

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технологии металлов

## **Операции ковки и расчет поковки**

Методические указания к лабораторной работе

по дисциплине

«Материаловедение и технология конструкционных материалов»  
для студентов агроинженерского факультета и факультета  
«Технический сервис в АПК»

Минск, 2007

УДК 669: 620.178(07)

ББК 34.2 я 7

О 62

Методические указания к лабораторной работе «Операцииковки и расчет поковки» рассмотрены на заседании методического Совета факультета «Технический сервис в АПК» и рекомендованы к изданию на ротапринте БГАТУ.

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2006г.

Составители: профессор, д.т.н. Кацевич Вячеслав Михайлович

ст. преподаватель Корнеева Валерия Константиновна

доцент, к.т.н. Калиновский Виктор Рувимович

*Рисунки к методическим указаниям выполнены студентом*

*2 курса 33 тс группы Маршиным Владимиром Александровичем*

Рецензенты: зав. отделением ГНУ ИПМ, д.т.н. Л. П. Пилиневич  
доцент, к.т.н. К. В. Сашко

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПЕРАЦИИ КОВКИ И РАСЧЕТ ПОКОВКИ».....</b>	<b>4</b>
<b>1 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ .....</b>	<b>4</b>
1.1 Операции ковки .....	5
1.2 Оборудование и инструмент для ковки .....	10
1.3 Нагрев металла перед ковкой .....	13
<b>2 РАСЧЁТ ПОКОВКИ И НАЗНАЧЕНИЕ МАРШРУТА ТЕХПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВКИ .....</b>	<b>15</b>
2.1 Определение объёма и массы поковки .....	15
2.2 Определение объёма и массы исходной заготовки .....	16
2.3 Определение размеров исходной заготовки .....	18
2.4 Выбор температурного интервала ковки .....	19
2.5 Определение продолжительности нагрева исходной заготовки.....	19
2.6 Определение массы падающих частей молота .....	19
2.7 Выбор основных технологических операций и рабочего инструмента для изготовления заданной поковки .....	19
2.8 Составление маршрутной карты технологического процесса изготовления поковки.....	19
<b>3 ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОКОВКИ .....</b>	<b>20</b>
3.1 Определение объёма и массы поковки .....	20
3.2 Определение объёма и массы исходной заготовки .....	21
3.3 Определение размеров исходной заготовки .....	21
3.4 Выбор температурного интервала ковки .....	21
3.5 Определение продолжительности нагрева исходной заготовки.....	22
3.6 Определение массы падающих частей молота .....	22
3.7 Выбор основных технологических операций и рабочего инструмента для изготовления заданной поковки .....	22
3.8 Составление маршрутной карты технологического процесса изготовления поковки .....	23
Содержание отчета .....	24
Контрольные вопросы .....	24
Литература .....	25
Приложение .....	26

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПЕРАЦИИ КОВКИ И РАСЧЕТ ПОКОВКИ»

*Цель работы:* освоить разработку технологического процессаковки.

*Студент должен знать:*

- основные операцииковки;
- инструмент, используемый приковке;
- методику расчётов технологического процессаковки.

*Студент должен уметь:*

- выбирать оборудование, инструмент и режимы при разработке технологического процессаковки.

### 1 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

**Обработка металлов давлением** — технологический метод производства деталей путем пластического деформирования исходной заготовки силовым воздействием инструмента на металл. Заготовка, полученная методомковки, называется **поковкой**.

**Ковка** — вид горячей обработки металлов давлением, при котором пластическое деформирование проводят путем локальных многократных воздействий на отдельные участки заготовки. В результате такого воздействия металл свободно течет в направлениях, не ограниченных рабочими поверхностями универсального инструмента. Ковка — единственный вид обработки металлов давлением, который позволяет получить крупные поковки массой от 0,1 кг до 300 т. Как правило, заготовками для небольших поковок служит сортовой прокат, блюмы и отливки.

Применяемый приковке универсальный инструмент не создает интенсивного сопротивления течению металла в стороны, что и отличаетковку от других видов обработки давлением. Ковка может быть машинной на молотах и прессах, а также ручной. Ручнаяковка применяется в основном для получения мелких поковок и при ремонтных работах.

При ковке происходит не только изменение формы и размеров заготовки, но и изменение её структуры. В результате чего происходит заварка усадочных и газовых микропор, трещин и прочих несплошностей. Разрушается дендритная структура металла. Крупные кристаллиты первичной кристаллизации начинают вытягиваться в направлении течения металла. Вместе с ними вытягиваются скопления неметаллических включений, располагающихся по границам дендритов. По мере вытягивания эти скопления постепенно принимают форму прядей и придают микроструктуре металла волокнистое строение. Последующая обработка давлением и термическая обработка не могут устранить волокнистое макростроение, полученное при ковке. В поковке в направлении расположения волокон достигаются более высокие значения пластичности, ударной вязкости и предела выносливости.

## 1.1 Операцииковки

Поковки получают в результате осуществления технологического процессаковки.

**Технологический процесс** — совокупность технологических операций выполняемых планомерно и последовательно в пространстве и времени для получения деталей, заготовок, изделий.

Операцииковки подразделяются на предварительные, основные, вспомогательные и отделочные и отличаются применяемым инструментом.

**Переходом** называется часть операции получения каждой новой поверхности одним инструментом.

К *предварительным операциям*ковки относятся разрубка и надрубка.

**Разрубка** — разделение поковки или заготовки на части путем внедрения кузнечного инструмента.

**Надрубка** — образование углублений на заготовке за счет внедрения кузнечного инструмента на неполную толщину заготовки.

**К основным операциям**ковки относятся осадка, протяжка, прошивка, отрубка, гибка, передача.

**Осадка** — операция уменьшения высоты заготовки с увеличением площади ее поперечного сечения (рисунок 1, *а*). Осадку заготовки осуществляют между бойками или подкладными плитами (рисунок 1, *б*).

Разновидностью осадки является **высадка**. При высадке осадка осуществляется на отдельном участке заготовки. Примером высадки (рисунок 1, *в*) является изготовление головки болта.

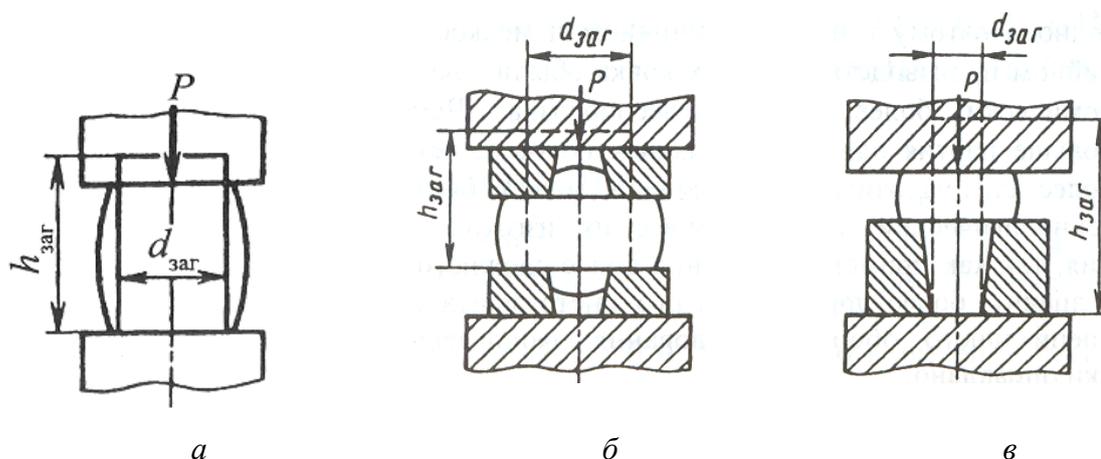


Рисунок 1 – Схемы осадки: *а* — между плоскопараллельными бойками;  
*б* — в кольцах; *в* – высадка

**Протяжка** — операция удлинения заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения (рисунок 2, *а*). Протяжку проводят последовательными ударами или нажатиями на отдельные участки, прилегающие один к другому, с одновременным перемещением заготовки и поворотами ее на  $90^\circ$ . При каждом нажатии уменьшается высота сечения, увеличиваются ширина и длина заготовки. Общее увеличение длины равно сумме приращений длин за каждое нажатие. При этом увеличение ширины остается равным по всей длине заготовки. Если заготовку повернуть на  $90^\circ$  вокруг горизонтальной оси и повторить протяжку, то уширение, полученное в предыдущем проходе, устраняется, а длина заготовки снова увеличивается. Чем меньше подача при каждом нажатии, тем интенсивнее удлинение. Однако при слишком малой подаче могут получиться зажимы (рисунок 2, *б*).

Протягивать можно плоскими (рисунок 2, а) и вырезными (рисунок 2, в) бойками. При протяжке на плоских бойках в центре изделия могут возникнуть (особенно при протяжке круглого сечения) значительные растягивающие напряжения, которые приводят к образованию осевых трещин. При протяжке с круга в круг в вырезных бойках силы, направленные с четырех сторон к осевой линии заготовки, способствуют более равномерному течению металла и устранению возможности образования осевых трещин.

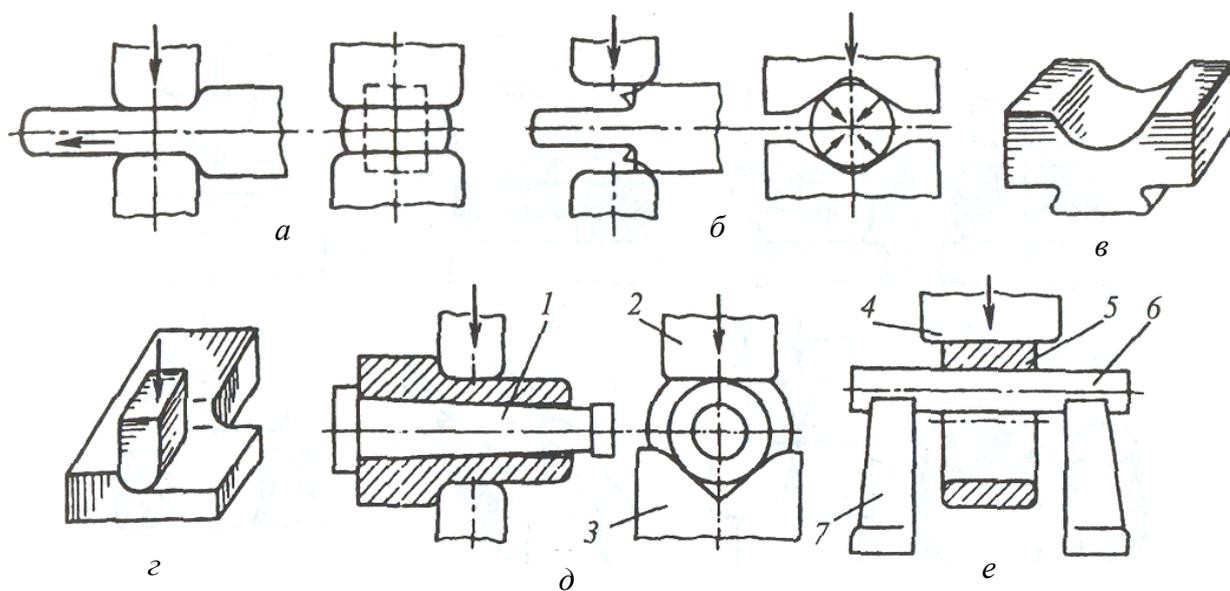


Рисунок 2 – Схемы протяжки и ее разновидности

Протяжка имеет ряд разновидностей.

**Разгонка** — операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины (рисунок 2, з).

**Протяжка с оправкой** — операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок (рисунок 2, д). Протяжку выполняют в вырезных бойках (или нижнем вырезном 3 и верхнем плоском 2) на слегка конической оправке 1. Протягивают в одном направлении — к расширяющемуся концу оправки, что облегчает ее последующее удаление из поковки.

**Раскатка на оправке** — операция одновременного увеличения наружного и внутреннего диаметров кольцевой заготовки за счет уменьшения

толщины ее стенок (рисунок 2, е). Заготовка 5 опирается внутренней поверхностью на цилиндрическую оправку 6, устанавливаемую концами на подставках 7, и деформируется между оправкой и узким длинным бойком 4. После каждого нажатия заготовку поворачивают относительно оправки.

Изменение микроструктуры и механических свойств слитка при осадке и протяжке зависит от степени деформации, которая выражена величиной коэффициента уковки:

– в случае увеличения поперечного сечения (осадка)

$$U_k = F_k / F_n \text{ или}$$

– в случае уменьшения поперечного сечения (протяжка)

$$U_k = F_n / F_k ,$$

где  $F_n$  — начальная площадь поперечного сечения;

$F_k$  — конечная площадь поперечного сечения.

Требуемое значение коэффициента уковки выбирают в зависимости от формы и назначения поковок. Так для придания волокнистой структуры средней части слитка углеродистой стали достаточным считается протяжка или осадка с  $U_k$  равным 2,5–3. Для поковок из стали карбидного класса, при ковке которых требуется измельчение карбидов и их равномерное распределение по сечению, необходимо принимать  $U_k$  равным 8–12. При ковке из проката достаточно, чтобы  $U_k$  был равным 1,3–1,5.

Очевидно, чем больше уковка, тем лучше прокован металл и тем выше его механические свойства. Поэтому протяжку применяют не только для получения поковок с удлиненной осью (валы, рычаги, тяги и т.п.), но и в чередовании с осадкой — для большей уковки металла заготовки, из которой будут изготавливаться механической обработкой ответственные детали (шестерни, муфты и т.п.).

**Прошивка** — операция получения полостей в заготовке за счет вытеснения металла (рисунок 3, а). Прошивкой можно получить сквозное отверстие или углубление (глухая прошивка). Инструментом для прошивки слу-

жат прошивни *сплошные* и *пустотелые*. Последними прошивают отверстия большого диаметра (400–900 мм). При сквозной прошивке сравнительно тонких поковок применяют подкладные кольца (рисунок 3, б). Более толстые поковки прошивают с двух сторон без подкладного кольца (рисунок 3 а). Диаметр прошивня выбирают равным не более  $1/2$ – $1/3$  наружного диаметра заготовки. При большем диаметре прошивня форма заготовки значительно искажается. Прошивка сопровождается удаляемой частью – отходом, называемой *выдрой*.

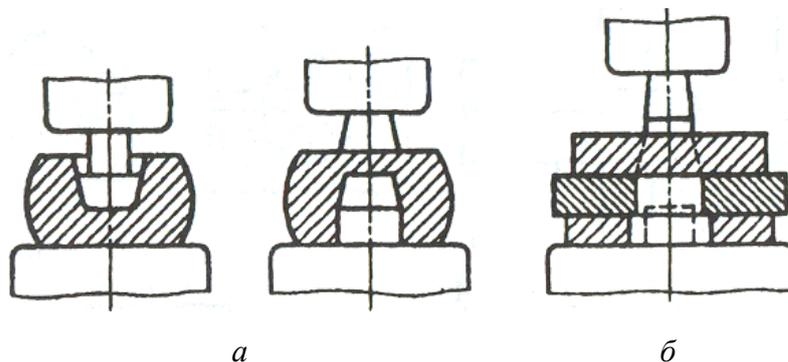


Рисунок 3 – Схемы прошивки:

а — двусторонняя; б — сквозная

**Отрубка** — операция отделения части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента — топора (рисунок 4). Отрубку применяют для получения из заготовок большой длины нескольких коротких заготовок, а также для удаления излишков металла на концах поковок, прибыльной и донной частей слитков и т.п. Инструмент для отрубки — топоры различной формы.

**Гибка** — операция придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру (рисунок 5). Этой операцией получают угольники, скобы, крючки, кронштейны и т.п. Гибка сопровождается искажением первоначальной формы поперечного сечения заготовки и уменьшением его площади в зоне изгиба, называемым *утяжкой*. Для компенсации утяжки в зоне изгиба заготовке придают увеличенные поперечные размеры. При гибке возможно образование складок по внутреннему контуру и трещин по наружному. Во избежание

этого явления по заданному углу изгиба подбирают соответствующий радиус скругления.

**Передача** — смещение одной части заготовки относительно другой при сохранении параллельности осей или плоскостей частей заготовки (рисунок 6).

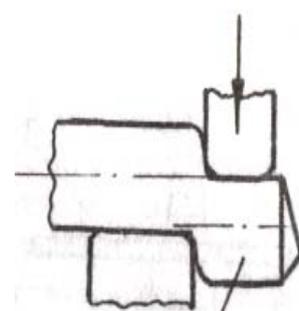
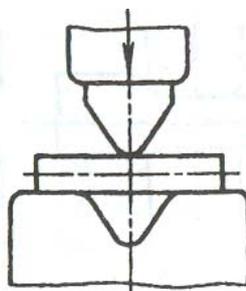
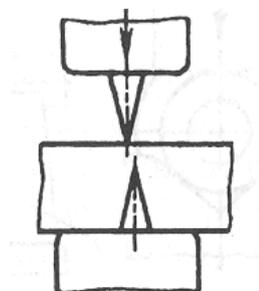


Рисунок 4 – Схема отрубki

Рисунок 5 – Схема гибки

Рисунок 6 – Схема передачи

**К вспомогательным операциям** относят кузнечную сварку.

**Кузнечная сварка** — операция соединения частей заготовок, нагретых до сварочной температуры, с применением давления.

**К отделочным операциям**ковки относят правку давлением, раздачу и проглаживание.

**Правка давлением** — устранение искажений формы заготовки.

**Раздача** — увеличение размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему периметру.

**Проглаживание** — устранение неровностей поверхности заготовки последовательным местным деформированием.

## 1.2 Оборудование и инструмент дляковки

Приковке обрабатываемая заготовка получает необходимую форму и размеры путем ее постепенного обжатия в различных частях между бойками молота или прессы, а также с применением универсального кузнечного инструмента.

Ковку выполняют на ковочных молотах и ковочных гидравлических прессах.

**Гидравлические прессы** — машины статического действия; продолжительность деформации на них может составлять от единиц до десятков секунд. Металл деформируется приложением силы, создаваемой с помощью жидкости (водной эмульсии или минерального масла), подаваемой в рабочий цилиндр прессы.

**Молоты** — машины динамического, ударного действия. Продолжительность деформации на них составляет тысячные доли секунды. Металл деформируется за счет энергии, накопленной подвижными (падающими) частями молота к моменту их соударения с заготовкой.

Пневматические молоты, которые наиболее часто используются для обработки небольших поковок, являются машинами двойного действия: удар по заготовке осуществляется не только массой свободно падающих частей, но и сжатого воздуха. Воздух подается в надпоршневую зону рабочего цилиндра. В массу падающих частей пневматического молота входят массы бабы, штока, поршня и верхнего бойка.

Масса падающих частей  $G$  в зависимости от массы исходной заготовки ( $M_{исх}$ ) или диаметра сортового проката ( $d_{сорт}$ ) исходной заготовки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Масса ( $G$ ) падающих частей пневматического молота

Масса падающих частей ( $G$ ), кг	Масса исходной заготовки ( $M_{исх}$ ), кг		$d_{сорт}$ , мм
	Средняя	Наибольшая	
75	0,3	1,2	45
150	1,5	4,0	60
250	2,5	8,0	75
400	6,0	18,0	100
560	9,0	28,0	120
750	12,0	40,0	135
1000	20,0	70,0	160

Кузнечный инструмент по назначению делят на три группы: основной, вспомогательный и контрольно-измерительный.

**1. Основной инструмент** обеспечивает деформирование металла и придание ему требуемой формы и размера. Основным инструментом подразделяют на опорный, ударный и подкладной.

*Опорный инструмент* представляет собой массивную опору, на которой выполняют практически все кузнечные операции. Опорным инструментом для ручнойковки служат наковальни различных типов.

К *ударному инструменту* относят бойки молота или пресса (при машиннойковки), кувалды (при ручнойковки), с помощью которых выполняют основную работу деформации металла, и ручки (кузнечные молотки), которые применяют для нанесения слабых ударов и указания места нанесения мощных ударов молотобойца (при ручнойковки).

*Подкладной инструмент* устанавливают либо на заготовку, либо на наковальню под заготовку. В первом случае удары ударным инструментом (кувалдой или бойком молота) наносят по подкладному инструменту, с помощью которого получают поковку требуемой формы. Во втором — удары наносят по заготовке, и она деформируется под действием подкладного инструмента снизу. К подкладному инструменту относятся кузнечные зубила, подбойки, гладилки, раскатки, пережимки, обжимки, гвоздильни, формы, прошивки и оправки.

**2. Вспомогательный инструмент** используется для удержания и манипулирования поковкой в процессе обработки. К вспомогательному инструменту относятся клещи с различной формой губок, всевозможные патроны, вилки, различные кантователи, приспособления для подъема и удержания поковок.

**3. Контрольно-измерительный инструмент** обеспечивает контроль размеров заготовки и поковки в процессе обработки и после её завершения. К контрольно-измерительному инструменту относят линейки, штангенциркули, угломеры, кузнечные кронциркули, посадочные линейки, нутромеры, скобы, калибры и т.п.

### 1.3 Нагрев металла перед ковкой

Для повышения пластичности металла и снижения усилий, необходимых для его обработки, заготовки перед ковкой нагревают. Выбор режима нагрева заключается в обоснованном выборе температуры нагрева с учетом температурного интервала их обработки, а также определения продолжительности нагрева и выдержки заготовок. Во избежание дефектов как при нагреве заготовки (перегрев, пережог, обезуглероживание и т. д.), так и при пластической деформации (холодные и горячие трещины, наклеп и т. п.) изготовление поковки производится в соответствующем ей температурном интервале.

Температурный интервалковки зависит от марки обрабатываемого сплава. Температуру началаковки следует назначать на 50–100 °С ниже температуры солидуса сплава. Заканчивать деформирование следует при температуре не ниже температуры рекристаллизации; деформирование при более низких температурах может привести к образованию трещин вследствие снижения пластичности. В то же время окончание процесса деформирования при температурах выше, чем температура рекристаллизации, также нежелательно, т.к. пребывание при высоких температурах может привести к чрезмерному росту зерна и, следовательно, снижению механических характеристик материала.

Для сталей температуру начала и концаковки можно определить по диаграмме Fe–C (рисунок 6).

Время нагрева  $\tau$  определяют по формуле Н.Н. Доброхотова:

$$\tau = \alpha k d \sqrt{d}, \text{ ч}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий способ укладки заготовок в печи (рисунок 8);

$k$  — коэффициент, зависящий от марки стали (для углеродистых и низколегированных сталей  $k = 10$ , для высокоуглеродистых и высоколегированных сталей  $k = 20$ );

$d$  — диаметр или сторона квадрата заготовки, м.

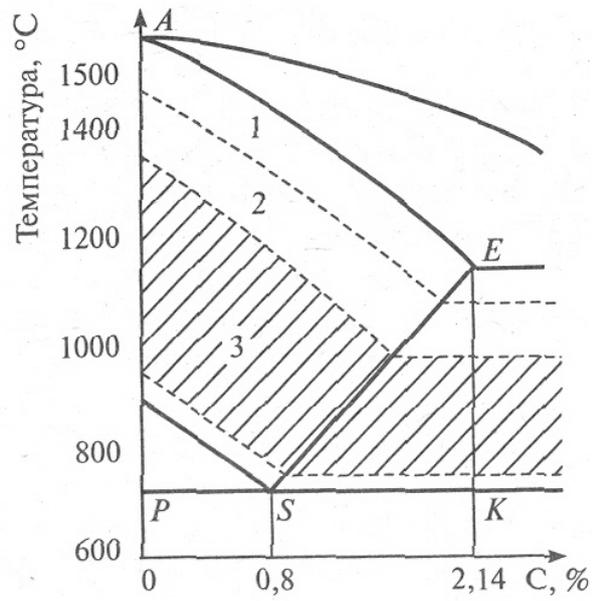


Рисунок 7 – Диаграмма состояния Fe-C:  
 1 — пережог, 2 — перегрев; 3 — область горячей обработки давлением (ковки)

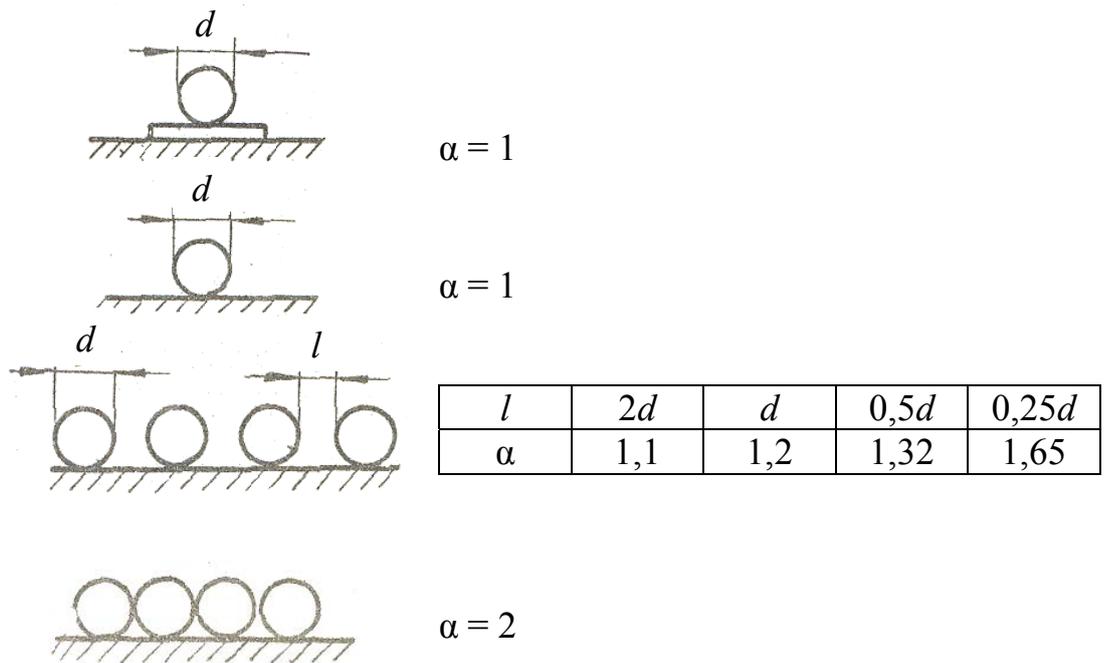


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента  $\alpha$  от способа укладки заготовок в печи

## 2 РАСЧЁТ ПОКОВКИ И НАЗНАЧЕНИЕ МАРШРУТА ТЕХПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВКИ

Расчёта поковки и назначение маршрута технологического процесса осуществляются в следующей последовательности (варианты индивидуальных заданий приведены в приложении):

1. Определение объёма и массы поковки.
2. Определение объёма и массы исходной заготовки.
3. Определение размеров исходной заготовки.
4. Выбор температурного интервалаковки.
5. Определение продолжительности нагрева исходной заготовки.
6. Определение массы падающих частей молота.
7. Выбор основных технологических операций и рабочего инструмента для изготовления заданной поковки.
8. Составление маршрутной карты технологического процесса изготовления поковки.

### 2.1 Определение объёма и массы поковки

Расчёт поковки начинается с выполнения эскиза заданной поковки. Эскиз выполняется в масштабе, самостоятельно выбранном студентом в соответствии с заданием. На эскизе указываются номер задания, название поковки, все размеры, необходимые для ее построения, марка стали, из которой выполняется поковка, требуемое количество поковок. Для расчета объёма поковки рассчитывают объёмы простых геометрических фигур ( $V_1; V_2; V_3; V_4 \dots V_n$ ), из которых она состоит. Объём поковки  $V_{\text{пок}}$  представляет собой сумму объёмов отдельных ее элементов:

$$V_{\text{пок}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n, \text{ см}^3. \quad (2)$$

Масса поковки определяется по формуле:

$$M_{\text{пок}} = V_{\text{пок}} \rho, \text{ Г}, \quad (3)$$

где  $\rho$  — плотность металла поковки (для большинства марок сталей  $\rho = 7,86 \text{ г/см}^3$ ).

## 2.2 Определение объема и массы исходной заготовки

Полученные в результатековки поковки в дальнейшем подвергаются механической обработке для получения нужных размеров детали. С этой целью на поковках предусматриваются припуски на последующую механическую обработку. *Припуск* — величина превышения размера поковки над номинальным размером готовой детали, которая обеспечивает получение требуемого размера и чистоты поверхности детали после обработки поковки резанием. Величины припусков на поковки, изготавливаемые ковкой, стандартизированы. Изготовление ковкой повок сложной конфигурации представляет зачастую большие трудности. Поэтому из условий экономической целесообразности преднамеренно упрощают форму поковки с помощью напусков. *Напуск* — дополнительный объем металла сверх припуска на механическую обработку, вводимый в поковку с целью упрощения ее конфигурации. Величина напуска назначается индивидуально в каждом конкретном случае при проектировании поковки. Напуск удаляется совместно с припуском при обработке поковки резанием.

Определение припусков и напусков на механическую обработку в поковках не входит в задачу настоящей лабораторной работы. С этим вопросом студенты более подробно ознакомятся на старших курсах.

В процессековки происходит потеря металла вследствие его угара при нагреве. Кроме этого, имеют место потери металла на угар, обсежку, вырубку и т.д. По этой причине объем исходной заготовки больше, чем объем поковки:

$$V_{\text{исх}} = V_{\text{пок}} + V_{\text{уг}} + V_{\text{обс}}, \text{ см}^3,$$

где  $V_{\text{исх}}$  — объем исходной заготовки,  $\text{см}^3$ ;

$V_{\text{уг}}$  — объем потери металла на угар,  $\text{см}^3$ ;

$V_{\text{обс}}$  — объем потери металла на обсежку,  $\text{см}^3$ .

Суммарное значение объема потерь металла на угар и обсежку зависит от конфигурации поковки и может быть определено из выражения:

$$V_{\text{уг}} + V_{\text{обс}} = V_{\text{пок}}\beta, \text{ см}^2,$$

где  $\beta$  — относительная доля потерь на угар и обсечку от общего объема поковки.

Тогда с учетом этого выражения объем исходной заготовки

$$V_{\text{исх}} = V_{\text{пок}} + \beta V_{\text{пок}} = V_{\text{пок}}(1 + \beta). \quad (4)$$

Значения величин  $\beta$  для поковок различной конфигурации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения величины  $\beta$  для различных конфигураций поковок

№ п/п	Конфигурация поковок	$\beta$
1.	Глухие фланцы, пластины, кубики, бруски	0,015–0,025
2.	Фланцы с отверстием, хомуты, подвески, гайки	0,02
3.	Кольца	0,025
4.	Гладкие валы, вилки	0,05–0,07
5.	Валы и валики с односторонними уступами или фланцами, болты, шпонки, башмаки, траверсы, зубила кузнечные	0,07–0,1
6.	Валы и валики с двусторонними уступами или буртиками, оси, шпиндели, тяги, серьги, скобы	0,1–0,15
7.	Гаечные ключи, поковки типа шатунов	0,15–0,18
8.	Рычаги, сложные шатуны, кривошипцы	0,18–0,25
9.	Коленчатые валы, рычаги кривые и двуплечие	0,25–0,30

Масса исходной заготовки  $M_{\text{исх}}$  определяется по формуле:

$$M_{\text{исх}} = V_{\text{исх}} \cdot \rho, \text{ г.} \quad (5)$$

### 2.3 Определение размеров исходной заготовки

В качестве исходных заготовок для получения поковок могут быть использованы отливки или прокат. В данной лабораторной работе в качестве исходного материала для заготовки под поковку будем использовать сортовую горячекатаную сталь, стандартные диаметры которой  $d_{\text{сорт}}$  приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень диаметров, мм, горячекатаной стали (ГОСТ 2590-88)

11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	60, 62, 63, 65, 67, 68
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29	70, 72, 75, 78
30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39	80, 82, 85, 87
40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48	90, 92, 95, 97, 100
50, 52, 53, 54, 55, 56, 58	

Если первой технологической операцией будет протяжка или осадка, то диаметр исходной заготовки  $d_{\text{исх}}$  можно определить следующим образом. Приравниваем площадь поперечного сечения исходной заготовки  $S_{\text{исх}}$  к площади максимального поперечного сечения поковки после первой операции  $S_{\text{max}}$  с учетом коэффициента уковки  $Y_{\text{к}}$ :

$$S_{\text{исх}} = S_{\text{max}} Y_{\text{к}},$$

Зная, что  $S_{\text{исх}} = \frac{\pi d_{\text{исх}}^2}{4}$ , получаем:

$$d_{\text{исх}} = \sqrt{\frac{4S_{\text{max}} Y_{\text{к}}}{\pi}}, \text{ мм}, \quad (6)$$

Расчетное значение  $d_{\text{исх}}$  сравнивается со значением  $d_{\text{сорт}}$  из таблице 3. Если  $d_{\text{исх}}$  не равно  $d_{\text{сорт}}$ , то выбирается численное наиболее близкое значение  $d_{\text{сорт}}$  из условия  $d_{\text{сорт}} > d_{\text{исх}}$ .

Длина исходной заготовки  $L_{\text{исх}}$  определяется из выражения:

$$L_{\text{исх}} = \frac{V_{\text{исх}}}{S_{\text{сорт}}}, \text{ мм}, \quad (7)$$

где  $S_{\text{сорт}}$  — площадь поперечного сечения сортового проката, равная

$$S_{\text{сорт}} = \frac{\pi d_{\text{сорт}}^2}{4}.$$

#### **2.4 Выбор температурного интервалаковки**

Температурный интервалковки для углеродистых сталей определяется по диаграмме состояния Fe–C (рисунок 6).

#### **2.5 Определение продолжительности нагрева исходной заготовки**

Продолжительность нагрева исходной заготовки определяется по формуле (1).

#### **2.6 Определение массы падающих частей молота**

Масса падающих частей молота  $G$  в зависимости от массы исходной заготовки  $M_{\text{исх}}$  или диаметра сортового проката  $d_{\text{сорт}}$  исходной заготовки выбирается из таблицы 1.

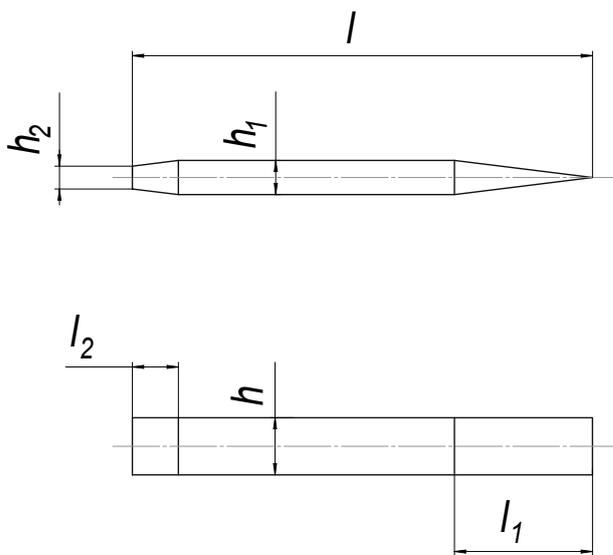
#### **2.7 Выбор основных технологических операций и рабочего инструмента для изготовления заданной поковки**

В зависимости от конфигурации поковки производится выбор технологических операций и необходимого инструмента для ее получения. Установленный порядок выполнения операций и необходимый инструмент приводится в технологической карте на заданную поковку.

#### **2.8 Составление маршрутной карты технологического процесса изготовления поковки**

При составлении технологической карты в логической последовательности назначаются операции и переходы, выполняются эскизы каждого перехода с необходимыми размерами, указываются использованное при выполнении перехода оборудование и инструмент.

### 3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ



Вариант 36

Наименование поковки –

зубило кузнечное

Марка стали – У8А

Количество поковок – 3 шт.

Геометрические параметры (мм):

$l = 200$

$l_1 = 60$

$l_2 = 20$

$h = 25$

$h_1 = 15$

$h_2 = 10$

Рисунок 9 – Эскиз поковки

#### 3.1 Определение объёма и массы поковки

Элементы поковки — треугольная призма ( $V_1$ ), прямоугольная призма ( $V_2$ ), усеченная пирамида ( $V_3$ ).

$$V_1 = \left(\frac{1}{2} h_1 l_1\right) h; \quad V_2 = (l - (l_1 + l_2)) h h_1; \quad V_3 = \frac{1}{3} (h_2 h + h_1 h + \sqrt{h_2 h \times h_1 h}) l_2;$$

Определяем объем поковки по формуле (2):

$$\begin{aligned} V_{\text{пок}} &= V_1 + V_2 + V_3 = \\ &= \left( \left( \frac{1}{2} \times 15 \times 60 \right) 25 \right) + ((200 - (60 + 20)) 25 \times 15) + \\ &+ \left( \frac{1}{3} (10 \times 25 + 15 \times 25 + \sqrt{10 \times 25 \times 15 \times 25}) 20 \right) = 58500 \text{ мм}^3 = 58,5 \text{ см}^3 \end{aligned}$$

Определяем массу поковки по формуле (3):

$$M_{\text{пок}} = V_{\text{пок}} \rho = 58,5 \times 7,86 = 460 \text{ Г.}$$

$$V_{\text{пок}} = 58,5 \text{ см}^3; \quad M_{\text{пок}} = 460 \text{ Г}$$

### 3.2 Определение объёма и массы исходной заготовки

Объём исходной заготовки определяем по формуле (4):

$$V_{\text{исх}} = V_{\text{пок}}(1 + \beta) = 58,3 + (1 + 0,07) = 62,4 \text{ см}^3.$$

Массу исходной заготовки определяем по формуле (5):

$$M_{\text{исх}} = V_{\text{исх}} \rho = 62,4 \times 7,86 = 490 \text{ г.}$$

$$V_{\text{исх}} = 62,4 \text{ см}^3; \quad M_{\text{исх}} = 490 \text{ г}$$

### 3.3 Определение размеров исходной заготовки

Диаметр исходной заготовки рассчитываем по формуле (6), принимая площадь поперечного сечения поковки после первой операции (протяжки) равной  $F_{\text{max}} = h_1 h$ :

$$d_{\text{исх}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{max}} Y_{\text{к}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4h_1 h Y_{\text{к}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 15 \times 20 \times 1,3}{3,14}} = 22,3 \text{ мм.}$$

Сравнивая расчетное значение  $d_{\text{исх}}$  с  $d_{\text{сорт}}$  из таблицы 2, принимаем  $d_{\text{сорт}} = 23 \text{ мм.}$

Длину исходной заготовки определяем по формуле (7):

$$L_{\text{исх}} = \frac{V_{\text{исх}}}{S_{\text{сорт}}} = \frac{V_{\text{исх}}}{\frac{\pi d_{\text{сорт}}^2}{4}} = \frac{62400}{\frac{3,14 \times 23^2}{4}} = 150 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{сорт}} = 23 \text{ мм}; \quad L_{\text{исх}} = 150 \text{ мм}$$

### 3.4 Выбор температурного интервалаковки

Температурный интервалковки определяем по диаграмме Fe–C (рисунок 6) (для стали У8А (0,8 % углерода) температура началаковки  $t_{\text{н}} = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура концаковки  $t_{\text{к}} = 790 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

$$t_{\text{н}} = 1200 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_{\text{к}} = 790 \text{ }^\circ\text{C}$$

### 3.5 Определение продолжительности нагрева исходной заготовки

Время нагрева определяем по формуле (1). Заготовки диаметром  $d_{\text{сорт}} = 23$  мм расположим в печи на расстоянии  $l = d_{\text{сорт}}$ . В этом случае, исходя из рисунок 8,  $\alpha$  принимаем равным 1,2. Для стали У8А значение  $k$  принимаем равным 20. Тогда

$$\tau = \alpha k d \sqrt{d} = \tau = \alpha k d_{\text{сорт}} \sqrt{d_{\text{сорт}}} = 1,2 \times 20 \times 0,023 \times \sqrt{0,023} = 0,084 \text{ ч.}$$

$$\tau = 0,084 \text{ ч}$$

### 3.6 Определение массы падающих частей молота

Для заготовки диаметром  $d_{\text{сорт}} = 23$  мм и массой  $M_{\text{исх}} = 0,49$  кг массу падающих частей молота  $G$  (исходя из данных таблицы 1) принимаем равной 75 кг.

$$G = 75 \text{ кг}$$

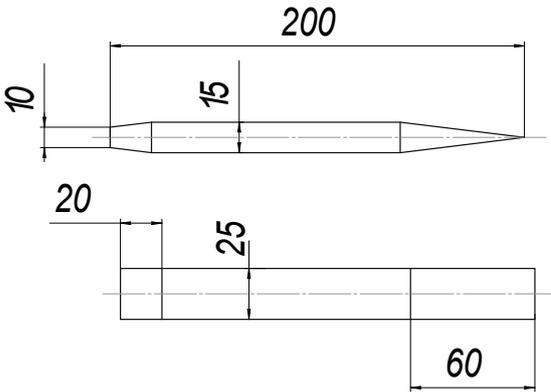
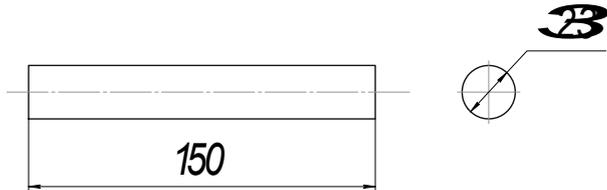
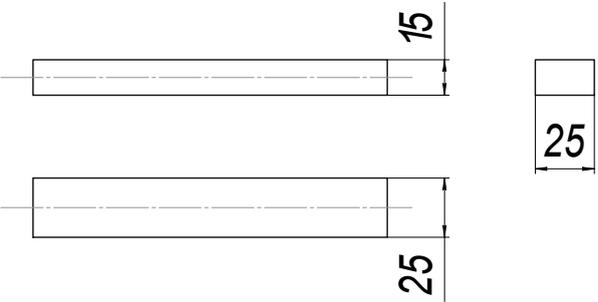
### 3.7 Выбор основных технологических операций и рабочего инструмента для изготовления заданной поковки

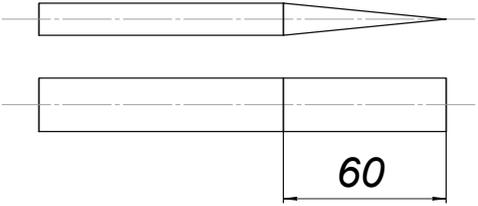
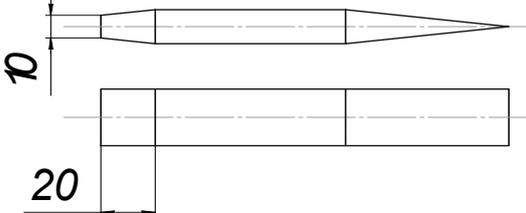
При изготовлении поковки зубила будем использовать следующие основные технологические операции: отрубка и протяжка.

Рабочий инструмент и оборудование: пневматический молот, плоские бойки, наковальня, кувалда, топор, гладилка, клещи, кронциркуль, линейка.

### 3.8 Составление маршрутной карты технологического процесса изготовления поковки

Маршрутная карта технологического процессаковки зубила

Эскиз поковки		Эскиз заготовки	
			
Сталь У8А 10 шт.			
№ п/п	Операция, переход	Эскиз перехода	Оборудова- ние, инстру- мент
1	2	3	4
1.	Нагрев до $t_n = 1200\text{ }^\circ\text{C}$		Камерная печь (горн), клещи
2.	Отрубка мерной части заготовки $l_{исх} = 150\text{ мм}$		Наковальня, кувалда, то- пор, линейка, кронциркуль, клещи
2.	Протяжка на полосу		Пневматиче- ский молот, плоские бой- ки, кронцир- куль, клещи
3.	Нагрев до $t_n = 1200\text{ }^\circ\text{C}$		Камерная печь (горн), клещи

1	2	3	4
4.	Протяжка боковых граней рабочей (рубящей) части		Плоские бойки, клиновья подкладка, клещи
5.	Протяжка ударяемой части		Наковальня, кувалда, клещи, обжимка
6.	Отделка поковки		Наковальня, кувалда, Гладилка

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные теоретические сведения: определение обработки металлов давлением; определение ковки; операции ковки (привести схемы); инструмент для ручной ковки.
3. Расчет поковки по индивидуальному заданию.
4. Составление маршрутной карты технологического процесса ковки.
5. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое обработка металлов давлением?
2. Что называется ковкой?
3. Что называется поковкой?
4. Основные технологические операции ковки.
5. Инструмент, используемый при ковке?
6. Нагревательные устройства, применяемые при ручной ковке.

7. Выбор температурного интервала нагрева заготовок.
8. От каких параметров зависит продолжительность нагрева заготовки в пламенной печи?
9. В зависимости от каких параметров выбирается масса падающих частей пневматического молота?

### **Литература**

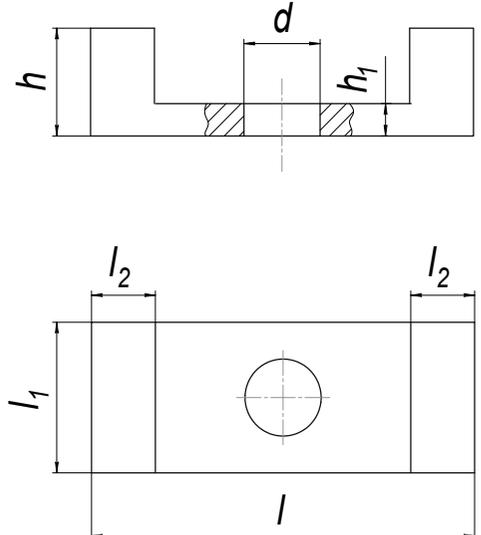
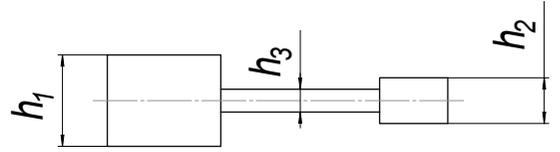
1. Калиновский, В.Р. Литье. Обработка давлением сварка (Горячая обработка металлов) : учеб. пособие / В.Р. Калиновский, В.М. Капцевич, А.Ф. Ильющенко. – Мн.: БГАТУ, 2004. – 298 с.
2. Технология конструкционных материалов : учебник / О.С. Комаров [и др.] ; под общ. ред. О.С. Комарова. – Мн.: Новое знание, 2005. – 560 с.
3. Осипов, З.И. Ручная ковка / З.И. Осипов, Н.И. Ляпунов. – М.: Высшая школа, 1990. – 304 с.

**ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ**

№ п/п	Марка стали	Кол. поковок	Геометрические параметры										Эскиз поковки
			$l$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$h$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$d$	$d_1$	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
1.	Сталь 20	8	150	20	–	–	30	–	–	–	20	–	<p><b>Болт</b></p>
2.	Сталь 25	10	130	15	–	–	25	–	–	–	20	–	
3.	Сталь 30	15	110	12	–	–	25	–	–	–	18	–	
4.	Сталь 35	6	115	10	–	–	20	–	–	–	18	–	
5.	Сталь 40	7	100	8	–	–	20	–	–	–	15	–	
6.	Сталь 25	1	250	180	100	–	50	–	–	–	30	20	<p><b>Ось</b></p>
7.	Сталь 30	2	200	160	80	–	40	–	–	–	25	20	
8.	Сталь 35	3	300	230	150	–	55	–	–	–	40	30	
9.	Сталь 40	4	350	270	200	–	65	–	–	–	50	40	

10.	Сталь 45	5	400	300	260	–	80	–	–	–	60	50	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
11.	Сталь 10	5	100	70	–	–	40	–	–	–	30	–	<p style="text-align: right;"><b>Фланец</b></p>
12.	Сталь 15	6	80	55	–	–	30	–	–	–	20	–	
13.	Сталь 20	7	90	60	–	–	35	–	–	–	25	–	
14.	Сталь 25	8	110	75	–	–	45	–	–	–	35	–	
15.	Сталь 30	1	130	80	–	–	55	–	–	–	45	–	
16.	Сталь 35	7	120	30	–	–	60	30	–	–	20	–	<p style="text-align: right;"><b>Тяга</b></p>
17.	Сталь 40	5	100	25	–	–	50	25	–	–	17	–	
18.	Сталь 45	1	150	40	–	–	80	40	–	–	25		
19.	Сталь 50	10	200	50	–	–	100	50	–	–	35	–	

20.	Сталь 55	4	250	60	–	–	120	60	–	–	45	–	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
21.	Сталь 15	1	200	70	30	–	50	15	–	–	20	–	<b>Башмак</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Тяга</div>
22.	Сталь 20	3	150	50	25	–	40	12	–	–	15	–	
23.	Сталь 25	5	100	35	15	–	25	8	–	–	10	–	
24.	Сталь30	7	300	100	45	–	75	25	–	–	30	–	

25.	Сталь 35	10	250	85	35	–	65	20	–	–	25	–	
26.	Сталь 30	10	150	50	30	–	50	40	20	10	–	–	<p style="text-align: right;"><b>Рычаг</b></p> 
27.	Сталь 35	7	200	65	40	–	70	50	25	15	–	–	
28.	Сталь 40	5	300	100	60	–	105	80	40	20	–	–	
29.	Сталь 45	3	350	115	70	–	95	90	45	20	–	–	
30.	Сталь 50	1	400	135	80	–	135	100	50	25	–	–	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>

31.	Сталь 08	1	200	180	80	60	10	-	-	-	-	-	<p style="text-align: right;"><b>Скоба</b></p> <p>The drawing shows a bracket with a horizontal top bar of length <math>l_1</math> and a vertical stem of height <math>h</math>. The stem is attached to a base of length <math>l_2</math>. The total height from the base to the top of the stem is <math>l_3</math>. The stem has a conical tip.</p>
32.	Сталь 10	3	100	90	30	25	5	-	-	-	-	-	
33.	Сталь 15	5	150	135	45	35	7	-	-	-	-	-	
34.	Сталь 20	7	180	165	55	45	9	-	-	-	-	-	
35.	Сталь 25	10	300	270	90	70	15	-	-	-	-	-	
36.	Сталь У8А	3	200	60	20	-	25	15	10	-	-	-	<p style="text-align: right;"><b>Зубило</b></p> <p>The drawing shows a chisel with a total length <math>l</math>. The cutting edge has a thickness <math>h_1</math> at the widest part and a diameter <math>h_2</math> at the handle end. A secondary dimension <math>l_1</math> is shown at the bottom right, representing the length of the cutting edge.</p>
37.	Сталь У7А	10	250	75	25	-	30	18	13	-	-	-	
38.	Сталь У9А	5	270	80	30	-	35	20	15	-	-	-	
39.	Сталь У10А	7	300	90	35	-	40	25	20	-	-	-	
40.	Сталь У11А	1	320	100	35	-	45	30	25	-	-	-	