мм* диаметра.

Холодное выдавливание осуществляют тремя способами: прямым, обратным и комбинированным.

При прямом способе (рис. 150, *а*) металл течет через отверстие матрицы в направлении рабочего движения пуансона. Этим способом изготовляют большие по высоте (по длине) заготовки (гильзы, трубки), имеющие небольшой диаметр.

При обратном способе (рис. 150, *б*) металл течет в направлении, обратном рабочему движению пуансона. Этим способом изготовляют цилиндрические и призматические низкие пустотелые детали диаметром до 100 *мм*.

Комбинированный способ (рис. 150, *в*) представляет собой сочетание прямого и обратного выдавливания.

Наряду с выдавливанием расширяется применение холодной объемной штамповки способом высадки на холодновысадочных автоматах. Холодновысаженные детали отличаются от таких же деталей, изготовленных обточкой непосредственно из прутка, более точными размерами (с допусками 0,03—0,04 *мм*), удовлетворительной чистотой поверхности, высокими механическими свойствами, при этом производительность высадки значительно выше производительности обточки.

Холодную высадку применяют при изготовлении деталей из бунтовой проволоки диаметром до 20 *мм*. Применение бунта вместо прутковой заготовки позволяет на автоматах вести процесс непрерывно. Вхолодную высаживают детали из сталей 10, 20, 30,

40 и 50, а также легированных сталей 35Г, 35ХН, 40Х, 15ХФ и др.

Одним из типичных технологических процессов холодной высадки является высадка шестигранных гаек. Бесспорное преимущество изготовления гаек холодной высадкой по сравнению с другими способами подтверждается данными завода «Красная Этна». На изготовление шестигранной гайки размером $^3/_8''$ затрачивается времени (*мин*): при обточке на четырехшпиндельном автомате 0,08, при вырубке на гайкопро-

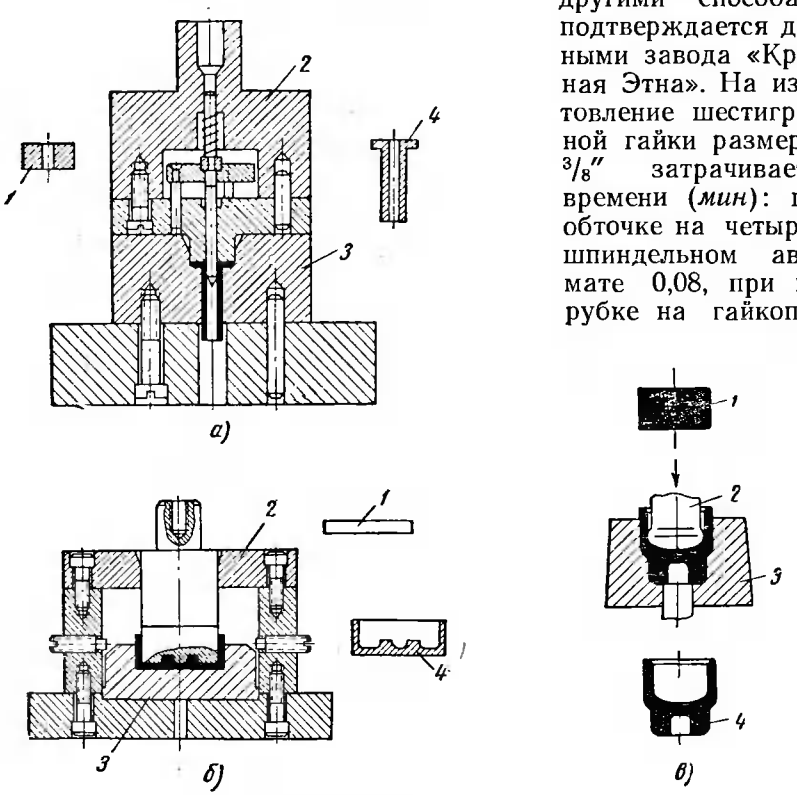


Рис. 150. Способы холодного выдавливания:
а — прямой, *б* — обратный, *в* — комбинированный: *1* — заготовка, *2* — верхний штамп, *3* — нижний штамп, *4* — отштампованная деталь

сечном прессе в штампе 0,0167, при высадке на холодновысадочном автомате 0,010.

Переходы при холодной высадке болта с шестигранной головкой показаны на рис. 151, *а*: *1* — отрезанная в ножах штампа от бунтовой проволоки штучная заготовка, *2* — заготовка после предварительного набора металла в головке, *3* — осадка до образования бочкообразной головки с фаской, *4* — черновая высадка шестигранника и *5* — точная (окончательная) высадка головки болта с двумя буртиками.

Последовательность переходов (от 1-го до 5-го) при холодной высадке шестигранной гайки показана на рис. 151, *б*.

Холодной высадкой изготовляют разного рода мелкие фасонные детали машин: масленки, колесные шпильки, серьги рессор, шарики, ролики, валики и др.

При изготовлении деталей холодной объемной формовкой в штампах происходит деформация всего объема заготовки бла-

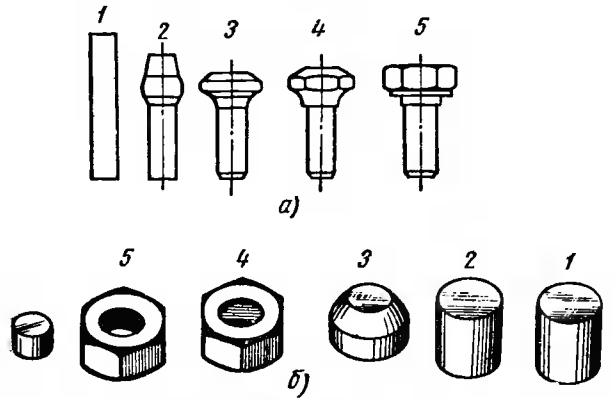


Рис. 151. Холодная высадка:
а — болта: *1* — заготовка, *2* — набор металла в головке, *3* — осадка для образования головки с фаской, *4* — черновая высадка шестигранника, *5* — окончательная высадка, *б* — шестигранной гайки: *1, 2, 3, 4, 5* — последовательность переходов

годаря одновременному протеканию операций осадки, вытяжки и выдавливания (или части их).

В холодной обработке металлов давлением особое место занимают операции чеканки и калибровки горячеотштампованных поковок, с целью доведения отклонений их размеров до минимума и получения надлежащей чистоты поверхности. Чеканкой в кузнечно-штамповочном производстве является операция доводочного холодного обжатия поверхностей поковки между чеканочными плитами с целью полного или частичного устранения необходимости последующей механической обработки поковки по этим поверхностям. Для чеканки применяют колено-рычажные чеканочные прессы усилием от 400 до 2000 *Т*.

Калибровкой в кузнечно-штамповочном производстве принято считать операцию холодного (иногда горячего) обжатия предварительно отштампованной поковки по всей ее поверхности, на всю или часть ее длины. Калибровкой достигается высокая точность всех размеров обжатой части поковки.

Комбинированная калибровка состоит из двух последовательно выполняемых операций — собственно калибровки и чеканки. Вначале поковка калибруется, а затем, после низко-

температурного отжига, проходит чеканку некоторых параллельных поверхностей. Иногда после калибровки перед чеканкой производится холодная обрезка тонкого заусенца (в случае образования его).

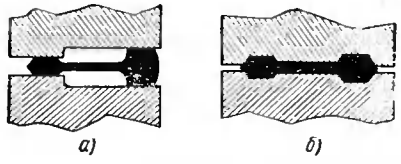


Рис. 152. Схема операций: *а* — чеканки, *б* — калибровки

На качество заготовки при калибровке влияет величина припуска. Слишком большой припуск, кроме искажения формы и размеров в плоскости, перпендикулярной обжатию, вызывает резкое увеличение усилия калибровки. Следствием этого является повышенная «отдача» — упругая деформация пресса, штампа и самой поковки, приводящая к увеличению отклонений от заданного размера в поковках после калибровки. Слишком малая величина припуска не обеспечивает необходимой чистоты калиброванной поверхности.

Для плоскостной калибровки величина припусков и допусков предусмотрена ГОСТ 7505—55.

Припуск на калибровку на сторону устанавливается в зависимости от площади калибровки с прибавлением к нему половины отрицательного допуска на размер до калибровки.

Схема операций чеканки и калибровки поковки показана на рис. 152.

Чеканкой достигается следующая точность размеров: обычная от ±0,10 до ±0,25 *мм*; повышенная от ±0,05 до ±0,15 *мм*. Таким образом, выполнение чеканки поверхностей устраняет необходимость не только черновой, но и чистовой механической обработки, с сохранением лишь шлифовки (или без нее).

Производительность чеканки и калибровки во много раз превосходит механическую обработку, кроме того, получается экономия металла, так как припуски на чеканку и калибровку меньше припусков на механическую обработку.

Чеканка и калибровка находят применение преимущественно в массовом и крупносерийном производствах, где экономически оправдывается применение относительно дорогих чеканочных прессов.

Для холодной штамповки средних и малых по размеру деталей, когда требуется относительно частая смена штампов, последние собираются на базе универсального блока. Штамп, установленный на блок, состоит из пуансона, матрицы и деталей для фиксирования заготовки и удаления готовых деталей. Использование универсальных блоков для установки сменных штампов позволяет значительно сократить расход штампового металла и снизить время на установку и наладку штампов. Перестановка сменных штампов в блоке требует всего 5—8 *мин* против 25—30, необходимых для установки штампа непосредственно на пресс. В сборном штампе наиболее нагруженные рабочие части штампа (пуансоны, матрицы) делают из высокопрочных дорогих сталей.

В процессе холодной объемной штамповки происходит истечение металла в ручьи штампа. Небольшие уклоны стенок ручьев штампа вызывают необходимость в значительных усилиях для выталкивания отштампованной детали. Для этой цели в современных прессах имеется выталкиватель.

Общий вид чеканочного коленно-рычажного пресса К8468 с минимальным усилием 800 *Т* и числом ходов в минуту ползуна 32 приведен на рис. 153. Пресс оснащен механическим выталкивателем и приводится в работу электродвигателем мощностью 28 *квт*.

Пресс для холодного выдавливания деталей из алюминиевых заготовок диаметром от 15 до 30 *мм* приведен на рис. 154. Для выталкивания готовых деталей пресс оснащен механическим выталкивателем. Номинальное усилие пресса 100 *Т*, число ходов в минуту ползуна 85. Пресс приводится в работу электродвигателем мощностью 10 *квт*.

Усилие деформирования при холодной объемной штамповке определяют по формуле

$$P = kF \ кГ,$$

где k — удельное давление, $кГ/мм^2$ (берется из табл. 21);
F — поверхность детали (включая заусенец), $мм^2$.

Таблица 21

Удельное давление штамповки для некоторых металлов

Металл	Удельное давление при штамповке в штампах, $кГ/мм^2$	
	открытых	закрытых
Алюминий	60— 80	100—120
Латунь Л68	100—160	160—200
Мягкая сталь	120—200	200—300

Усилие, необходимое для холодной чеканки, рассчитывают по формуле

$$P_x = qF \ кГ,$$

где F — площадь проекции поверхности в местах контакта поковки со штампом, $мм^2$;
q — удельное давление, $кГ/мм^2$.

Усилие, необходимое для горячего обжатия плоскостей,

$$P_г = (0{,}3 \div 0{,}5) P_x \ кГ.$$

Для чеканки применяют штамп, состоящий из верхней и ниж-

ней монтажных плит, на которых монтируются рабочие плитки. Монтажные плиты для повышения жесткости штампа крепят к ползуну с помощью «ласточкина хвоста» и клиньев.

Стойкость калибрующих штампов при нормальных условиях работы достигает 10—15 тыс. поковок в зависимости от конфигурации поковок и марки материала.

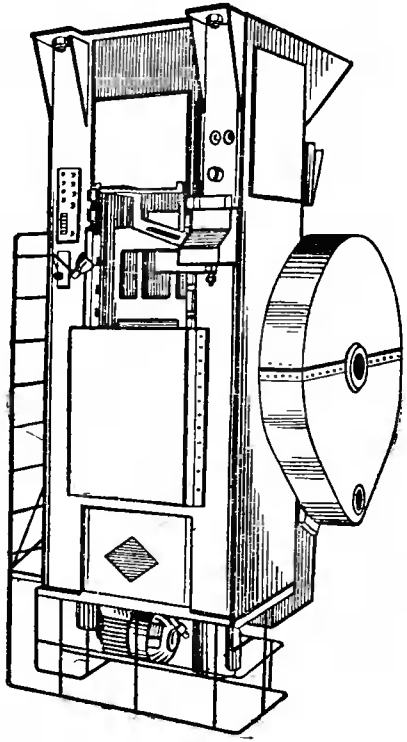


Рис. 153. Чеканочный коленно-рычажный пресс К8468

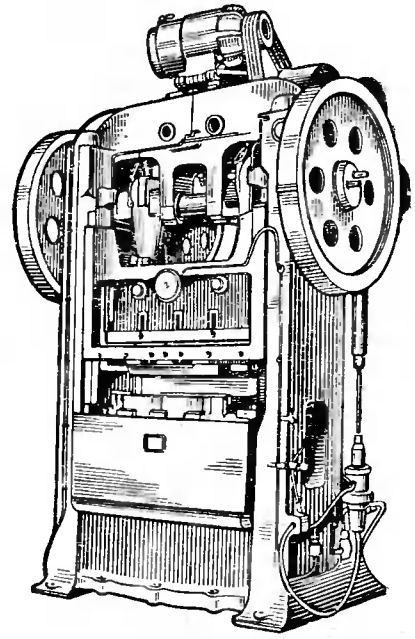


Рис. 154. Пресс для холодного выдавливания

При холодной объемной штамповке для выполнения различных операций наиболее часто применяются механические и гидравлические прессы, а также прессы специальной конструкции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличается горячая штамповка от свободной ковки?
2. В каких штампах осуществляется горячая штамповка?
3. Какое оборудование применяется при горячей штамповке?
4. Какие бывают ручьи в штампе?
5. Укажите основные правила высадки на горизонтально-ковочной машине.

Глава X
ОТДЕЛОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ, КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА ПОКОВОК

По окончании операций ковки и охлаждения поковки поступают на первичную термическую обработку, очистку от окалины, а затем проходят контроль и окончательную приемку.

§ 41. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И ОЧИСТКА ПОКОВОК

Термической обработкой называется процесс изменения структуры металла и сплава путем нагрева до определенной температуры, выдержки и последующего охлаждения с целью получения определенных механических, технологических и физических свойств и улучшения обрабатываемости резанием на станках.

Поковки подвергают нормализации, отжигу, закалке и отпуску.

При нормализации поковки нагреваются в печи до определенной температуры, устанавливаемой в зависимости от марки стали, выдерживаются при этой температуре до полного прогрева и затем выгружаются из печи и охлаждаются на воздухе до нормальной температуры. Нормализация применяется для улучшения механических свойств поковок и главным образом для повышения прочности и вязкости. В результате нормализации металл приобретает мелкозернистую структуру. Нормализации подвергаются поковки из углеродистых и низколегированных сталей.

Отжиг поковок возможен в трех вариантах: полный, неполный и низкотемпературный.

Полный отжиг состоит в нагреве поковок до 830—850° С, выдержке при этой температуре и последующем медленном охлаждении вместе с печью. Он применяется для обработки поковок из легированной стали с целью получения мелкозернистой структуры и снятия внутренних напряжений.

Изотермический отжиг осуществляют так же, как и полный отжиг, но с более быстрым охлаждением. Основное преимущество изотермического отжига состоит в том, что он позволяет сократить длительность процесса термической обработки.

Неполный отжиг заключается в нагреве поковок до 725—800° С, в кратковременной выдержке при этой температуре и медленном охлаждении вместе с печью. Неполный отжиг применяют для обработки поковок из углеродистых и инструментальных сталей, с целью улучшения обрабатываемости и снятия внутренних напряжений.

Низкотемпературный отжиг состоит в нагреве поковок до температуры, близкой к 725° С, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении в печи. Цель низкотемпературного отжига — снятие внутренних напряжений.

Закалка состоит в нагреве стали до определенной температуры в зависимости от содержания углерода, выдержке при этой температуре и затем быстром охлаждении в воде, масле или расплавленных солях. Целью закалки является получение высокой твердости, прочности и износостойкости. Качество закалки зависит от температуры и скорости нагрева, времени выдержки при этой температуре и скорости охлаждения.

После закалки сталь делается хрупкой. Для уменьшения хрупкости и снятия внутренних напряжений, возникших после закалки, применяется отпуск.

Процесс отпуска состоит в медленном нагреве закаленной стали до температуры более низкой, чем при закалке, и последующем ее охлаждении.

Различают три вида отпуска:

низкий (нагрев не выше 300° С) для инструментальных сталей с целью устранения закалочной хрупкости;

средний (нагрев от 300 до 500° С) для пружин и рессор с целью увеличения их пластичности и упругости;

высокий (нагрев от 500 до 700° С) для поковок из конструкционных сталей с целью увеличения их прочности и пластичности.

Часто температура нагрева при отпуске углеродистых сталей определяется по цветам побежалости, появляющимся на поверхности изделия во время нагрева. Цвета побежалости соответствуют приблизительно следующим температурам (°С):

Светло-желтый	220	Пурпурно-красный	275
Желтый	230	Фиолетовый	285
Темно-желтый	240	Васильково-синий	295
Коричневый	255	Светло-синий	315
Красно-коричневый	265	Серый	330

Термическая обработка поковок осуществляется в печах периодического действия (печи с выкатными подами и камерные печи с неподвижным подом). Применение прямоточных печей в единичном и мелкосерийном производствах экономически не оправдывается.

Для осуществления операций термической обработки по графику печи оборудуются соответствующими приборами для контроля и регулирования температуры.

Термические печи располагаются обычно по ходу технологического процесса, т. е. перед теми участками технологической линии, на которых осуществляются контроль и окончательная приемка поковок.

После термической обработки поковки поступают в очистное отделение (участок), где их очищают от окалины. Снятие окалины необходимо для выявления возможных поверхностных пороков поковки; облегчения последующей механической обработки и придания поковкам товарного вида.

Мелкие поковки хорошо очищаются от окалины в галтовочных барабанах. Барабаны представляют собой цилиндрические или шестигранные резервуары, устанавливаемые с наклонной осью вращения. Поковки загружаются в люк барабана, куда добавляются и некоторые абразивные вещества (песок, чугунная стружка, фарфор и др.), смачиваемые мыльным или содовым раствором. При вращении барабана (от электродвигателя) происходит обтирание поковок друг о друга, активизируемое абразивными веществами. В результате галтовки окалина сбивается с поверхностей поковок и последние приобретают блестящий серый цвет.

Для очистки от окалины более крупных поковок применяют химический способ — травление в растворе кислоты (чаще серной).

Возникающие в процессе травления газы способствуют отрыву окалины с поверхности поковок; кроме того, в результате химических реакций происходит «травление» (разъедание) окалины, при этом образуется побочный продукт, например железный купорос.

Для более активного травления кислотный раствор в травильной ванне подогревают. В результате травления хорошо выявляются наружные пороки (волосовины, трещины, следы пережога и пр.).

В настоящее время широко применяют дробеметную очистку поковок в специальных камерах. Используют также механизированную молотковую очистку (например, поковок вагонных осей), очистку металлическими щетками, скребками и другими способами. Очистка дробью — наиболее производительный способ, однако в условиях единичного и мелкосерийного производств он не оправдывается.

§ 42. КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА ПОКОВОК

После удаления окалины поковки проходят технический контроль на установление соответствия их размеров и качества требованиям, указанным в технических условиях и чертеже поковки.

Технический контроль начинается с момента приемки исходного металла на склад, продолжается на рабочем месте кузнеца и заканчивается окончательным контролем при приемке готовых поковок. Ряд дефектов поковок возникает по причине недоброкачественности исходного материала и в процессе ковки не всегда удается устранить или ослабить эти дефекты.

Если в процессе ковки обнаруживаются трещины, то их удаляют в горячем состоянии при помощи топора специальной конструкции (рис. 155). Горячая вырубка дефекта всегда оказывается экономичней, чем холодная. При глубоких трещинах рекомендуется вначале делать некоторый развал выемке, полученной при удалении трещин, чтобы в процессе дальнейшей ковки не получить их заново.

Волосовины вырубают с помощью пневматического зубила. Для борьбы с флокенами поковки из флокеночувствительных ста-

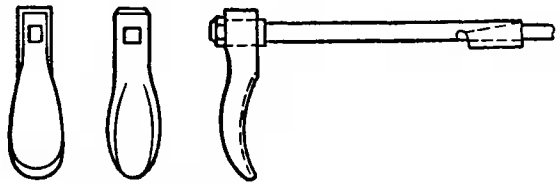


Рис. 155. Топоры для вырубания трещин в поковках

лей подвергают специальному режиму охлаждения, как это делают, например, на Невском машиностроительном заводе им. Ленина. Обеспечение необходимого качества и размеров поковок прежде всего зависит от кузнеца, изготавливающего поковку. Поэтому применение в кузнечном производстве бездефектной сдачи продукции с первого предъявления должно начинаться с установления полной ответственности кузнеца за качество, с одновременным определением его материальной заинтересованности в повышении качества.

При приемке поковок работники технического контроля производят сплошную или выборочную проверку размеров с точки зрения соответствия их размерам чертежа поковки. Поковки с размерами, выходящими за пределы допустимых по чертежу, отбраковывают как не соответствующие техническим требованиям. После дополнительной обработки и приведения размеров в соответствие с чертежом поковки предъявляются на контроль повторно. Чтобы не было такого рода возвратов на доработку, роль аппарата технического контроля должна быть направлена на профилактику, т. е. предупреждение таких явлений.

С минимально допустимыми размерами поковки принимаются только в том случае, если отсутствует на поверхности обезуглероженный слой, об отсутствии которого оговорено в технических условиях.

Поверхность поковок, предъявленных к приемке, должна быть безупречной, т. е. не иметь трещин, плен и других дефектов. Если в поковках произведена вырубка дефектов, то в местах вырубки в отдельных случаях допускается несколько меньший припуск, чем установлен нормалями.

Борьба за повышение качества продукции требует пересмотра установившейся практики «разрешений» (от кого бы они не исходили) на всякого рода допущенные отклонения от чертежей и технических требований. На передовых предприятиях широкое применение получает практика бездефектной сдачи продукции первого предъявления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется термической обработкой?
2. Каким видам термообработки подвергаются поковки?
3. Какое оборудование применяют при термической обработке?
4. Как очищают поковки от окалины?
5. Какова цель технического контроля?

Глава XI
МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ КУЗНЕЧНЫХ РАБОТ

§ 43. ЗАДАЧИ И РОЛЬ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ В КУЗНЕЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Одним из важнейших направлений технического прогресса являются механизация и автоматизация производственных процессов, призванные заменить физический труд человека работой механизмов, машин и приборов. При механизации рабочий или только управляет машиной, или еще участвует в выполнении какой-то части производственного процесса. Современные средства механизации и автоматизации дают возможность переложить на приборы и специальные электронные устройства труд даже по регулированию и управлению производственными процессами.

Подчеркивая огромную прогрессивную роль машины, В. И. Ленин указывал: «Чем выше развивается техника, тем более вытесняется ручной труд человека, заменяясь рядом все более и более сложных машин ...» *.

Механизация и автоматизация обеспечивают значительное повышение производительности труда и снижение расхода материалов, топлива и энергии на единицу продукции.

В условиях социалистического строя механизация и автоматизация имеют не только экономическое, но и прогрессивное социальное значение. С их развитием коренным образом изменяется характер труда, который становится все более осмысленным, творческим и квалифицированным, резко улучшаются условия работы, повышается культурно-технический уровень рабочих, создаются условия для постепенной ликвидации существенного различия между умственным и физическим трудом, труд рабочих все более приближается к труду инженеров и техников.

Придавая большое значение преобразованию экономики нашей страны, Коммунистическая партия Советского Союза и Советское правительство на всех этапах социалистического строительства уделяют огромное внимание развитию машиностроения.

Первоочередным делом в машиностроении является комплексная механизация и автоматизация наиболее трудоемких процессов производства, одним из которых является производство поковок. Это требует внедрения машин, механизмов, приборов на всех операциях, на всех стадиях и участках производства поковок.

Важным вкладом в дело выполнения работ по комплексной механизации процесса изготовления поковок является предусмотренный пятилетним планом выпуск в 1970 г. 50—52 тыс. кузнечно-прессовых машин, т. е. больше чем в 1,5 раза против выпуска 1965 г. Особенно возрастет выпуск гидравлических и механических прессов и горизонтально-ковочных машин, применение которых особенно важно для расширения механизации и автоматизации производства поковок.

Через кузнечные цехи проходит до 1/3 металлопроката, потребляемого машиностроением. Доля ручного труда в производстве поковок все еще очень высока. При ручном выполнении вспомогательных приемов рабочим пришлось бы неоднократно поднимать, перекладывать и транспортировать огромную массу металла в виде заготовок и поковок. Машины и механизмы позволяют освобождать рабочего от ручного выполнения вспомогательных работ.

В отличие от цехов холодной механической обработки в кузнечных цехах характер и условия работы имеют особенности. К ним следует отнести работу с тяжелыми и горячими заготовками, большое выделение тепла печами и нагретым металлом, требования ловкости и быстроты рабочих движений, в целях лучшего по времени использования тепла заготовки, и наличие оборудования ударного действия.

Все это предопределяет особо важное значение механизации в производстве поковок. По данным Уральского завода тяжелого машиностроения, в среднем 30% времени пребывания слитка (заготовки) под ковочным прессом затрачивается на вспомогательные рабочие приемы, а это означает, что почти 1/3 всего оперативного времени поковка пролеживает на бойке без деформации.

На рис. 156 показаны кривые, показывающие затраты времени на вспомогательные приемы при биллетировке и осадке слитка под прессом. Эти данные приведены для кузнечных цехов с обычным уровнем механизации, т. е. для работы с применением мостовых кранов и простейших приспособлений.

Наибольший эффект получается от внедрения комплексной механизации производственного процесса, т. е. механизации всех операций производственного процесса, начиная с разгрузки, штабелировки, резки и подачи заготовок к печам и кончая очисткой и контролем готовых поковок.

Комплексная механизация и автоматизация не только вытесняют ручной труд, поднимают производительность труда, снижают себестоимость и улучшают качество продукции, но и повышают безопасность работ, улучшают условия труда.

* В. И. Ленин. Соч., изд. 4-е, т. 1, стр. 89.

Одной из причин неблагоприятных условий труда в кузнечных цехах является тепловыделение, сопровождающееся выбиванием газов через окна и щели нагревательных печей, которое снижает работоспособность и вредно влияет на зрение рабочего. Температура на рабочем месте в кузнечных цехах поднимается до 40° С и выше, особенно в летние месяцы. Кроме того, одновременно с тепловыделением в атмосферу цеха возможно поступление угарного газа (окиси углерода).

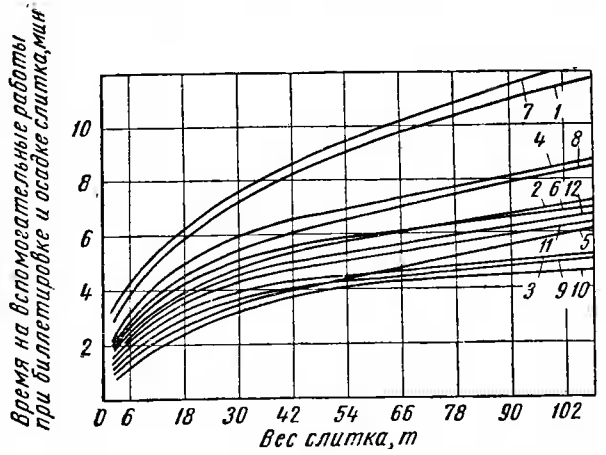


Рис. 156. Кривые затраты времени на вспомогательные приемы при биллетировке и осадке слитка под прессом:

1 — подача слитка из печи и укладка на наковальне пресса, *2* — взятие патроиа и надевание на слиток, *3* — освобождение патрона и укладка его на место, *4* — взятие слитка с наковальни, подача к печи и в печь, *5* — удаленне обрубка поддона нли прибыли, *6* — установка осадочной плиты на наковальне пресса, *7* — подача слитка из печи и закрепление в обхват, *8* — вкладывание слитка в осадочную плиту или надевание плиты иа цапфу, *9* — установка плиты на пресс, *10* — снятие плиты с верха и укладка на место, *11* — повертывание слитка иа боек после осадки и удаление плиты из-под пресса, *12* — укладка откованной плиты на место

Все эти недостатки предупреждаются при использовании электронагрева, который одновременно расширяет возможности механизации и автоматизации процесса нагрева и возможности встройки устройств нагрева в комплексные механизированные и автоматические линии.

§ 44. СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

На рис. 157 показана автоматизированная индукционная установка для нагрева крупных кузнечных заготовок сечением 200×200 *мм*. Установка состоит из двух линий по шесть индукторов в каждой общей мощностью 1500 *квт*. Производительность установки 50 заготовок в час при нагреве блюмсов сечением 180×180 *мм*, длиной 300 *мм*. Заготовки поступают в индуктор по рольгангу, расположенному между цилиндрами толкателей. Рольганг автоматически перемещает холодные заготовки попеременно, то к первому, то ко второму индуктору; при этом заготовки поворачиваются перед загрузочным отверстием на 45°.

В конце каждой линии установлен оптический пирометр. Подготовив пресс (молот) к работе, рабочий нажимает пусковую кнопку; при этом заготовки поступают в первые индукторы обеих линий.

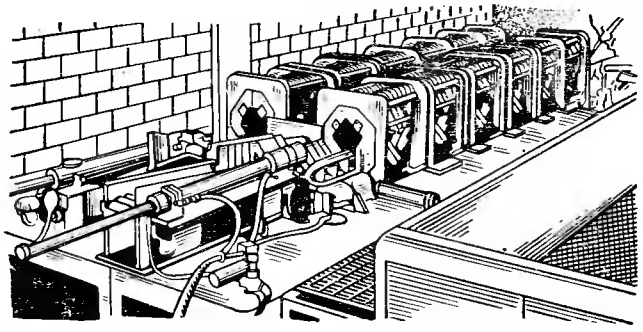


Рис. 157. Автоматизированная нагревательная индукционная установка

По мере поступления заготовок в каждый индуктор в последние автоматически подается ток. Этот процесс продолжается до тех пор, пока все шесть индукторов каждой линии не будут заполнены заготовками.

Нагретые до требуемой температуры заготовки из индуктора попадают в специальные камеры, где поддерживается постоянная температура. Как только камера заполнится, подача заготовок в линию прекращается и ток выключается. Периодическое включение тока в камерах для поддержания постоянной температуры заготовок осуществляется пирометрами. После нажатия второй пусковой кнопки заготовки из камер поступают на пресс (молот). Через 72 *сек* с каждой линии поступает по одной нагретой заготовке. Скорость подачи может быть уменьшена. Если заготовка по выходе из установки будет иметь слишком высокую или слишком низкую температуру, она автоматически отбрасывается в сторону. Установка может быть остановлена в любом положении при нажатии аварийной кнопки.

Наиболее трудоемкими при свободной ковке являются загрузка печи заготовками, выдача нагретых заготовок из печи к ковочному агрегату и манипулирование горячей заготовкой в про-

цессе ковки. При ковке легких заготовок эти операции выполняют вручную, а при ковке тяжелых обслуживание осуществляется при помощи механизмов и различных приспособлений, облегчающих труд рабочих и ускоряющих процесс.

Основными механизмами, обслуживающими ковку, являются мостовые и поворотные ковочные краны, посадочные машины и манипуляторы.

Мостовые ковочные краны представляют собой универсальные механизмы, способные обслуживать процесс ковки тяжелых поковок от первой до последней операции. На крюк мостового ковочного крана можно навешивать различные приспособления, необходимые для поддержания и манипулирования заготовкой в процессе ковки (рис. 158). Различные приспособления для посадки металла в печь применяются при ковке средних поковок. При ковке тяжелых поковок посадка слитков и заготовок в печь с выкатным подом осуществляется при помощи цепей, также подвешиваемых на крюк крана. На некоторых передовых заводах в кузнечных цехах для загрузки печей и выдачи из них нагретых заготовок и слитков весом от 1 до 3 *т* применяют специальные посадочные машины, обслуживающие несколько печей.

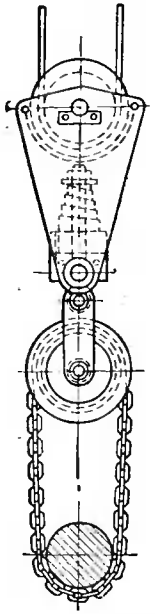


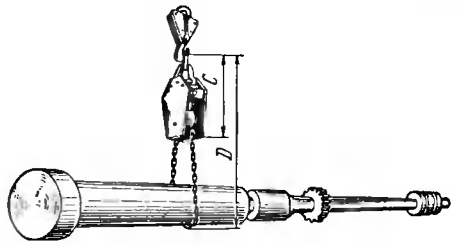
Рис. 158. Буферная подвеска цепного блока, применяемая при ковке

Наиболее важным при свободной ковке является процесс манипулирования заготовкой под молотом (прессом). Манипуляции под молотом могут выполняться поворотными кранами, на которые навешиваются цепи, поддерживающие заготовку при вращении ее управлением от руки. При ковке тяжелых поковок под прессами для манипулирования металлом применяют патроны-противовесы, которые поддерживаются электрокантователями, подвешиваемыми на крюк мостового крана. Вращение электрокантователя механизировано. Подача патрона вперед и обратно осуществляется мостовым краном. Схема подвески электрокантователя с патронами и его основные данные приведены в табл. 22.

В современных кузнечных цехах для механизации процесса свободной ковки крупных заготовок применяются «механические кузнецы», так называемые ковочные манипуляторы. Такой манипулятор у пятитонного молота мостового типа во время работы показан на рис. 159.

Хобот манипулятора, представляющий собой мощные клещи, приводится в движение электродвигателем через механизмы, расположенные на самой конструкции манипулятора. Клещи могут быть поданы вперед, назад, отклонены влево и вправо, подняты

Таблица 22



Основные данные электрокантователя

Грузоподъемность, *Т*	Размеры, *мм*		Скорость вращения цепи, *м/сек*
	C	*D*	
10	1880	3660	5—8
20	2520	5500	5—8
30	3000	6630	5—8
40	3000	7350	5—8
50	3660	8700	5—8
60	3660	9150	5—8

кверху и опущены, а также могут вращаться вокруг оси хобота на 360°. Все это позволяет свободно манипулировать нагретой заготовкой (слитком). Манипуляторы строятся грузоподъемностью 5—10 *Т*, появились также манипуляторы грузоподъемностью до 50 и даже 75 *Т*.

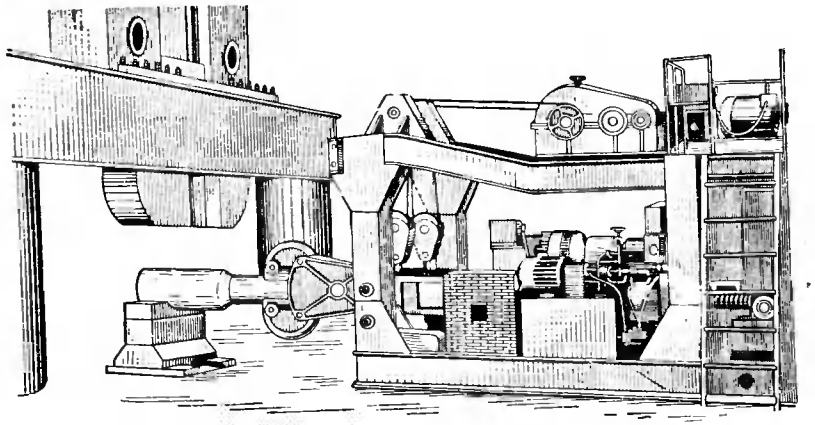


Рис. 159. Ковочный манипулятор

Наряду с крупными манипуляторами, устанавливаемыми у прессов на рельсах, для обслуживания ковочных молотов начали применять малогрузоподъемные манипуляторы (1—2 *Т*). Такие манипуляторы обычно передвигаются непосредственно по полу рабочего места молота, они имеют относительно большую свободу действия и большую маневренность. Применение небольших манипуляторов у ковочных молотов решает проблему свободной ковки на молотах.

Опыт передовых заводов показал, что при использовании манипуляторов у крупных молотов, как правило, удается уменьшить состав бригады с семи до четырех человек и при этом увеличить часовую производительность ковки в 1,5—2 раза. Ниже приведена техническая характеристика манипулятора УЗТМ.

Техническая характеристика ковочного манипулятора УЗТМ

Грузоподъемность, *Т*	2
Диаметр заготовки, *мм*	150—500
Высота подъема заготовки, *мм*	650
Скорость подъема заготовки, *м/мин*	3,8
Число оборотов в минуту хобота	19,1
Наибольшая скорость вращения заготовки, *м/мин*	30
Скорость передвижения манипулятора, *м/мин*	40
Габаритные размеры, *м*	5,8×3 4×3,0
Вес, *т*	23

Для посадки блюмсов и слитков в печь применяют специальные посадочные машины (шаржир-машины) грузоподъемностью до 5 *Т*. Они имеют хобот с захватами для посадки и выдачи слитков. Посадочная машина рельсового типа передвигается по рельсам, проложенным вдоль цеха по фронту печей. Хобот машины вращается вокруг горизонтальной и вертикальной осей, а также перемещается в вертикальной плоскости. Машина осуществляет следующие операции: загружает слитками (заготовками) печь, подает нагретые заготовки к кузнечной машине, убирает поковки и обрубки от машины. На рис. 160 показана напольная безрельсовая посадочная машина с гибким электрокабелем от стационарного источника тока.

Для механизации операций по захвату и освобождению грузов в кузнечных цехах используются автоматические клещи (рис. 161, *а*), состоящие из системы рычагов *1, 2, 4* и *6*, соединенных между собой шарнирами *3, 5, 13, 14, 15, 16*.

Автоматическую работу клещей осуществляет замок, который состоит из запорной планки *8*, закрепленной одним концом между одной парой рычагов *6* на оси *7*. Другой конец запорной планки опирается на ось-стопор *10*. Со стороны грани, опирающейся на ось-стопор, запорная планка имеет вырез с фигурой неравнобокой трапеции. Слева, заподлицо с вертикальной стороной трапеции, приваривается упор *9*. На запорной планке с по-

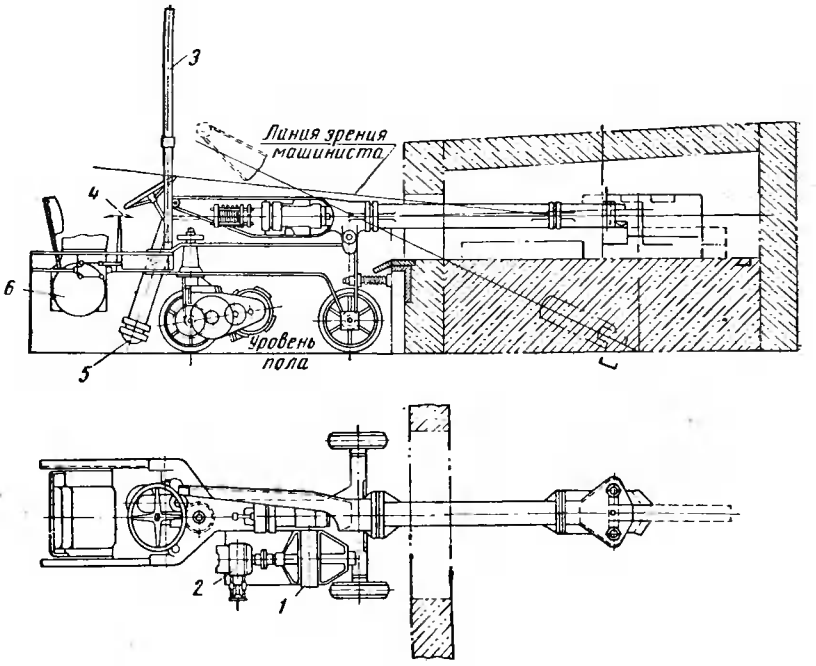


Рис. 160. Напольная безрельсовая посадочная машина:
1 — электродвигатель, *2* — масляный насос, *3* — мачта для электрического кабеля, *4* — рычаг управления, *5* — масляный цилиндр, *6* — контроллер для управления от ноги

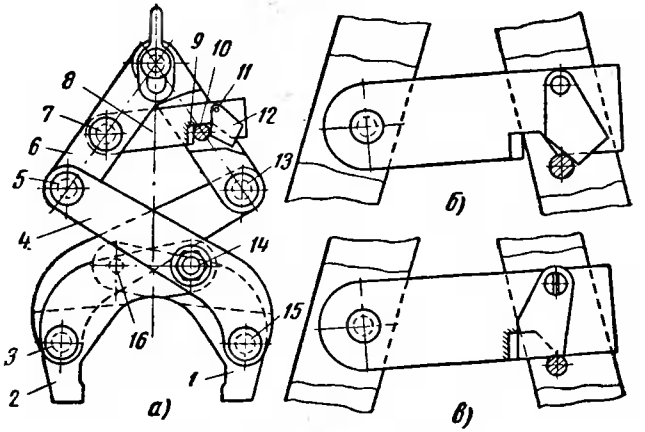


Рис. 161. Автоматические клещи:
а — общий вид, *б*, *в* — положение собачки при работе: *1, 2, 4, 6* — рычаги, *3, 5, 13, 14, 15, 16* — шарниры, *7* — ось, *8* — запорная планка, *9* — упор, *10* — ось-стопор, *11* — винт, *12* — собачка

мощью винта *11* крепится собачка *12*. Когда клещи раскрыты и подготовлены для захвата груза, запорная планка вертикальной гранью фигурного выреза упирается в ось-стопор *10*.

Для захвата клещи подводят к грузу и опускают на него. Под действием собственного веса рычаги *6* опускаются, ось-стопор *10* скользит по наклонной грани выреза запорной планки, выходит из выреза, отводит в сторону собачку (рис. 161, *б*). После этого рычаги *6* поднимаются и клещи смыкаются. Ось-стопор *10* перемещается влево, смещая собачку за тыльную грань до упора *9*. При этом собачка перекрывает вырез запорной планки, предот-

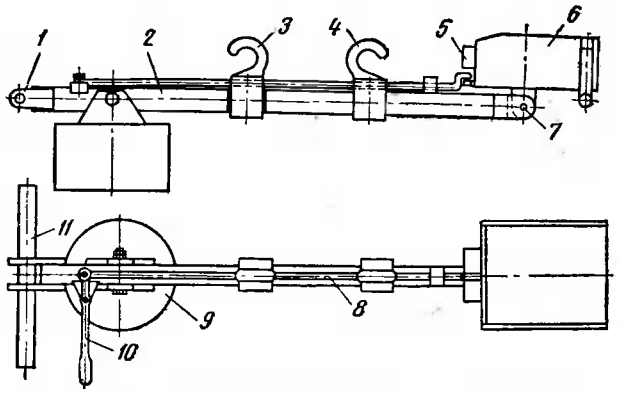


Рис. 162. Лопата с откидывающимся дном:
1 — щека, *2* — штанга держателя, *3, 4* — крюки, *5* — груз-противовес, *6* — коробка, *7* — шарнир, *8* — стержень, *9* — противовес, *10* — рукоятка, *11* — стержень

вращая попадание в нее стопора и, таким образом, препятствует заклиниванию запорной планки стопором (рис. 161, *в*).

Лопата с откидывающимся дном, сконструированная и изготовленная на Ново-Краматорском машиностроительном заводе, значительно облегчает условия труда при подаче мелких заготовок в печь. На штанге *2* держателя (рис. 162) приварены два крюка *3* и *4*. На одном конце держателя на шарнире *7* крепится цилиндрическая коробка *6*, которая удерживается в горизонтальном положении Г-образным концом стержня *8*. На другом конце стержня закреплена рукоятка *10*. С этой же стороны лопаты на штанге держателя шарнирно крепится противовес *9*, а на щеке *1* закреплен цилиндрический стержень *11* для удобства управления лопатой.

Мерные заготовки насыпаются в коробку *6*, рабочий захватывает лопату мостовым краном за крюки *3* и *4* и помещает коробку в камеру печи. Поворотом рукоятки *10* от себя он отодвигает стержень *8* с Г-образной защелкой и коробка, укрепленная на штанге *2* держателя, опрокидывается. После того как заготовки

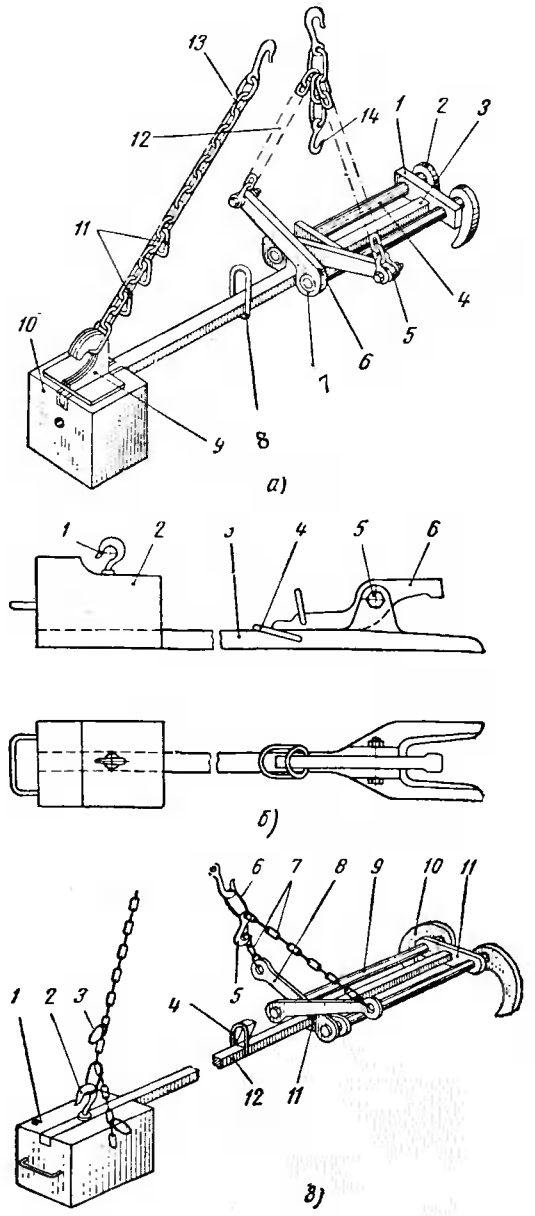


Рис. 163. Приспособления для загрузки печи и выгрузки из нее заготовок:
а — коротких: *1* — траверсы, *2* — губки-зажимы, *3* — штанга, *4* — валик, *5, 6* — рычаги, *7* — серьга, *8* — скоба, *9* — крюк, *10* — противовес, *11* — соединительные кольца, *12* — чалочный узел, *13* — цепь, *14* — крюк; *б* — крупных заготовок и слитков: *1* — крюк, *2* — противовес, *3* — вилка, *4* — скоба, *5* — ось вращения рычагов, *6* — зажимной рычаг; *в* — кубиков и блюмсов: *1* — противовес, *2, 5* — крюки, *3, 6* — петли, *4* — скоба, *7* — цепи, *8* — рычаги, *9* — валики, *10* — зажимы, *11* — планки, *12* — штанга

высыпаются из коробки, стержень под действием груза-противовеса *5* возвращается в исходное положение.

Для загрузки печи и выгрузки из нее крупных заготовок служат приспособления (рис. 163), сконструированные и изготовленные на Уральском заводе тяжелого машиностроения. Приспособление, показанное на рис. 163, *а*, служит для загрузки печи и выгрузки из нее коротких заготовок. Оно состоит из штанги *3* и двух траверс *1*, приваренных к ней. В отверстиях штанги расположены валики *4*, на обоих концах которых жестко посажены и приварены губки-зажимы *2* и два рычага *5* и *6*. Противоположный конец штанги приварен к противовесу *10*, на верхнюю часть которого приварен крюк *9*. На крюк набрасывается цепь *13*.

Рычаги *5* посредством серьги *7* соединены с чалочным узлом *12*, имеющим два крюка *14*. В середине штанги приварена скоба *8*. Крюками цепи *13* и верхним крюком чалочного узла *12* приспособление подвешивается на цепь крана. Положение центра тяжести приспособления регулируется соединительными кольцами *11*, соответствующим образом надетыми на крюк *9*.

Чтобы взять груз, нижним крюком *14* зацепляют за скобу *8*. В этом случае рычаги *5* находятся в крайнем нижнем положении и губки-зажимы разведены. После этого приспособление заносят на груз и опускают противовес до соприкосновения с полом. Натяжение цепей чалочного узла *12* ослабевает и тогда нижний крюк выводят из соединения со скобой *8*.

Затем приспособление поднимают краном, цепи тянут рычаги *5* и *6* вверх, а они, поворачивая валки, перемещают зажимы в сторону смыкания. Так происходит захват и зажим груза и дальнейшая его транспортировка и подача на молот.

На рис. (163, *б*) показано приспособление для загрузки печи и выгрузки из нее крупных заготовок — слитков. Приспособление состоит из вилки *3* с ушками, зажимающего рычага *6*, оси вращения *5* рычага. Скоба *4* набрасывается на выступ зажимного рычага *6*. Один конец цепи крана зацепляется крюком за петлю зажимного рычага *6*, а второй — петлей цепи крана за крюк *1* противовеса *2*. В таком положении приспособление поднимается и заводится вилкой *3* под прибыльную часть слитка. Затем оно опускается на пол, скоба *4* под действием собственного веса падает на вилку, освобождая выступ зажимающего рычага. При следующем подъеме приспособления зажимной рычаг *6* прижимает концом прибыльную часть слитка. В таком положении приспособление со слитком помещается в печь и укладывается на под печи.

Для освобождения приспособления конец цепи крана, соединенный с петлей зажимного рычага, ослабляется перемещением тележки крана в сторону печи. Скоба *4* с помощью тонкого прутка, если печь уже разогрета (или вручную, если посадка производится в холодную печь), снова набрасывается на выступ зажимающего рычага и приспособление выносится из печи.

Для того чтобы взять нагретый слиток из печи и вынести его на боек молота, необходимо скобу *4* при заведении ее под прибыльную часть слитка набросить на выступ зажимающего рычага. Когда вилка окажется под прибыльной частью слитка, приспособление опускается противовесом на пол, цепи крана при этом ослабляются, конец зажимного рычага с петлей опускается на вилку *3* и скоба *4* выходит из зацепления с выступом зажимного рычага. Конец цепи крана, соединенный с крюком *1* противовеса *2*, удлиняется зацеплением за крюк противовеса следующей петлей свободного конца, который оставляется для этой цели. При подъеме приспособления рычаг *6* зажимает прибыльную часть слитка, а центр тяжести его перемещается ближе к слитку. В таком положении слиток выносится из печи и укладывается на боек молота.

Для посадки в печь и выноса крупных штамповых кубиков и блюмсов весом до 1500 *кг* изготовлено приспособление, показанное на рис. 163, *в*. Приспособление состоит из штанги *12*; двух планок *11*, приваренных к штанге, на концах которых имеются отверстия для вращения в них валиков *9*; двух зажимов *10*, приваренных к валикам *9*; противовеса *1*; крюка *2*; двух цепей *7*, прикрепленных к концам рычагов *8* и петле *6*; крюка *5*; скобы *4*; нескольких петель *3*, предназначенных для удлинения конца цепи, соединяющегося с противовесом.

Чтобы взять кубик для посадки в печь, крюк *5* зацепляется за скобу *4*; в этом случае рычаги *8* занимают горизонтальное положение, а зажимы *10* разведены. Петля *6* зацепляется за крюк одного из концов цепи крана; другой конец цепи крана зацепляется одной из петель *3* за крюк противовеса. После этого приспособление поднимается краном и укладывается концом с зажимами *10* на кубик; цепи крана при этом ослабляются, крюк 5 опускается вниз и, скользя по листу, прикрепленному к скобе *4*, выходит из зацепления со скобой.

При следующем подъеме приспособления конец цепи крана, соединенный с петлей *6*, натягивает цепи *7*, которые поворачивают рычаги *8*. А так как рычаги *8* приварены к валикам *9*, а валики — к зажимам *10*, то последние начинают сходиться, зажимая кубик. С зажатым кубиком приспособление заносится в печь и кубик укладывается на под печи. Затем цепь крана, соединенная с петлей *6*, ослабляется движением тележки крана в сторону печи, крюк *5* зацепляется за скобу *4* и приспособление с разведенными зажимами освобождается.

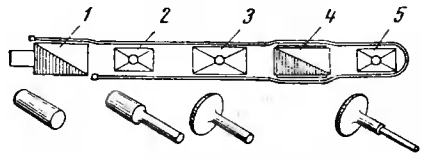
Для выноса нагретого кубика из печи на молот приспособление с крюком *5*, зацепленным за скобу *4*, и с разведенными зажимами заносится концом в печь и укладывается на кубик с зажимами. Затем опускается противовесом на пол, цепи крана ос-

лабляются, крюк *5*, скользя по наклонной плоскости, выходит из зацепления со скобой *4*, а конец цепи крана, соединенный с крюком *2* противовеса, удлиняется зацеплением за одну из петель *3* свободного конца цепи крана. После этого приспособление поднимается и так как рычаги *8* оказываются свободными, то они натяжением цепей *7* поворачиваются, зажимая кубик. Вместе с зажатым кубиком приспособление выносится из печи и кубик укладывается на боек молота.

Высвобождается приспособление таким же способом, как и при посадке кубика в печь.

В табл. 23 показана поточная линия по изготовлению ковкой буферов.

Таблица 23



Поточная линия для ковки буферов (заготовка круглая диаметром 150 *мм*)

Операция	Оборудование
Нагрев	Толкательная газовая печь *1*
Оттяжка и подкатка конца на диаметр 76 *мм*	Молот *2* усилием 2 *Т*
Ковка тарелки	Молот *3* усилием 3 *Т*
Подогрев	Очковая печь *4*
Оттяжка хвостовой части в двухручьевом бойке: подкатка галтели буфера, окончательная подкатка хвостовой части	Молот *5* усилием 1 *Т*
Передача заготовки с операции на операцию	Монорельс

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое значение имеют механизация и автоматизация производственных процессов?
2. Какие средства служат для механизации и автоматизации производственных процессов в кузнице?

Глава XII
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ТРУДА

§ 45. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Рабочим местом кузнеца называется первичное звено производства, представляющее собой комплекс материально-технических элементов (нагревательная печь, кузнечная машина, технологическая оснастка), расположенных на определенном участке производственной площади и предназначенных для выполнения одной или нескольких кузнечных операций при изготовлении одного или нескольких наименований деталей.

Кроме машины и нагревательной печи, рабочее место оснащается: кузнечным инструментом, бойками и приспособлениями для ковки; тарой для заготовок; тарой для поковок; тарой для отходов; этажеркой или тумбочкой для хранения измерительного инструмента, плановых графиков и технической документации; бачком с водой для замочки инструмента; столиком со скамьей (стульями) для отдыха; переносным обдувным вентилятором с гибким шлангом; метлой или пылесосом; защитными экранами у печи и др.

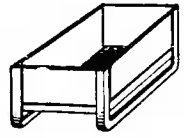


Рис. 164. «Кроватка» для заготовок и поковок

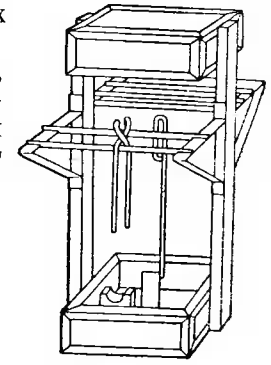


Рис. 165. Металлический стеллаж для кузнечного инструмента

На рис. 164 показана «кроватка» для заготовок и поковок, которая легко может транспортироваться электрокарой с подъемной платформой; на рис. 165 приведен металлический стеллаж для кузнечного инструмента.

Планировка рабочего места должна быть рациональной, т. е. отвечать условиям и требованиям, обеспечивающим высокопроизводительную работу при наименьших затратах труда и наибольшей безопасности его. Расположение на рабочем месте отдельных элементов должно удовлетворять следующим требованиям:

каждый элемент по возможности должен иметь свое постоянное местоположение;

все предметы должны располагаться по возможности в зоне рабочих движений каждого члена бригады;

наиболее тяжелые предметы (заготовки, приспособления и пр.) должны располагаться на уровне рук рабочих;

все, что берется правой рукой, должно располагаться справа и все, что берется левой рукой, — располагаться слева;

верхняя плоскость наковальни (бойка) должна быть на уровне, исключающем чрезмерное нагибание рабочих в процессе ковки;

положение нагревательных печей должно исключать прямое попадание лучей на рабочих;

защитные от лучеиспускания средства должны быть расположены таким образом, чтобы они не мешали свободному перемещению на рабочем месте самих рабочих, предметов труда;

расположение вентилей (например, парового или воздушного для обдувки окалины) должно быть в непосредственной близости от наковальни;

расположение коммуникаций, питающих рабочее место (паром, водой, воздухом и др.), по возможности должно быть скрыто под полом рабочего места;

газ к печам должен подводиться поверху, во избежание отравлений в случае просачивания газа.

Молоты рекомендуется окрашивать в зелено-голубой цвет, а нагревательные печи покрывать алюминиевой пудрой.

На рис. 166 и 167 показаны схемы планировок рабочего места при использовании соответственно молотов и гидравлических прессов.

Научная организация труда (НОТ) предполагает, чтобы рабочее место своевременно обслуживалось теми подразделениями, которые призваны обеспечивать рабочее место всем необходимым. В связи с этим необходимо, чтобы к началу смены рабочее место было очищено от мусора и отходов, к печи были поданы заготовки в нужном количестве, ковочная машина должна быть в полном порядке (за что отвечает служба механика цеха), нужный инструмент также был подготовлен, бригада на рабочем месте должна быть в полном составе, задание (суточный или сменный график) вручено бригадиру, печь разогрета, первая партия подготовлена для ковки. Словом, рабочее место должно быть обеспечено всем необходимым к началу работы, чтобы рабочие не тратили время на поиски материалов, заданий, чертежей, инструмента и т. д.

Как в начале рабочей смены, так и на протяжении ее на рабочем месте обязательно должны поддерживаться порядок и чистота. Нужно решительно преодолевать сложившиеся еще кое-где привычки мириться, особенно в кузнечных цехах, с грязью, мусором и беспорядком.

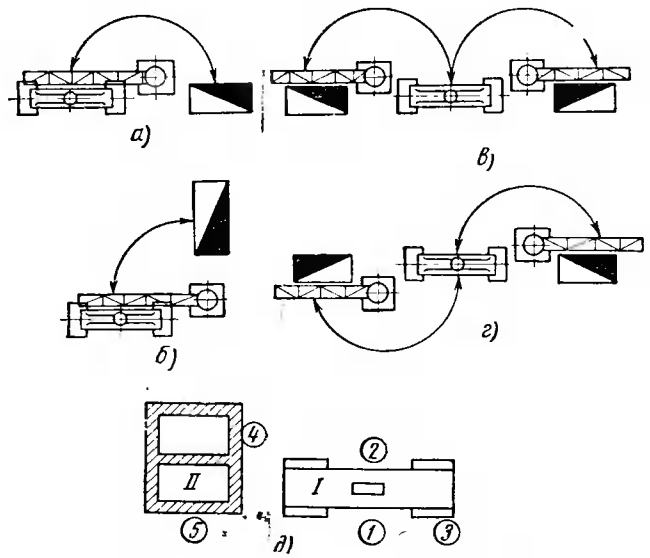


Рис. 166. Схема планировки рабочего места у молота:
а — с одной печью, расположенной в одну линию с молотом, *б* — расположенной к молоту под углом 90°, *в* — с двумя печами и кранами, расположенными по одну сторону печей, *г* — расположенными по двум сторонам печей; *д* — схема расстановки членов бригады: *1* — кузнец, бригадир, *2* — первый подручный, *3* — машинист молота, *4* — второй подручный, *5* — нагревальщик; *I* — молот, *II* — печь

Большое значение в борьбе за чистоту и порядок на рабочем месте кузнеца имеет качество пола и способ удаления газов (дыма) от печей.

Лучшими являются полы, выложенные из рифленых чугунных (еще лучше стальных) плиток. В некоторых случаях применяются железобетонные полы, преимущество которых перед металлическими лишь в том, что они не разогреваются от соприкосновения с раскаленными поковками. Примитивные глинобитные полы являются источниками пыли и грязи, применение их нежелательно.

В современном кузнечном цехе дым от печей должен удаляться за пределы цеха по боровам путем вытяжки его с помо-

щью дымовой трубы. Выделение дыма непосредственно в цех противоречит элементарным требованиям санитарии и способствует загрязнению цеха.

Рабочее место должно иметь хорошую по возможности естественную освещенность и естественную вентиляцию. Фрамуги верхних фонарей здания должны открываться в положенное время, обеспечивая надлежащую аэрацию участка. С другой стороны, стекла верхнего фонаря, а равно и окон должны систематически протираться. Как показывает опыт, улучшение естественной освещенности и вентиляции рабочего места обеспечивает повышение производительности труда не менее как на 5—10%.

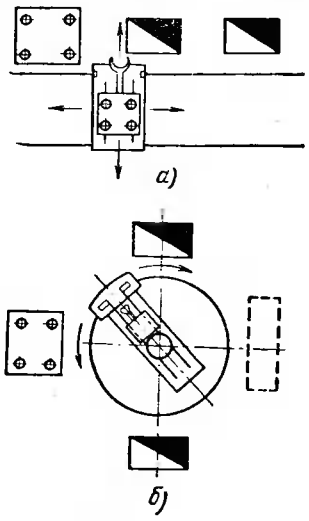


Рис. 167. Схема планировки рабочего места у гидравлического пресса при обслуживании манипулятором:
а — рельсового типа, *б* — с поворотной тележкой

В передовых кузнечных цехах успешно проводится работа по озеленению, по обеспечению рабочих мест газированной водой (сатураторы), по созданию зон отдыха непосредственно у рабочих мест. Так, например, в кузнечном цехе Волгоградского тракторного завода в 6 *м* от рабочего места кузнецов и раскаленных печей в открытом проеме сплошным зеленым ковром спускаются ветви дикого винограда или плюща, через который усиленно аэрирует воздух с цветочной аллеи, расположенной между пролетами цеха. Кратковременный регламентированный отдых после работы с раскаленным металлом кузнец и подручные имеют возможность проводить, удалившись за 7—10 *м* от рабочего места в зеленую зону.

Технический прогресс вызывает повышение требований к организации рабочего места. Наряду с борьбой за чистоту и порядок, за культурную обстановку рабочего места, все большее внимание начинает уделяться мероприятиям по устранению или ослаблению шума и вибраций, считавшихся постоянными спутниками кузнечного производства.

§ 46. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА

Под организацией труда в бригаде на рабочем месте понимается правильное распределение обязанностей между членами бригады, определенная взаимосвязь членов бригады друг с другом и ответственность каждого за выполнение определенных функций.

Разумное разделение труда является элементарным и обязательным требованием правильной организации труда. Правильная организация труда требует, чтобы состав бригады удовлетворял следующим требованиям:

по численности — соответствовал действительной трудоемкости заданной работы;

по квалификационному составу — отвечал категории сложности работы;

по загрузке — обеспечивал равномерную и полную загрузку каждого члена бригады.

В зависимости от вида работ и мощности кузнечной машины состав бригады бывает различным. При ручной ковке и ковке на молотах небольшой мощности бригада обычно состоит из кузне-

Таблица 24

Примерный состав бригады на ковочных молотах

Профессия	Число рабочих в зависимости от веса падающих частей молота, *Т*					
	0,1—0,2	0,3—0,5	0,75—1,0	2	3	5
Кузнец	1	1	1	1	1	1
Нагревальщик	1	1	1	1	1	1
Подручный	1	1	1	1	2	3
Машинист	—	1	1	1	1	1
Крановщик	—	—	—	1	1	1
Помощник кузнеца	—	—	—	—	1	1

Таблица 25

Состав бригад на ковочных гидравлических и парогидравлических прессах

Профессия	Число рабочих в зависимости от усилия пресса, *Т*					
	500	800	1250	2000	3200	5000
Прессовщик	1	1	1	1	1	1
Помощник прессовщика	1	1	1	1	1	1
Подручный прессовщика *	2—3	2—3	2—3	3	5	5
Машинист	1	1	1	1	1	1
Крановщик **	1	1	2	2	2	2

* При обслуживании прессов манипуляторами количество подручных сокращается наполовину.

** Количество крановщиков соответствует количеству кранов, обслуживающих пресс.

ца и его подручного. При работе на машинах большой мощности в состав бригады, кроме подручного, включается еще машинист машины, нагревальщик, крановщик, если рабочее место обслуживается краном, и др. В табл. 24 и 25 приведен примерный состав бригад на ковочных молотах и прессах.

Практика показывает, что достигнуть равномерного распределения физической нагрузки между всеми членами бригады не всегда удается и из-за более напряженной работы отдельных

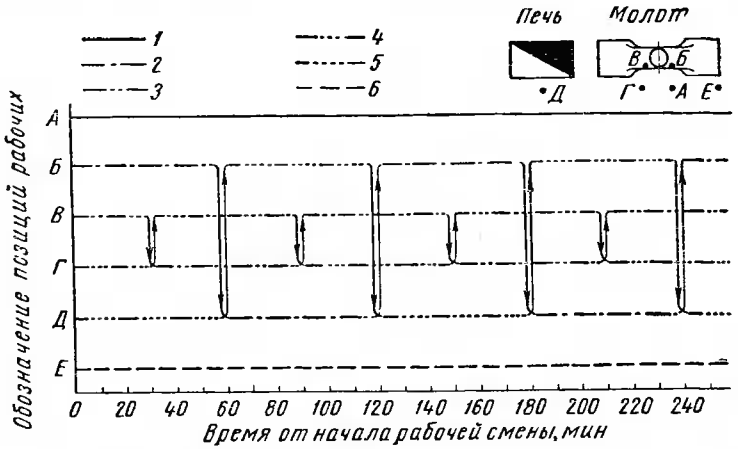


Рис. 168. Эскиз планировки рабочего места и циклограмма выполняемых работ:

1 — кузнец-бригадир, подручные: *2* — первый, *3* — второй, *4* — третий, *5* — четвертый, *6* — машинист

членов бригады приходится устанавливать время от времени перерывы на отдых.

В этой связи заслуживает внимания метод, примененный в кузнечном цехе Уральского завода тяжелого машиностроения. Для того чтобы сделать нагрузку для каждого участника бригады более или менее одинаковой, была предложена и осуществлена так называемая чередующаяся расстановка рабочих, которая состоит в следующем.

В начале смены (рис. 168) первый и второй подручные занимают позиции *Б* и *В* по обеим сторонам наковальни молота. На этих позициях от рабочих требуется большое напряжение и быстрые движения при манипулировании раскаленной заготовкой. Третий подручный занимает позицию *Г* с относительно небольшой физической нагрузкой. Четвертый подручный на позиции *Д* загружает печь заготовками и выдает нагретые заготовки из печи; по степени напряженности он имеет среднюю загрузку. Кузнец-бригадир занимает позицию *А*, а машинист — позицию *Е*.

По прошествии 30—60 *мин* работы первый подручный меняется местом с четвертым, а второй — с третьим подручным. По истечении следующих 30—60 *мин* подручные вновь меняются местами и так чередуются до конца смены.

Таким образом, все четыре подручных не имеют какой-либо одной, закрепленной за ними позиции. Переходя с одного, наиболее загруженного места на другое, менее загруженное, рабочий чередует тяжелую работу с относительным отдыхом.

При таком порядке расстановки рабочих в бригаде достигается частичное или полное сокращение времени отдыха благодаря облегчению труда. В зависимости от характера работы и интенсивности ковки циклы чередования могут быть уменьшены до 20 и даже 10 *мин*. С другой стороны, цикл чередования подручного на позиции *Б* может быть больше или меньше цикла чередования на позиции *В*. В каждом случае кузнец-бригадир, применительно к поковке и технологическому процессу, находит наилучший порядок чередования подручных, обеспечивающий наибольший коэффициент использования оборудования. Оперативное чередование обязанностей подручных не исключает, однако, закрепления за ними определенных работ.

Для лучшего использования установленного оборудования (там, где время на отдых составляет значительную долю в бюджете времени рабочей смены) по опыту передовых заводов рекомендуется за двумя ковочными молотами, одновременно работающими в данной смене, закреплять три рабочих бригады. В этом случае, работая по скользящему графику, три бригады смогут обслужить два молота, без остановок их на время отдыха подсменной бригады.

Работу у гидравлического ковочного пресса выполняет бригада, состав которой может меняться в зависимости от степени механизации рабочего места. Обычно бригада состоит из бригадира, подручных и машинистов пресса и кранов. Если работа выполняется с помощью манипулятора, то состав бригады сокращается за счет подручных, при этом добавляется машинист манипулятора.

Бригадир должен быть знаком с конструкцией нагревательных печей, прессов, кантователей и подъемных механизмов, а также знать схему управления и условия работы пресса. Бригадир должен в совершенстве знать и уметь применять инструмент и приспособления, способы и приемы ковки поковок разных конфигураций.

Ему должны быть хорошо известны как общие, так и специальные требования по технике безопасности при работе на прессе. Бригадир должен уметь самостоятельно и технически грамотно наметить и осуществить технологический процесс ковки любой поковки. Бригадир является руководителем и организатором работы в бригаде.

До начала работы бригадир должен объяснить членам бригады последовательность операций, инструмент и приспособления разложить в порядке последовательности операций, ознакомить рабочих с этими инструментами и приспособлениями.

В состав бригады пресса усилием 3000 *Т* входят: бригадир, два подручных, машинист пресса, машинист манипулятора и крановщик. Старший подручный вместе с бригадиром изучает технологию изготовления данной поковки и готовит инструмент для работы. Во время ковки старший подручный становится напротив поковки по оси и следит за тем, чтобы поковка при вращении кантователем не смещалась с центра бойков. Он же руководит разметкой, присечкой и рубкой поковки.

Машинист пресса перед началом работы также должен внимательно изучить технологию ковки, обращая особое внимание на технологические указания по режимам обжатий. Вместе с бригадиром он намечает положение контрольных рисок на мерной линейке соответственно переходам на поковке. Это позволяет машинисту работать более уверенно.

В процессе ковки бригадир дает команду машинисту пресса и машинисту крана, следит за процессом ковки и ведет контроль размеров по операциям. Из-за удаленности машинистов и членов бригады и из-за постоянного шума в цехе бригадир лишен возможности подавать команды голосом и подает их руками.

Ритмичная работа, качество поковок и производительность бригады во многом зависят от бригадира.

Организация труда в современном кузнечном производстве должна отвечать требованиям НОТ — научной организации труда. Под научной организацией труда понимается система технических, организационных и социально-экономических мероприятий по совершенствованию трудового процесса, направленных на повышение производительности, на улучшение и оздоровление условий труда, на превращение его в более осмысленный и творческий труд.

Научная организация труда осуществляется по следующим основным направлениям:

совершенствование собственно трудового процесса, механических движений и приемов;

совершенствование организации и обслуживания рабочего места;

создание оптимальных условий труда в соответствии с требованиями санитарии, гигиены, культуры и эстетики;

техническое нормирование затрат труда и оплата труда в зависимости от количества и качества его;

повышение творческого содержания труда и культурно-технического уровня работников.

Первые три направления кратко были рассмотрены выше.

Остановимся на рассмотрении вопросов тарификации и технического нормирования.

§ 47. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ

Время, которое необходимо для изготовления одной поковки, называется нормой времени. Техническую норму времени устанавливают расчетом. Для этого необходимо:

разработать технологический процесс, т. е. установить последовательность выполнения операций с учетом затраты наименьшего времени на изготовление поковки;

определить время, необходимое для выполнения каждой операции;

определить общее время, необходимое на выполнение всех операций.

Для установления технической нормы времени на заводах пользуются имеющимися материалами — нормативами времени по отдельным элементам, составленным на основе изучения работы отдельных кузнецов методом фотографий и хронометража.

Эти материалы учитывают опыт передовых рабочих, а также изменения, внесенные в технологический процесс, направленные на его улучшение и сокращение времени на изготовление единицы продукции.

Норма времени выражается в часах или минутах.

На основе установленной технической нормы времени рассчитывается норма выработки, которая указывает количество данных поковок, подлежащих изготовлению в минуту, час или смену.

Номинальный фонд времени работы единицы кузнечного оборудования за период одного года H_o в часах определяется по следующей формуле:

$$H_o = (365 - n - o - c)\,ab,$$

где n — число революционных и общенародных праздников в году;

o — число дней отдыха;

c — отдых за счет сокращения часов работы в предпраздничные дни, выраженный в днях;

a — число смен работы;

b — продолжительность смены в часах.

Действительный фонд времени работы единицы оборудования за период одного года D_o в часах определяется

$$D_o = H_o(1 - K_п) = H_o(0{,}91 \div 0{,}93),$$

где $K_п$ — потери времени на ремонт $[K_п = (0{,}07 \div 0{,}09)]$.

Номинальный фонд времени работы рабочего за год $H_р$ в часах

$$H_р=(365-n-o-c)\,b.$$

Действительный фонд времени работы рабочего за год $D_р$ в часах

$$D_р=[294-(U+P)]\,b,$$

где U — невыход рабочего по болезни (12 рабочих дней в год);
P — отпуск рабочего, дней.

Оперативное время ковки $T_{оп}$ в минутах

$$T_{оп}=T_о+T_в,$$

где $T_о$ — основное (машинное) время ковки, *мин*;
$T_в$ — вспомогательное время ковки, *мин*.

Штучное время ковки $T_ш$ в минутах

$$T_ш=T_{оп}\left(1+\frac{K}{100}\right),$$

где K — время на обслуживание рабочего места и перерывы на отдых и естественные надобности, *мин*.

Количество производственных рабочих $E_{пр}$, необходимых для выполнения годовой программы цеха

$$E_р=\frac{ПH_ч}{D_р},$$

где $П$ — общий вес поковок, изготовляемых в год, *т*;
$H_ч$ — количество нормочасов, требующихся для изготовления 1 *т* поковок;
$D_р$ — действительный фонд времени работы одного рабочего за год, *ч*.

Численность рабочих цеха рассчитывают по формуле

$$E_р=E_{пр}K_{вр},$$

где $K_{вр}$ — коэффициент для перехода от численности производственных рабочих к численности всех рабочих, т. е. с учетом вспомогательных рабочих, он принимается равным от 20 до 50% (1,2÷1,5).

Общая численность рабочих и служащих $E_ц$, работающих в цехе,

$$E_ц=E_р+0{,}1E_р+0{,}05E_р+0{,}02E_р+1{,}17E_р,$$

где $E_р$ — количество рабочих;
$0{,}1E_р$ — количество инженерно-технических работников;
$0{,}05E_р$ — количество служащих;
$0{,}02E_р$ — количество младшего обслуживающего персонала.

На основе технического нормирования рассчитывается заработная плата производственным рабочим. В основе заработной платы при всем разнообразии форм зарплаты лежит единая законодательно утвержденная тарифная система. Последняя состоит из двух основных частей: тарифно-квалификационного справочника и тарифной сетки со ставками оплаты труда (расчетные условия).

Тарифно-квалификационный справочник определяет знания и уменье, которыми должен обладать рабочий каждой профессии и каждого разряда. Это необходимо для того, чтобы правильно определить разряд рабочих.

Тарифная сетка служит для определения числа разрядов и тарифных ставок, по которым оплачивается труд рабочего каждого разряда.

При разработке технологического процесса изготовления поковки в технологической карте проставляется техническая норма времени по операциям и указываются занятые при этом профессии рабочих, их количество, разряд каждого из них и расценка за единицу продукции (операции).

Расценка или зарплата за единицу изготовленной продукции рассчитывается по формуле

$$C_ш=l_ч K\cdot\frac{T_ш}{60},$$

где $C_ш$ — зарплата за 1 поковку;
$l_ч$ — часовая ставка рабочего 1-го разряда;
K — тарифный коэффициент рабочего данного разряда (соотношение между часовой ставкой рабочего данного и 1-го разряда).

Правильная организация заработной платы является основным условием, способствующим повышению производительности труда. Существует несколько форм оплаты труда.

Повременная оплата труда, которая состоит в том, что оплата производится по тарифным ставкам за время, отданное производству независимо от количества выработанной продукции. Для рабочих эта форма может применяться только в виде часовой повременной оплаты, а для обслуживающего персонала — помесячной, т. е. в форме оклада.

Повременно-премиальная оплата труда, при которой рабочий, помимо повременной оплаты за отработанное время, получает ежемесячно премию за достигнутые показатели. Эта форма применяется главным образом для оплаты труда вспомогательных рабочих, не занятых непосредственно выпуском продукции, а обслуживающих различные нужды производства (смазчики, ремонтные слесари, электромонтеры, шорники и пр.).

Сдельная оплата труда, являющаяся основной фор-

мой оплаты труда кузнецов. При сдельной форме оплата устанавливается за каждую изготовленную поковку по установленной расценке. Таким образом, заработок кузнеца зависит от количества изготовленных им и принятых контролем поковок. Сдельная оплата труда создает у кузнеца стремление к выпуску большего количества поковок, а значит к повышению производительности.

Сдельная оплата, при которой рабочий получает одинаковую оплату за каждую изготовленную им поковку независимо от того, сколько их будет им изготовлено в смену, называется прямой неограниченной, индивидуальной, сдельной. В настоящее время широкое распространение получает прогрессивная сдельная оплата. Она состоит в том, что рабочий получает по сдельной расценке за поковки, изготовленные по установленной норме, и, кроме того, надбавку к сдельной расценке за каждую поковку, изготовленную сверх нормы. Надбавки устанавливаются в зависимости от процента выполнения нормы. Так, например, при перевыполнении нормы на 1% надбавка составляет 10% расценки, при перевыполнении нормы на 2%—15% и т. д.

При бригадной работе применяется бригадная сдельная оплата: норма и расценки устанавливаются на бригадную работу и заработная плата начисляется бригаде в целом. Впоследствии зарплата распределяется между отдельными рабочими бригады с учетом их разряда и количества отработанных часов.

Сдельно-премиальная оплата труда заключается в том, что рабочий получает определенную приплату к своему сдельному заработку за продукцию высокого качества.

В осуществление решений XXIII съезда партии Центральный Комитет КПСС, Совет Министров СССР и ВЦСПС постановили перевести рабочих и служащих на пятидневную рабочую неделю с двумя выходными днями (рабочую пятидневку). Продолжительность рабочего времени за неделю остается прежней (41 ч).

Новый режим работы улучшает условия труда и отдыха рабочих и служащих и расширяет возможности роста их квалификации и культурного уровня. Кроме того, он создает более благоприятные условия для роста производительности труда.

Переход на рабочую пятидневку должен обеспечивать более продуктивное использование рабочего времени. Кроме того, новый режим работы улучшает производственные и технико-экономические показатели и, как следствие этого, способствует росту заработной платы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется рабочим местом кузнеца?
2. Что такое норма времени?
3. Что такое норма выработки?
4. Какие существуют формы оплаты труда?

Глава XIII
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Советское государство уделяет большое внимание вопросам техники безопасности и расходует крупные средства на организацию охраны труда, на коренное улучшение условий труда и для резкого сокращения заболеваемости и травматизма на производстве.

Необходимо, чтобы все рабочие изучили правила безопасной работы. Это даст возможность полностью изжить несчастные случаи и создать условия высокопроизводительной работы.

Чтобы уберечься от несчастных случаев, каждый рабочий должен твердо знать связанные с работой правила техники безопасности.

§ 48. ОБЩИЕ ПРАВИЛА

1. Инструмент должен храниться в специальной стойке чистым и насухо протертым. Подобрав нужный для выполнения данной работы инструмент, необходимо проверить, исправен ли он. Инструмент рекомендуется подогревать перед работой.

2. Прежде чем пустить молот в действие, нужно проверить, нет ли в нем каких-либо повреждений и неисправностей, надежно ли закреплены бойки, достаточна ли смазка и др.

3. Наковальня или нижний боек молота должны быть очищены от окалины, воды и масла при помощи металлической щетки или воздушной струи. Нельзя оставлять никаких лишних инструментов или предметов на наковальне или бойке.

4. Кузнецы и подручные должны иметь соответствующую спецодежду. При выполнении сварочных работ рабочие должны иметь защитные очки.

5. На полу в пределах рабочего места не должны лежать заготовки, поковки и другие предметы.

6. Окалина с заготовки перед ковкой должна быть сбита ударами или очищена скребком.

7. Заготовку нужно удерживать только клещами, губки которых должны соответствовать форме и размеру заготовки. При необходимости клещи подгоняют по заготовке.

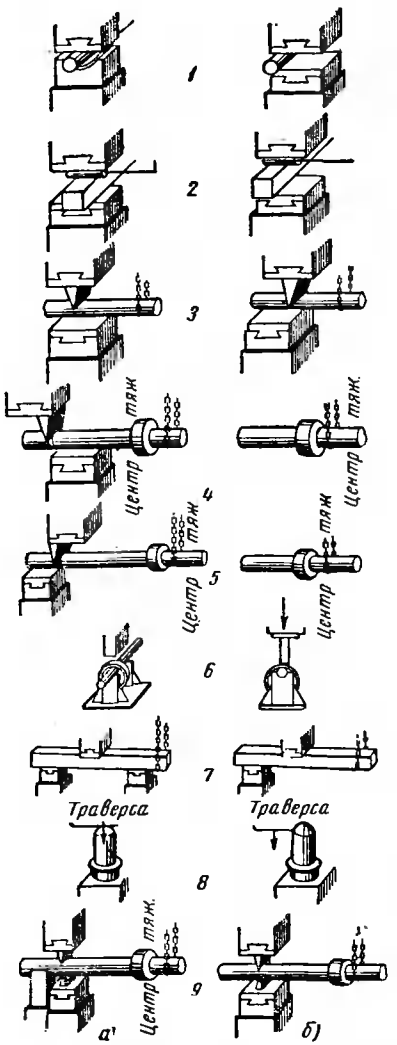


Рис. 169. Приемы правильной (*а*) и неправильной (*б*) ковки:

расположение заготовки на бойках при: *1* — подкатке на круг, *2* — протяжке с разгонкой, *3* — установка топора при рубке заготовки, *4* — разрубка или отрубка излишка металла при расположении второго конца заготовки, поддерживаемого краном, *5* — рубка заготовки при данном расположении центра тяжести, *6* — нанесение ударов верхним бойком при закрепленных и незакрепленных стойках при раскатке, *7* — пользование опорами при изгибе поковки, *8* — положение траверсы при осадке, *9* — расположение стоек опоры при рубке

8. Нельзя ковать остывший и пережженный металл.

9. Инструмент следует использовать только по его прямому назначению.

10. Нельзя допускать расклепывания ударного инструмента, так как это может привести к отскакиванию осколков при ударах.

11. При работе на молоте следует избегать холостых ударов; нельзя ставить поковку на край бойка.

12. При остановке молота верхний боек должен быть плавно опущен на нижний. Для удержания бабы в верхнем положении между бойками осторожно подводится подставка.

13. Клещи, ручной инструмент и заготовку кузнец должен удерживать сбоку, а не перед животом.

14. При рубке воспрещается топор ставить наклонно.

15. Запрещается пользоваться клинообразными подкладками при изготовлении поковок с коническими поверхностями.

16. Кузнец должен подавать команду подручному громко, четко и коротко. Сила удара указывается следующими командами: «наложь», «бей слегка», «бей сильней». Если кузнец применил неправильный или опасный прием, подручный должен прекратить удары и предупредить кузнеца о замеченной ошибке.

17. При рубке горячего металла последние удары нужно делать слабее.

18. Рубка металла под молотом вхолодную запрещена.

19. Воспрещается обливать горячие поковки водой или класть их в сырое место.

20. При неисправных гидравлических или воздушных манометрах работа воспрещается.

21. По окончании работы весь инструмент должен быть очищен, протерт насухо и поставлен в специальную стойку.

22. Поковки и отходы нужно складывать в специально отведенную тару.

23. При необходимости производится нужный ремонт, регулировка и смазка оборудования.

24. Помещение кузницы после окончания работы тщательно убирается и проветривается.

На рис. 169 показаны примеры правильной и неправильной (опасной) работы при ковке.

§ 49. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

Цель противопожарной профилактики — предотвращение пожаров и подготовка к быстрой ликвидации пожаров в случае их возникновения.

Пожар может возникнуть от искр, вылетающих из горна, а также при соприкосновении раскаленных заготовок (поковок) с легковоспламеняющимися предметами. Установка печей и горнов вблизи деревянных перегородок может привести к загоранию последних.

Кроме этого, пожары вызываются другими причинами, не связанными с особенностями работы в кузнице: неисправность отопительных приборов, небрежное обращение с легковоспламеняющимися веществами, попадание окурков на замасленные тряпки и т. п.

Для предупреждения пожаров в кузнечном цехе нужно соблюдать следующие правила.

1. Деревянные стены и перегородки должны иметь огнестойкую защиту (обшивку, обмазку и др.).

2. Расстояние от печи и горна до деревянной перегородки должно быть не менее 2,5 *м*.

3. В местах прохода дымовых труб через потолок или стену нужно сделать теплоизоляционную обкладку (например, из асбеста) и обшить ее листовым железом. Ширина обшивки на сторону должна быть не менее 0,3 *м*.

4. Легковоспламеняющиеся вещества (керосин, нефть, масла) должны храниться вне помещения цеха в специальной таре под замком.

5. В цехе разрешается хранить запас топлива не более чем на одну смену.

6. Замасленные концы, тряпки, пакля непосредственно после их употребления должны убираться из помещения цеха.

7. Дымоходы, отопительные приборы, вытяжные трубы должны подвергаться регулярной очистке и содержаться в исправном состоянии.

8. В помещении кузнечного цеха всегда должны быть элементарные средства тушения пожаров: огнетушитель, бочка с водой, ящик с песком, набор пожарного инвентаря: ведра, топор, багор, лом, лопата и др.

9. Нельзя допускать загромождения проходов и захламления помещения кузницы.

§ 50. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ

Подавляющее большинство несчастных случаев при работе в кузнечном цехе происходит вследствие нарушения правил техники безопасности. До оказания квалифицированной медицинской помощи рабочий должен уметь при несчастном случае принять неотложные меры первой помощи. Для этого в кузнице должна быть небольшая аптечка с необходимым набором медикаментов и перевязочных материалов.

Повреждение кожной ткани. Повреждение кожного покрова вызывает кровотечение. Всякое повреждение такого рода опасно, так как попадание инфекции в рану может вызвать нагноение с серьезными последствиями. Место ранения нужно смазать иодной настойкой (раствором). Промывать водой рану не следует. Если рана большая, то смазываются иодной настойкой только края ее. Накладывается повязка стерильным бинтом. Если при ранении конечности происходит сильное кровотечение, то нужно наложить выше раны жгут и затянуть его до полной остановки крови.

Ожоги. На обожженное место нужно немедленно наложить примочку с раствором марганцевокислого калия либо присыпать содой. Если поражена большая поверхность тела или ожог сопровождается появлением пузырей, то нужно обратиться за врачебной помощью.

Засорение глаз. В кузнечных цехах наиболее часто засорение глаз происходит от попадания частиц окалины, отлетающей при ударах по заготовке. Ни в коем случае нельзя протирать глаз грязными руками, платком или каким-либо предметом, так как это может вызвать его раздражение. Осмотреть веко можно лишь при помощи чисто вымытых рук. Если это не дает результатов, нужно немедленно обратиться к врачу.

Ушибы и переломы. При легком ушибе нужно на ушибленное место наложить холодный компресс. В случае сильного ушиба пострадавшего надо уложить, освободить его от стесняющей одежды и на ушибленное место прикладывать холодный компресс или лед.

Переломы являются очень серьезной травмой. При переломе

конечностей нужно с двух сторон наложить лубки и сделать повязку так, чтобы предотвратить возможное смещение костей. В качестве лубков можно использовать фанеру, толстый картон. Лубки должны быть достаточной длины и заходить за суставы пораженной части конечности.

Тепловой удар. В результате сильного перегрева тела может произойти тепловой удар. При этом пострадавший впадает в обморочное состояние, у него слабеет пульс, возможны также судороги. Пострадавшего выносят в прохладное место, расстегивают на нем одежду, опрыскивают грудь и лицо холодной водой, прикладывают на область сердца холодные водяные компрессы и дают нюхать нашатырный спирт.

Если пострадавший не дышит, вызывают врача и до его прибытия пострадавшему делают искусственное дыхание.

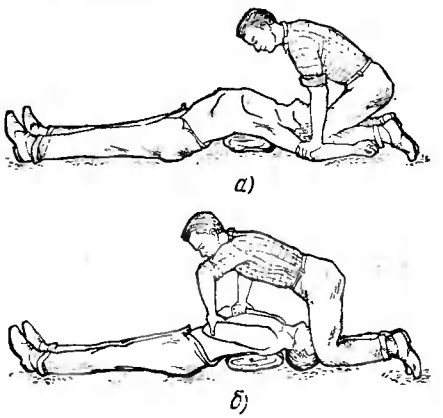


Рис. 170. Искусственное дыхание по способу Сильвестра:
а — вдох, *б* — выдох

Пострадавшего кладут на спину (рис. 170) и опрокидывают немного голову назад, расстегивают воротник и одежду, снимают ремень и стесняющую одежду. С помощью ложки, отвертки или другого подобного предмета разжимают пострадавшему зубы и удаляют изо рта и носа слизь и кровь. Для лучшего прохождения воздуха в легкие пострадавшего вытягивают язык и держат его вытянутым или привязывают платком к подбородку. Затем, стоя на коленях сзади головы пострадавшего, берут его за предплечья и отводят их от грудной клетки в сторону и кверху так, чтобы плечевые части рук легли рядом с головой — произойдет вдох (рис. 170, *а*). Продержав руки так около трех секунд (считая: раз, два, три), поднимают и отводят их книзу, осторожно прижимая к грудной клетке — произойдет выдох (рис. 170, *б*). Эти движения повторяют от 14 до 18 раз в минуту, т. е. по числу нормальных вдохов и выдохов человека.

Отравление газом. При отравлении газом у пострадавшего появляется одышка, головокружение, шум в ушах, рвота, затемнение сознания и судороги.

В помещение, отравленное газом, разрешается входить только в масках, с кислородным прибором или закрыв нос и уши мокрой тряпкой.

Пострадавшего выносят из отравленной зоны в помещение со

свежим воздухом, кладут на спину, расстегивают одежду и вызывают врача. При остановке у пострадавшего дыхания применяют искусственное дыхание и дают вдыхать кислород.

Поражение электрическим током. При поражении электрическим током нужно прежде всего прервать действие тока на пострадавшего — выключить рубильник. Если приходится перерубить провода, то это нужно сделать инструментом с деревянной рукояткой, причем, во избежание короткого замыкания, каждый из пары проводов перерубить отдельно.

Если ток не выключен, то, прежде чем отвести провод или оттянуть от него пострадавшего, нужно надеть резиновые перчатки и стать на резиновую или другую изолирующую подстилку либо надеть калоши. В тех случаях, когда пострадавший потерял сознание, нужно уложить его в комнате, где имеется доступ свежего воздуха, и вызвать врача. Если потеря сознания сопровождается остановкой дыхания, то нужно немедленно до прихода врача делать искусственное дыхание.

§ 51. ОЗДОРОВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА

На производстве должны быть созданы условия, обеспечивающие полную безопасность работы и нормальные санитарно-гигиенические условия труда. Каждый рабочий обязан хорошо изучить и точно и неуклонно выполнять все правила техники безопасности и охраны труда. Правильная организация труда, знание производства и точное выполнение правил техники безопасности являются лучшей гарантией от несчастных случаев и способствуют сохранению здоровья рабочего.

Наиболее часто травмы в кузнечном цехе вызываются следующими причинами: неисправностью оборудования, инструмента и приспособлений; отсутствием в опасных местах предохранительных устройств и ограждений; применением опасных и запрещенных приемов работы; плохим освещением и захламленностью рабочего места; отсутствием спецодежды и, наконец, несогласованностью действий кузнеца и подручного.

Кроме случаев травматизма, работа в кузнице при нарушении правил техники безопасности и охраны труда приводит к профессиональным заболеваниям. В основном такие заболевания вызываются тремя причинами: высокой и неравномерной температурой, создаваемой нагревательными печами и раскаленным металлом, загазованностью помещения и шумом. Во избежание этого, в кузнечном цехе должна поддерживаться равномерная температура не ниже 15° С.

В зимнее время при открывании торцовых ворот для входа железнодорожных вагонов с металлом автоматически должна обеспечиваться воздушная завеса, преграждающая доступ холодного воздуха (сквозняка) на рабочие места. Рекомендуется устанавливать душирующие вентиляторы так, чтобы струя воздуха подавалась на рабочего спереди и немного сбоку.

Хорошая приточно-вытяжная вентиляция, содержание помещения цеха в постоянном порядке и чистоте, поддержание равномерной температуры — вот те несложные меры, которые обеспечивают вполне нормальные условия работы и предупреждают профессиональные заболевания.

Для борьбы с шумом и вибрацией в кузнечных цехах радикальным средством является переход с молотов на гидравлические прессы. Значительному снижению шума и вибрации способствует также применение бесшаботных молотов, использование амортизационных прокладок под шаботы и фундаменты молотов, изоляция галтовочных барабанов изнутри звукопоглощающими материалами и др.

В качестве индивидуальных противошумных средств могут быть рекомендованы шлемы системы ВЦНИОТ с слуховым отверстием, автоматически перекрывающимся при возникновении шума и открывающимся после исчезновения его.

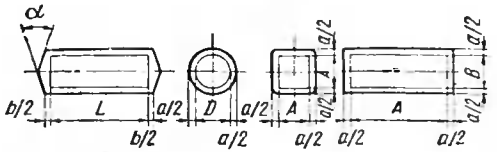
Оздоровлению условий труда рабочих в кузнечных цехах способствуют и такие меры, как отвод дыма от печей по боровам за пределы цеха; создание зеленых зон в непосредственной близости от рабочих мест; снижение температуры на рабочем месте до нормально допустимой; устранение сквозняков, вызываемых резким перепадом температур в зимнее время при открывании торцовых ворот; создание рационального климата и др.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как оказывается первая помощь при отравлении газом?
2. Как делают искусственное дыхание по способу Сильвестра?
3. Что нужно делать при получении раны с появлением крови?
4. В чем состоит первая помощь при тепловом ударе?

ПРИЛОЖЕНИЯ

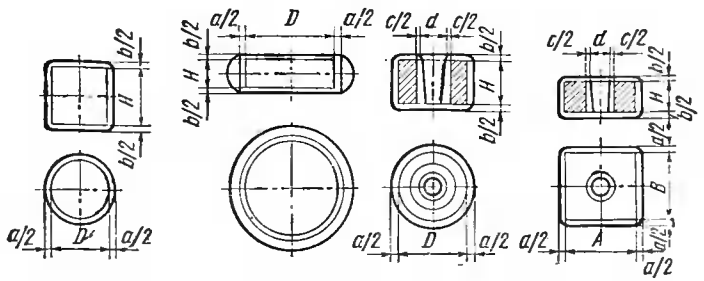
Приложение 1



Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали сплошные, круглого и прямоугольного сечения, гладкие, изготовляемые свободной ковкой на молотах

Длина детали L	Размеры детали, на которые начисляются припуски и допуски	Диаметр D или размеры сечения A и B					
		25—50	51—80	81—120	121—180	181—250	251—360
		Припуски a и b и отклонения					
До 250	D, A, B	5^{+1}_{-2}	6 ± 2	8 ± 3	—	—	—
	L	15 ± 6	18 ± 6	24 ± 8	—	—	—
251—500	D, A, B	6 ± 2	8^{+2}_{-3}	9 ± 3	10 ± 3	12^{+3}_{-4}	14^{+4}_{-5}
	L	18 ± 6	24 ± 8	27 ± 10	30 ± 10	36 ± 12	42 ± 12
501—800	D, A, B	7 ± 2	9^{+2}_{-3}	10 ± 3	11^{+3}_{-4}	13 ± 4	15 ± 5
	L	20 ± 6	27 ± 10	30 ± 10	33 ± 12	40 ± 12	45 ± 15
801—1250	D, A, B	8 ± 2	10^{+2}_{-3}	11^{+3}_{-4}	12 ± 4	14^{+4}_{-5}	16 ± 5
	L	24 ± 8	30 ± 10	33 ± 12	36 ± 12	42 ± 15	48 ± 15
1251—2000	D, A, B	10^{+2}_{-3}	11 ± 3	12^{+3}_{-4}	14 ± 4	15^{+4}_{-5}	18 ± 5
	L	30 ± 10	33 ± 10	36 ± 12	42 ± 12	45 ± 15	54 ± 15
2001—2500	D, A, B	12^{+2}_{-3}	13 ± 3	14^{+3}_{-4}	16^{+4}_{-5}	17 ± 5	—
	L	36 ± 10	39 ± 10	42 ± 12	43 ± 15	51 ± 15	—

Примечания: 1. Данные приложения 1 распространяются на детали с соотношением размеров $L>1{,}5\,D$ или $L>1{,}5\,B$ и $A<1{,}5\,B$. 2. Угол скоса α должен быть не более 10°. 3. У поковок прямоугольного сечения припуски и отклонения назначают по наибольшему размеру сечения.

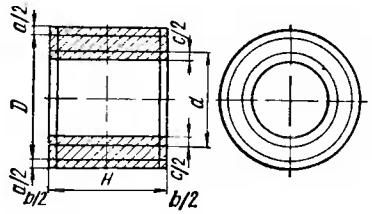


Припуски и допуски на поковки — цилиндры, диски, кубики, бруски, пластины сплошные и с отверстием, изготовляемые свободной ковкой на молотах (ГОСТ 7829—55)

Высота детали H	Диаметр D детали или размер A	Припуски a, b, c и отклонения				
		на высоту H	на размеры D, A, B	на диаметр d отверстия при разности $D-d$ или $A-d$		
				50—120	121—300	301 и более
До 50	До 50	7 ± 2	7 ± 2	—	—	—
	51—80	7 ± 2	8 ± 2	—	—	—
	81—120	7 ± 2	9 ± 2	14 ± 2	—	—
	121—180	7 ± 2	10 ± 2	15 ± 2	—	—
	181—250	8^{+2}_{-3}	11^{+2}_{-3}	16^{+3}_{-2}	17^{+3}_{-2}	—
	251—360	9^{+2}_{-3}	13 ± 4	—	19 ± 4	—
	361—500	10 ± 3	15 ± 5	—	21 ± 5	22 ± 5
51—80	До 50	7 ± 2	7 ± 2	—	—	—
	51—80	8 ± 2	8 ± 2	—	—	—
	81—120	8 ± 2	10 ± 2	15 ± 2	—	—
	121—180	8 ± 2	11^{+2}_{-3}	16^{+3}_{-2}	—	—
	181—250	9^{+2}_{-3}	12^{+2}_{-3}	17^{+3}_{-2}	18^{+3}_{-2}	—
	251—360	11 ± 3	14 ± 4	—	20 ± 4	—
	301—500	12 ± 4	16 ± 5	—	22 ± 5	23 ± 5
	501—630	14 ± 5	19 ± 7	—	25 ± 7	26 ± 7

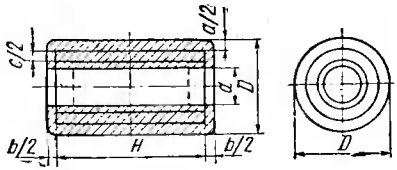
Высота детали H	Диаметр D детали или размер A	Припуски a, b, c и отклонения				
		на высоту H	на размеры D, A, B	на диаметр d отверстия при разности $D-d$ или $A-d$		
				50—120	121—300	301 и более
81—120	До 80	9 ± 2	9 ± 2	—	—	—
	81—120	11 ± 3	11 ± 3	16 ± 3	—	—
	121—180	11 ± 3	12 ± 3	17 ± 3	—	—
	181—150	12^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	19^{+4}_{-3}	20^{+4}_{-3}	—
	251—360	13 ± 4	16 ± 4	—	22 ± 4	—
	361—50	13 ± 4	18 ± 5	—	24 ± 5	25 ± 5
	501—630	16 ± 6	20 ± 7	—	26 ± 7	27 ± 7
121—180	До 120	12 ± 3	12 ± 3	17 ± 3	—	—
	121—180	13 ± 4	13 ± 4	18 ± 4	—	—
	181—250	14 ± 5	16 ± 5	21 ± 5	22 ± 5	—
	251—360	15 ± 5	18 ± 5	—	24 ± 5	—
	361—500	15 ± 5	20 ± 6	—	26 ± 6	27 ± 6
	501—630	17 ± 6	22 ± 8	—	28 ± 8	29 ± 8
181—250	До 180	14 ± 5	14 ± 5	19 ± 5	—	—
	181—250	17 ± 6	17 ± 6	22 ± 6	23 ± 6	—
	251—360	19 ± 6	19 ± 6	—	23 ± 6	—
	361—500	21 ± 7	21 ± 7	—	27 ± 7	28 ± 7
	501—630	24 ± 8	24 ± 8	—	30 ± 8	31 ± 8
251—360	До 250	19 ± 6	19 ± 6	24 ± 6	25 ± 6	—
	251—360	21 ± 7	21 ± 7	—	27 ± 7	—
	361—500	21 ± 7	24 ± 8	—	30 ± 8	31 ± 8
	501—630	22 ± 8	27 ± 9	—	33 ± 9	34 ± 9

Примечание. Таблица распространяется на сплошные цилиндры при $H<1{,}5D$; на бруски, кубики, пластины при $H<B$, $A<1{,}5\,B$; на диски при $H<0{,}5\,D$, на пластины с отверстиями при $H<B$, $A<1{,}5B$ $d<0{,}5\,B$ и на диски с отверстиями при $H<D$; $d<0{,}5$; $A<1{,}5\,B$; $d<0{,}5\,B$.



Припуски и допуски на поковки-кольца, у которых $H<D$ и $d\leqslant 0{,}5\,D$, изготовляемые свободной ковкой на молотах (ГОСТ 7829—55)

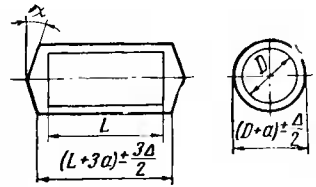
Высота детали H	Диаметр D детали	Припуски a, b, c и отклонения					
		на высоту H	на наружный диаметр D	на внутренний диаметр d при разности $D-d$			
				до 50	51—130	131—250	251—400
До 50	60—250	8^{+2}_{-3}	11 ± 3	14 ± 3	15 ± 3	—	—
	251—360	9^{+2}_{-3}	14 ± 5	17 ± 5	18 ± 5	19 ± 5	—
	361—500	10 ± 3	16 ± 7	19 ± 7	20 ± 7	21 ± 7	—
	501—800	12 ± 5	19 ± 9	22 ± 9	23 ± 9	24 ± 9	27 ± 9
51—80	60—250	9^{+2}_{-3}	12 ± 3	15 ± 3	16 ± 3	—	—
	251—360	11 ± 3	16 ± 5	19 ± 5	20 ± 5	21 ± 5	—
	361—500	12 ± 4	18 ± 7	21 ± 7	22 ± 7	23 ± 7	—
	501—800	14 ± 5	21 ± 9	24 ± 9	26 ± 9	26 ± 9	27 ± 8
81—120	81—250	11^{+3}_{-4}	14 ± 4	17 ± 4	18 ± 4	—	—
	251—360	13 ± 4	17 ± 5	20 ± 5	21 ± 5	22 ± 5	—
	361—500	14 ± 5	19 ± 7	22 ± 7	23 ± 7	24 ± 7	—
	501—800	17 ± 6	22 ± 9	25 ± 9	26 ± 9	27 ± 9	28 ± 9
121—180	121—250	13 ± 5	16 ± 5	19 ± 5	20 ± 5	—	—
	251—360	15 ± 5	18 ± 5	21 ± 5	22 ± 5	23 ± 5	—
	361—500	16 ± 6	20 ± 7	23 ± 7	24 ± 7	25 ± 7	—
	501—800	19 ± 6	23 ± 9	26 ± 9	27 ± 9	28 ± 9	29 ± 9
181—250	181—250	15 ± 6	18 ± 6	21 ± 6	22 ± 6	—	—
	251—360	17 ± 6	20 ± 6	23 ± 6	24 ± 6	25 ± 6	—
	361—500	18 ± 7	22 ± 7	25 ± 7	26 ± 7	27 ± 7	—
	501—800	21 ± 7	25 ± 9	28 ± 9	29 ± 9	30 ± 9	31 ± 9
251—360	251—360	19 ± 7	23 ± 7	26 ± 7	26 ± 7	28 ± 7	—
	361—500	20 ± 8	25 ± 8	28 ± 8	29 ± 8	30 ± 8	—
	501—800	23 ± 9	28 ± 10	31 ± 10	32 ± 10	33 ± 10	34 ± 10



Припуски и допуски на поковки-цилиндры с отверстием, у которых $H>D$; $H<1{,}5D$; $d<0{,}5D$ и d не менее 50 *мм*, изготовляемые свободной ковкой на молотах (ГОСТ 7829—55)

Высота детали H	Диаметр D детали	Припуски a, b, c и отклонения				
		на высоту H	на наружный диаметр D	на диаметр отверстия d		
				при разности $D-d$		
				до 60	61—130	131—180
60—120	60—120	14±5	14±4	17±4	—	—
121—180	60—180	17±6	16±5	19±5	20±5	—
181—250	120—250	19±6	18±6	22±6	22±6	23±6
251—360	180—250	22±8	23±7	26±7	27±8	28±8
	251—360	24±10	23±7	26±7	27±8	28±8
361—530	250—360	27±10	25±9	28±9	29±9	30±9

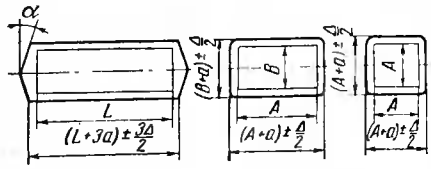
Примечания: 1. Таблица распространяется на детали, у которых $H>D$, $H<1{,}5D$, $d>0{,}5D$ и d не менее 50 *мм*. 2. Сверх припусков в отверстии допускается конусность до 1 : 20.



Припуски и допуски на поковки—сплошные, круглого сечения, гладкие из углеродистой и легированной стали, изготовляемые свободной ковкой на прессах (ГОСТ 7062—54)

Длина L детали, *мм*	Диаметр детали D, *мм*									
	до 200	201—250	251—315	316—400	401—500	501—630	631—800	801—1000	1001—1600	1601—2000
	Припуски a на диаметр детали и отклонения $\pm\frac{\Delta}{2}$, *мм*									
До 1 000	16±6	18±6	20±7	22±8	24±8	26±9	—	—	—	—
1 001— 1 600	18±6	20±7	22±8	24±8	26±9	28±10	30±11	—	—	—
1 601— 2 500	20±7	22±8	24±8	26±9	28±10	30±11	32±11	36±13	40±14	—
2 501— 4 000	22±8	24±8	26±9	28±10	30±11	32±11	34±12	38±13	42±15	47±17
4 001— 6 300	24±8	26±9	28±10	30±11	32±11	34±12	36±13	40±14	44±15	50±18
6 301—10 000	26±9	28±10	30±11	32±11	34±12	36±13	38±13	45±16	—	—
10 001—16 000	28±10	30±11	32±11	34±12	36±13	38±13	42±15	50±18	—	—
16 001—20 000	34±12	36±13	38±13	40±14	42±15	44±16	48±17	56±20	—	—

Примечания: 1. Таблица распространяется на детали, у которых длина $L \geqslant 1{,}2D$. 2. Припуски a и отклонения $\pm\frac{\Delta}{2}$ на диаметры назначаются в зависимости от длины L и диаметра детали D. 3. Припуск на длину детали принимается равным 3 a. 4. Отклонения $\pm\frac{\Delta}{2}$ на длину поковки принимаются равными трем отклонениям на диаметр. 5. Угол скоса α должен быть не больше 20°. 6. Скосы отрубов не должны препятствовать постановке центров.



Припуски и допуски на размеры гладких сплошных поковок прямоугольного сечения, изготовляемых свободной ковкой на прессах (ГОСТ 7062—54)

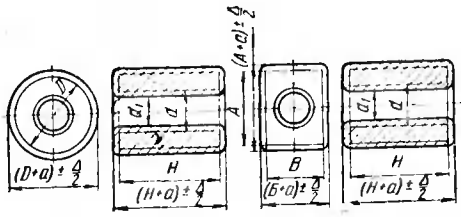
Длина L детали, *мм*	Сторона прямоугольника A, B, *мм*									
	до 200	201—250	251—315	316—400	401—500	501—630	631—800	801—1000	1001—1250	1251—1600
	Припуски a и отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$									
До 1 000	18±7	20±7	22±8	24±8	26±9	28±10	—	—	—	—
1 001— 1 600	20±7	22±8	24±8	26±9	28±10	30±11	32±11	—	—	—
1 601— 2 500	22±8	24±8	26±9	28±10	30±11	32±11	34±12	36±13	38±13	—
2 501— 4 000	24±8	26±9	28±10	30±11	32±11	34±12	36±13	38±13	40±14	42±15
4 001— 6 300	26±9	28±10	30±11	32±11	34±12	36±13	38±13	40±14	42±15	44±15
6 301—10 000	30±11	32±11	34±12	36±13	38±13	40±14	42±15	44±15	46±16	48±17
10 001—16 000	34±12	36±13	38±13	40±14	42±15	44±15	46±16	50±17	56±20	60±21
16 001—20 000	42±15	44±15	46±16	48±17	50±17	52±18	54±19	60±21	66±23	72±25

Примечания. 1. Таблица распространяется на детали, у которых длина $L<1{,}2\ B$. 2. Припуск a и отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$ на размеры сечений назначаются в зависимости от длины и размеров каждой из сторон сечения детали.

Приложение 7

Припуски и допуски на размеры поковок сплошных цилиндров и брусков, изготовляемых свободной ковкой на прессах (ГОСТ 7062—54)

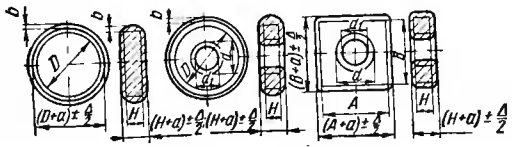
Высота детали	Размеры: диаметр цилиндра и стороны бруска								
	200—250	251—315	316—400	401—500	501—630	631—800	801—1000	1001—1250	1251—1600
	Припуски a и отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$								
200—315	20±7	22±8	24±8	26±9	—	—	—	—	—
316—500	22±8	24±8	26±9	28±10	30±11	32±12	34±13	—	—
501—800	—	—	—	30±11	32±12	34±13	37±14	40±15	—
801—1250	—	—	—	—	—	37±14	40±15	44±16	50±17
1251—2000	—	—	—	—	—	—	—	50±17	56±19



Припуски и допуски на наружные размеры поковок — муфты и бруски с отверстиями, изготовляемых свободной ковкой на прессах (ГОСТ 7062—54)

Высота *H*	Наружные размеры *D*, *A*, *B*									
	до 200	201—250	251—315	316—400	401—500	501—630	631—800	801—1000	1001—1250	1251—1600
До 200	14±5	16±6	18±7	—	—	—	—	—	—	—
201—315	16±6	18±7	20±8	22±9	24±10	26±11	—	—	—	—
316—500	—	20±8	22±9	24±10	26±11	28±12	30±13	32±14	—	—
501—800	—	—	—	—	28±12	30±13	32±14	34±15	36±16	40±17
801—1250	—	—	—	—	—	—	34±15	36±16	38±17	42±18
1251—2000	—	—	—	—	—	—	—	—	42±18	46±19

Приложение 9



Припуски и допуски на наружные размеры поковок—диски и пластины сплошные и с отверстиями, изготовляемых свободной ковкой на прессах (ГОСТ 7062—54)

Высота *H* детали	Наружные размеры *D*, *A*, *B*						
	315—400	401—500	501—630	631—800	801—1000	1001—1250	1251—1600
	Припуски *a* и отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$						
160—200	—	22±7	25±8	28±9	33±12	—	—
201—315	22±7	25±8	28±9	31±10	36±13	41±14	—
316—500	—	—	31±10	34±12	39±14	44±15	49±17
501—800	—	—	—	—	42±15	47±16	52±18

Приложение 10

Припуски и допуски на поковки, изготовляемые в подкладных штампах на ковочных молотах

Высота или диаметр детали	Длина или диаметр детали															
	до 100			101—150			151—200			201—250			251—300			301—350		
	Припуск на сторону и допуск на размер																	
	припуск	тип допуска		припуск	тип допуска		припуск	тип допуска		припуск	тип допуска		припуск	тип допуска		припуск	тип допуска	
		I	II		I	II		I	II		I	II		I	II		I	II
До 25	2,0	+1,0 −0,5	+1,0	2,5	+0,5 −0,5	+1,5	3,0	+1,5 −0,5	+2,0	3,5	+1,5 −0,5	+2,0	4,0	+2,0 −0,5	+2,5	4,5	+2,0 −0,8	+2,5
26—50	2,5	+1,5 −0,5	+2,0	3,0	+1,5 −0,5	+2,0	3,5	+1,5 −0,5	+2,0	4,0	+2,0 −0,8	+2,0	4,5	+2,0 −0,8	+2,5	5,0	+2,5 −0,8	+2,5
51—75	3,0	+1,5 −0,5	+2,0	3,5	+2,0 −0,8	+2,0	4,0	+2,0 −0,8	+2,0	4,5	+2,0 −0,8	+2,5	5,0	+2,5 −1,0	+3,0	5,5	+2,5 −1,0	+3,5
76—100	3,5	+2,0 −0,8	+2,0	4,0	+2,5 −1,0	+2,5	4,5	+2,0 −0,8	+2,5	5,0	+2,0 −0,8	+3,0	5,5	+3,0 −1,0	+3,0	6,0	+3,0 −1,0	+3,5
101—125	4,0	+2,0 −1,0	+2,0	4,5	+2,5 −1,0	+2,5	5,0	+2,5 −1,0	+3,0	5,5	+2,5 −1,0	+3,0	6,0	+3,0 −1,0	+3,0	6,5	+3,5 −1,0	+3,5
126—150	4,5	+2,5 −1,0	+2,5	5,0	+2,5 −1,0	+3,0	5,5	+3,0 −1,0	+3,0	6,0	+3,0 −1,0	+3,0	6,5	+3,5 −1,0	+3,5	7,0	+3,5 −1,0	+3,5
151—175	5,0	+3,0 −1,0	+2,5	5,5	+3,0 −1,0	+3,0	6,0	+3,5 −1,0	+3,5	6,5	+3,5 −1,0	+3,5	7,0	+3,5 −1,0	+3,5	7,5	+4,0 −1,0	+3,0
176—200	5,5	+3,0 −1,0	+2,5	6,0	+3,0 −1,0	+3,0	6,5	+3,0 −1,0	+3,5	7,0	+3,0 −1,0	+4,0	7,5	+4,0 −1,0	+4,0	8,0	+4,0 −1,0	+4,0

Примечания: 1. Типы допуска: I — в направлении, параллельном плоскости разъема штампов, II — в направлении, перпендикулярном плоскости разъема штампов. 2. Припуски и допуски на отверстия, прошиваемые под молотом, берутся в 1,5 раза больше и с обратным знаком.

Приложение 11

Допуски на детали, изготовляемые горячей объемной штамповкой из черных металлов

Вес штампованных поковок, *кг*	Элементы допусков, определяемых по весу штампованных поковок, *мм*						Номинальные радиусы закруглений внешних углов в штампованных поковках (рекомендуемые)	Толщина (высота), длина или ширина штампованных поковок, *мм*	Элементы допусков, определяемые по размерам штампованных поковок, *мм*			
	По недоштамповке или износу штампов		По смещению		По заусенцам				По температурному интервалу штамповки	По эксцентричности отверстий, прошиваемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах	На размеры, не зависящие от износа штампов	По кривизне (стреле прогиба), короблению и спиральности
	+	−	при штамповке на молотах	при штамповке на прессах и горизонтально-ковочных машинах	по периметру среза заусенцев и просечек	при „безоблойной" штамповке на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах						
Первая группа поковок												
До 0,25	0,40	0,20	0,30	0,20	0,2	0,5	0,8	До 50	±0,05	0,50	±0,10	0,25
Свыше 0,25 до 0,63	0,50	0,25	0,35	0,25	0,5	1,0	1,0	Свыше 50 до 120	±0,12	0,63	±0,16	0,25
„ 0,63 „ 1,60	0,63	0,32	0,40	0,30	0,8	1,6	1,5	„ 120 „ 180	±0,18	0,80	±0,20	0,32
„ 1,60 „ 2,50	0,80	0,40	0,45	0,35	1,0	2,0	1,5	„ 180 „ 260	±0,26	1,00	±0,32	0,32
„ 2,50 „ 4,00	0,90	0,45	0,50	0,40	1,2	2,5	2,0	„ 260 „ 360	±0,36	1,5	±0,40	0,40
„ 4,00 „ 6,30	1,00	0,50	0,63	0,50	1,5	3,2	2,5	„ 360 „ 500	±0,50	2,5	±0,63	0,50
„ 6,30 „ 10,00	1,10	0,55	0,70	0,60	1,6	3,5	2,5	„ 500 „ 630	±0,63	—	±0,80	—
„ 10,00 „ 16,00	1,20	0,60	0,80	0,60	1,7	4,0	2,5	„ 630 „ 800	±0,80	—	±1,00	—
„ 16,00 „ 25,00	1,40	0,70	0,90	0,70	1,8	4,5	3,0	„ 800 „ 1000	±1,00	—	±1,15	—
„ 25,00 „ 40,00	1,60	0,80	1,00	0,70	1,9	5,0	3,0	„ 1000 „ 1250	±1,25	—	±1,25	—
„ 40,00 „ 63,00	2,00	1,00	1,20	—	2,0	5,5	3,0	„ 1250 „ 1600	±1,60	—	±1,40	—
„ 63,00 „ 100,00	2,60	1,30	1,40	—	2,2	6,5	3,5	„ 1600 „ 2000	±2,00	—	±1,60	—
„ 100,00 „ 125,00	3,00	1,50	1,60	—	2,4	8,0	3,5	„ 2000 „ 2500	±2,50	—	±1,80	—
„ 125,00 „ 160,00	3,60	1,80	1,80	—	2,6	10,0	4,0					
„ 160,00 „ 200,00	4,10	2,00	2,20	—	3,0	12,0	5,5					

Вторая группа поковок

Вес поковки, кг									Размеры поковки, мм							
	До 0,25	0,6	0,3	0,4	0,3	0,4	2,0	1,0		До 0,25	±0,10	0,8	±0,2	0,5
Свыше 0,25 до	0,63	0,8	0,4	0,5	0,4	0,6	2,5	1,5	Свыше	50 до 120	±0,24	1,4	±0,4	0,5
„ 0,63 „	1,60	1,2	0,5	0,6	0,5	0,8	3,0	2,0	„	120 „ 180	±0,36	2,0	±0,5	0,5
„ 1,60 „	2,50	1,4	0,6	0,8	0,6	1,0	3,5	2,5	„	180 „ 260	±0,52	2,8	±0,6	0,6
„ 2,50 „	4,00	1,6	0,7	1,0	0,7	1,2	4,0	3,0	„	260 „ 360	±0,72	3,2	±0,7	0,7
„ 4,00 „	6,30	1,7	0,8	1,1	0,8	1,3	4,5	3,0	„	360 „ 500	±1,00	3,6	±0,8	—
„ 6,30 „	10,00	1,8	0,9	1,2	0,9	1,5	5,0	3,5	„	500 „ 630	±1,26	—	±0,9	0,8
„ 10,00 „	16,00	2,0	1,0	1,3	1,0	1,7	5,5	3,5	„	630 „ 800	±1,60	—	±1,0	—
„ 16,00 „	25,00	2,2	1,1	1,4	1,1	1,9	6,0	4,0	„	800 „ 1000	±2,00	—	±1,2	—
„ 25,00 „	40,00	2,5	1,2	1,6	1,2	2,1	7,0	4,0	„	1000 „ 1250	±2,50	—	±1,5	—
„ 40,00 „	63,00	3,0	1,3	1,8	—	2,4	8,0	4,5	„	1250 „ 1600	±3,20	—	±1,8	—
„ 63,00 „	100,00	4,0	1,4	2,2	—	3,0	10,0	4,5	„	1600 „ 2000	±4,00	—	±2,2	—
„ 100,00 „	125,00	4,6	1,5	2,4	—	3,4	12,00	5,0	„	2000 „ 2500	±5,00	—	±2,7	—
„ 125,00 „	160,00	5,4	1,6	2,7	—	3,8	15,00	6,0						
„ 160,00 „	200,00	6,4	1,8	3,2	—	4,4	19,00	8,00						

Третья группа поковок

Вес поковки, кг									Размеры поковки, мм							
	До 0,25	1,0	0,5	0,6	0,5	1,0	2,5	1,0		До 50	±0,15	1,0	±0,3	0,5
Свыше 0,25 до	0,63	1,5	0,7	0,8	0,6	1,5	3,0	1,5	Свыше	50 до 120	±0,36	1,5	±0,6	0,5
„ 0,63 „	1,60	2,0	1,0	1,2	0,7	2,0	3,5	2,0	„	120 „ 180	±0,54	2,5	±0,7	0,7
„ 1,60 „	2,50	2,5	1,3	1,4	0,8	2,5	4,0	2,5	„	180 „ 260	±0,78	3,5	±0,9	0,9
„ 2,50 „	4,00	2,7	1,4	1,5	0,9	2,7	4,5	3,0	„	260 „ 360	±1,08	4,5	±1,1	1,0
„ 4,00 „	6,30	3,0	1,6	1,7	1,0	3,0	5,0	3,0	„	360 „ 500	±1,5	5,5	±1,2	1,1
„ 6,30 „	10,00	3,5	1,9	2,0	1,2	3,5	6,0	3,5	„	500 „ 630	±1,89	—	±1,3	—
„ 10,00 „	16,00	3,7	2,0	2,1	1,3	3,7	6,5	3,5	„	630 „ 800	±2,40	—	±1,5	—
„ 16,00 „	25,00	4,0	2,2	2,3	1,4	4,0	7,0	4,0	„	800 „ 1000	±3,00	—	±1,8	—
„ 25,00 „	40,00	5,0	2,5	2,6	1,6	4,5	9,0	4,0	„	1000 „ 1250	±3,75	—	±2,1	—
„ 40,00 „	63,00	6,0	2,8	2,9	—	5,0	11,0	4,5	„	1250 „ 1600	±4,80	—	±2,5	—
„ 63,00 „	100,00	8,0	3,4	3,5	—	6,0	15,0	4,5	„	1600 „ 2000	±6,00	—	±3,0	—
„ 100,00 „	125,00	9,0	3,7	3,8	—	6,5	17,0	5,0	„	2000 „ 2500	±7,50	—	±3,5	—
„ 125,00 „	160,00	11,0	4,3	4,4	—	7,5	21,0	6,0						
„ 160,00 „	200,00	13,0	4,9	5,0	—	8,5	25,0	8,0						

Приложение 12

Припуски на механическую обработку штампованных поковок на сторону, *мм*

Вес штампованных поковок, кг	Толщина (высота), длина или ширина штампованных поковок, изготовленных															
	на прессах						на молотах						на горизонтально-ковочных машинах			
	до 50	50—120	120—180	180—260	260—360	360—500	до 50	50—120	120—180	180—260	260—360	360—500	до 50	50—120	120—180	180—260	260—360	360—500

Первая группа поковок

До 0,25	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5
Свыше 0,25 до 0,63	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,4	1,5	1,8
„ 0,63 „ 1,60	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0
„ 1,60 „ 2,50	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,7	1,7	1,8	2,0	2,3
„ 2,50 „ 4,00	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4
„ 4,00 „ 6,30	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9
„ 6,30 „ 10,00	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,4	2,6	4,7	2,7	2,9	3,2
„ 10,00 „ 16,00	1,8	1,8	2,9	2,0	2,1	2,2	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,7	2,7	2,9	3,0	3,2	3,3
„ 16,00 „ 25,00	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3,0	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6
„ 25,00 „ 40,00	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	3,2	3,3	3,3	3,5	3,6	3,9
„ 40,00 „ 63,00	—	—	—	—	—	—	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	—	—	—	—	—	—
„ 63,00 „ 100,00	—	—	—	—	—	—	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	—	—	—	—	—	—
„ 100,00 „ 125,00	—	—	—	—	—	—	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,7	—	—	—	—	—	—
„ 125,00 „ 160,00	—	—	—	—	—	—	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	—	—	—	—	—	—
„ 160,00 „ 200,00	—	—	—	—	—	—	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	—	—	—	—	—	—

Вторая группа поковок

	До 0,25		0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	—	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	—	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3	—
Свыше	0,25 до	0,63	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	2,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	1,7	1,9	2,0	2,3	2,6	3,0
„	0,63 „	1,60	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,0	2,2	2,3	2,6	2,9	3,3
„	1,60 „	2,50	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,3	2,5	2,6	2,9	3,2	3,6
„	2,50 „	4,00	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,6	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	2,6	2,8	2,9	3,2	3,5	3,9
„	4,00 „	6,30	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,8	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	2,9	3,1	3,2	3,5	3,8	4,2
„	6,30 „	10,00	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	3,0	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,2	3,4	3,5	3,8	4,1	4,5
„	10,00 „	16,00	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,2	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,5	3,7	3,8	4,1	4,4	4,8
„	16,00 „	25,00	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	4,0	4,1	4,4	4,7	5,1
„	25,00 „	40,00	2,7	2,8	3,0	3,1	3,3	3,6	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1	4,3	4,4	4,7	5,0	5,5
„	40,00 „	63,00	—	—	—	—	—	—	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	—	—	—	—	—	—
„	63,00 „	100,00	—	—	—	—	—	—	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6	—	—	—	—	—	—
„	100,00 „	125,00	—	—	—	—	—	—	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	—	—	—	—	—	—
„	125,00 „	160,00	—	—	—	—	—	—	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3	—	—	—	—	—	—
„	160,00 „	200,00	—	—	—	—	—	—	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	6,0	—	—	—	—	—	—

Третья группа поковок

	До 0,25		1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	—	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	—	1,8	2,1	2,4	2,7	3,2	1,0
Свыше	0,25 до	0,63	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,7	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,5	4,6
„	0,63 „	1,60	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	3,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,4	2,6	2,9	3,2	3,5	4,0	4,0
„	1,60 „	2,50	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,3	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,4	5,3
„	2,50 „	4,00	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,5	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,9	3,3	3,6	3,9	4,2	4,7	5,8
„	4,00 „	6,30	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,8	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	4,2	3,8	4,1	4,4	4,7	5,2	5,2
„	6,30 „	10,00	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	4,1	3,2	3,4	3,6	3,8	4,1	4,6	4,2	4,5	4,8	5,1	5,6	6,4
„	10,00 „	16,00	3,0	3,2	3,4	3,6	3,9	4,3	3,4	3,6	3,8	4,0	4,3	4,8	4,5	4,8	5,2	5,5	6,0	6,9
„	16,00 „	25,00	3,3	3,5	3,7	3,9	4,2	4,6	3,7	3,9	4,1	4,3	4,6	5,1	5,0	5,3	5,7	6,0	6,5	6,3
„	25,00 „	40,00	3,6	3,8	4,0	4,2	4,5	4,9	4,1	4,3	4,5	4,7	5,0	5,5	5,4	5,7	6,1	6,4	6,9	7,0
„	40,00 „	63,00	—	—	—	—	—	—	4,5	4,7	4,9	5,1	5,4	5,9	—	—	—	—	—	—
„	63,00 „	100,00	—	—	—	—	—	—	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,8	—	—	—	—	—	—
„	100,00 „	125,00	—	—	—	—	—	—	5,8	6,0	6,2	6,4	6,7	7,2	—	—	—	—	—	—
„	125,00 „	160,00	—	—	—	—	—	—	6,6	6,8	7,0	7,2	7,5	8,0	—	—	—	—	—	—
„	160,00 „	200,00	—	—	—	—	—	—	7,6	7,8	8,0	8,2	8,5	9,0	—	—	—	—	—	—

Приложение 13

Международная система единиц — СИ

Международная система единиц (ГОСТ 9867—61)			Некоторые единицы других систем и внесистемные		
Величина	Наименование единицы	Сокращенное обозначение единицы	Наименование единицы	Сокращенное обозначение единицы	Соотношение с единицей СИ
Основные единицы					
Длина	метр	*м*	сантиметр	*см*	0,01 *м*
Масса	килограмм	*кг*	грамм	*г*	0,001 *кг*
			килограмм-сила-секунда в квадрате на метр	*кгс·сек²/м*	9,80665 *кг*
Время	секунда	*сек*	минута	*мин*	60 *сек*
Сила тока	ампер	*а*	—	—	—
Термодинамическая температура T	градус Кельвина	°К	градус Цельсия	°С (t)	°К = t+273,15
Сила света	свеча	*св*	—	—	—
Дополнительные единицы					
Плоский угол	радиан	*рад*	градус	. . . . . °	0,01745329 *рад*
Телесный угол	стерадиан	*стер*	—	—	—
Некоторые производные единицы					
Плотность, объемная масса	килограмм на кубический метр	*кг/м³*	грамм на кубический сантиметр	*г/см³*	10^3 *кг/м³*
Механическая сила	ньютон	*н*	килограмм-сила	*кгс, кГ*	9,80665 *н*
Давление, механическое напряжение	ньютон на квадратный метр	*н/м²*	килограмм-сила на квадратный сантиметр	*кгс/см²*	$9{,}80665 \cdot 10^4$ *н/м²*
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	*дж*	килограмм-сила-метр	*кгс·м*	9,80665 *дж*
Мощность, тепловой поток	ватт	*вт*	килограмм-сила-метр в секунду	*кгс·м/сек*	9,80665 *вт*

ЛИТЕРАТУРА

Амиров И. М. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах. Машгиз, 1961.

Боринский М. А. и Степанов В. С. Свободная ковка на молотах. Машгиз, 1961.

Боровских А. А. и Щукин А. Г. Машинист гидравлического пресса. Машгиз, 1962.

Горский С. П. Свободная ковка на прессах. Машгиз, 1961.

Екимов К. К. Механизация и автоматизация кузнечно-штамповочного производства. Машгиз, 1960.

Ключников С. И. Повышение точности поковок. Машгиз, 1960.

Коньков А. С. Кузнечное производство. Машиностроение, 1966.

Коротин И. М. Нагрев металла в кузнечно-штамповочных цехах. «Высшая школа», 1966.

Крымский И. И. Машинная ковка. Машгиз, 1960.

Стычинский В. В., Бешелев С. Д. Предупреждение образования окалины и методы очистки деталей. Машиностроение, 1964.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава I. **Предварительные сведения о кузнечном производстве** . . . 7

Глава II. **Исходные материалы** 14

§ 1. Металлы, применяемые в машиностроении 14
§ 2. Кузнечные слитки 19
§ 3. Прокат 22
§ 4. Пороки исходного материала 23
§ 5. Цветные металлы и сплавы 25

Глава III. **Нагрев металла и нагревательные устройства** 27

§ 6. Топливо для нагрева металла 27
§ 7. Устройства для сжигания топлива 29
§ 8. Режим и способы нагрева кузнечных заготовок 34
§ 9. Нагревательные устройства 44
§ 10. Обслуживание печей 63
§ 11. Охлаждение поковок 69

Глава IV. **Кузнечный инструмент** 74

§ 12. Основной (технологический) инструмент 74
§ 13. Вспомогательный инструмент и механизмы 87
§ 14. Измерительный инструмент 89

Глава V. **Основы пластической деформации** 93

§ 15. Сущность обработки металлов давлением 93
§ 16. Законы пластической деформации 98

Глава VI. **Основные операции свободной ковки** 100

§ 17. Биллетировка слитка 100
§ 18. Рубка 100
§ 19. Осадка 102
§ 20. Протяжка 104
§ 21. Прошивка 112
§ 22. Гибка 114
§ 23. Разворот (закручивание) 115
§ 24. Кузнечная сварка 116

Глава VII. **Оборудование для машинной ковки** 118

§ 25. Общие сведения 118
§ 26. Пневматические молоты 119
§ 27. Паровоздушные молоты 123
§ 28. Гидравлические и парогидравлические прессы 131
§ 29. Выбор веса падающих частей молота и усилий пресса 135

Глава VIII. **Технологический процесс изготовления поковок свободной ковкой** 137

§ 30. Технологический процесс ковки. Припуски. Допуски. Напуски. Чертеж поковки 137
§ 31. Определение веса и размера исходной заготовки 144
§ 32. Примеры свободной ковки 149
§ 33. Изготовление поковок из быстрорежущей стали 157
§ 34. Ковка в подкладных штампах 160

Глава IX. Объемная штамповка 163

§ 35. Сущность процесса горячей объемной штамповки 163
§ 36. Оборудование и штампы для горячей объемной штамповки . . 166
§ 37. Технологический процесс штамповки на молотах 174
§ 38. Технологический процесс штамповки на прессах 186
§ 39. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах 188
§ 40. Холодная объемная штамповка 192

Глава X. Отделочные операции, контроль и приемка поковок . . . 201

§ 41. Термическая обработка и очистка поковок 201
§ 42. Контроль и приемка поковок 203

Глава XI. Механизация и автоматизация кузнечных работ 205

§ 43. Задачи и роль механизации и автоматизации в кузнечном производстве 206
§ 44. Средства механизации и автоматизации производственных процессов 208

Глава XII. Организация рабочего места и труда 219

§ 45. Организация рабочего места 219
§ 46. Организация труда 222
§ 47. Техническое нормирование и организация заработной платы . . 227

Глава XIII. Техника безопасности 231

§ 48. Общие правила 231
§ 49. Противопожарная профилактика 233
§ 50. Первая помощь при несчастных случаях 234
§ 51. Оздоровление условий труда 236

Приложения 238
Литература 254

Ной Мануилович Гликин

КОВКА НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ

Научный редактор *С. И. Ключников*
Редактор *А. М. Мокрецов*
Технический редактор *Н. А. Битюкова*
Корректор *И. Д. Король*

Т-09425 Сдано в набор 26/I—68 г. Подп. к печати 27/VI—68 г.
Формат 60×90¹/₁₆ Объем 16 печ. л. Уч.-изд. л. 15,14
Изд. № М-78 Тираж 10 000 экз. Цена 45 коп.
Тематический план издательства «Высшая школа» (профтехобразование)
на 1968 г. Позиция № 69
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,
Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 8 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР,
Хохловский пер., 7. Зак. 237

45 коп

ВЫСШАЯ ШКОЛА 1968

Н. М. ГЛИКИН

КОВКА НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ