

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составитель
Константин Петрович Петренко

ГОРЯЧАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

**Методические указания к лабораторной работе
по дисциплинам:**

**«Технология конструкционных материалов»,
«Технологические процессы в машиностроении»,
«Технологические процессы автоматизированных производств»,
«Физико-химические основы технологических процессов»**
для обучающихся технических направлений подготовки
всех форм обучения

Рекомендованы учебно-методической комиссией
направления 27.03.01 Управление качеством
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2025

Рецензент:

Коротков А. Н. – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой металлорежущих станков и инструментов, председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 27.03.01 Управление качеством

Петренко Константин Петрович

Горячая объемная штамповка : методические указания к лабораторной работе по дисциплинам: «Технология конструкционных материалов», «Технологические процессы в машиностроении», «Технологические процессы автоматизированных производств», «Физико-химические основы технологических процессов» для обучающихся технических направлений подготовки всех форм обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра металлорежущих станков и инструментов ; составитель К. П. Петренко. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (1901 Кб). – Текст : электронный.

Представлены теоретические положения горячей объемной штамповки в открытых и закрытых штампах, общая схема технологического процесса, рассмотрены вопросы проектирования поковки, назначения припусков, допусков, технологических припусков, расчет размеров исходной заготовки и выбор штамповочного оборудования. Приведены контрольные вопросы и список литературы.

© Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, 2025
© Петренко К. П., составление,
2025

1. ЦЕЛИ РАБОТЫ

- знакомство с технологическим процессом горячей объемной штамповки;
- приобретение навыков проектирования и разработки чертежа поковки;
- расчет размеров исходной заготовки;
- определение температурного интервала горячей объемной штамповки;
- выбор штамповочного оборудования;
- расчет коэффициента использования металла.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Сущность процесса

Горячая объемная штамповка (ГОШ) – вид обработки металлов давлением, при котором формообразование нагретой заготовки происходит с помощью специального инструмента – штампа. Течение металла ограничивается поверхностями полостей и выступов, изготовленных в отдельных частях штампа, так что в конечный момент штамповки они образуют единую замкнутую полость (ручей), соответствующий конфигурации поковки (заготовки, полученной ковкой или штамповкой). На рис. 1 приведена схема технологического процесса ГОШ.

Штамп – это инструмент, состоящий из двух половинок (подвижной и неподвижной), которые соприкасаются по поверхности, называемой поверхностью разъема штампа.

По сравнению с ковкой штамповка во много раз производительнее и позволяет получать качественные поковки с уменьшенными в 3–4 раза припусками и допусками. Однако из-за дороговизны штампа, который изготавливается отдельно для каждой поковки, штамповка экономически целесообразна лишь в серийном и массовом производствах.

В основном штампуют поковки массой 20–30 кг, хотя в отдельных случаях изготавливают поковки массой в несколько сот килограмм. В качестве исходных заготовок для ГОШ, как прави-

ло, используется сортовой прокат различного сечения, а также периодический.

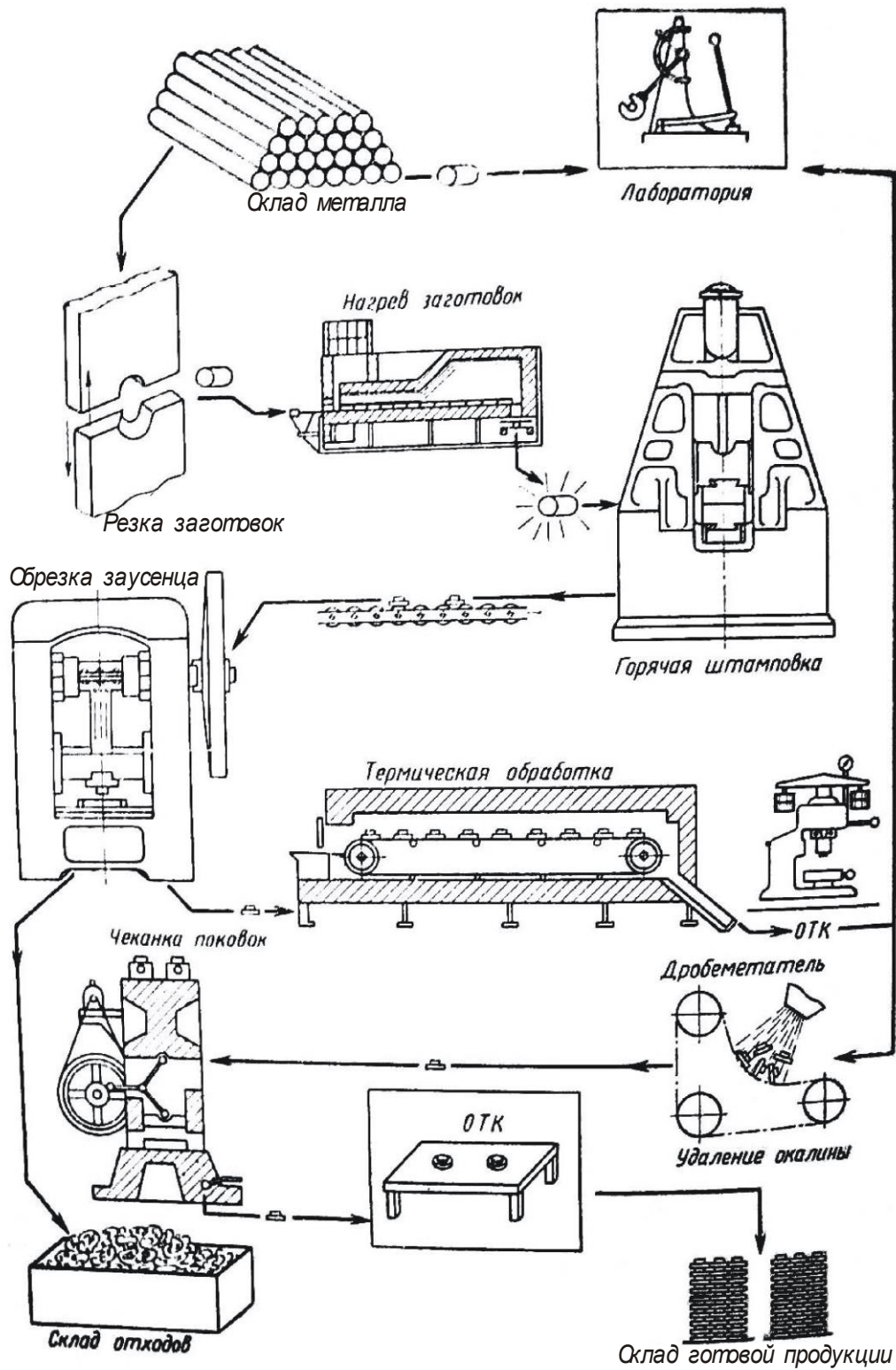


Рис. 1. Общая схема технологического процесса горячей объемной штамповки поковок

ГОШ изготавливают заготовки для деталей автомобилей, тракторов, самолетов, станков и т. д.

Существует две разновидности ГОШ:

- штамповка в открытых штампах;
- штамповка в закрытых штампах.

2.2. Виды штамповки

Открытая штамповка (рис. 2, а) характеризуется образованием по поверхности разъема штампа заусенца (облоя), представляющего собой избыток металла исходной заготовки. Кроме того, заусенец создает подпор истечению металла в разъем штампа, обеспечивая полное заполнение ручья. Заусенец, расположенный по периметру поковки, затем обрезается, в результате чего волокна металла в этом месте оказываются перерезанными. Штамповка этим способом наиболее универсальна и применяется для разнообразных по форме поковок.

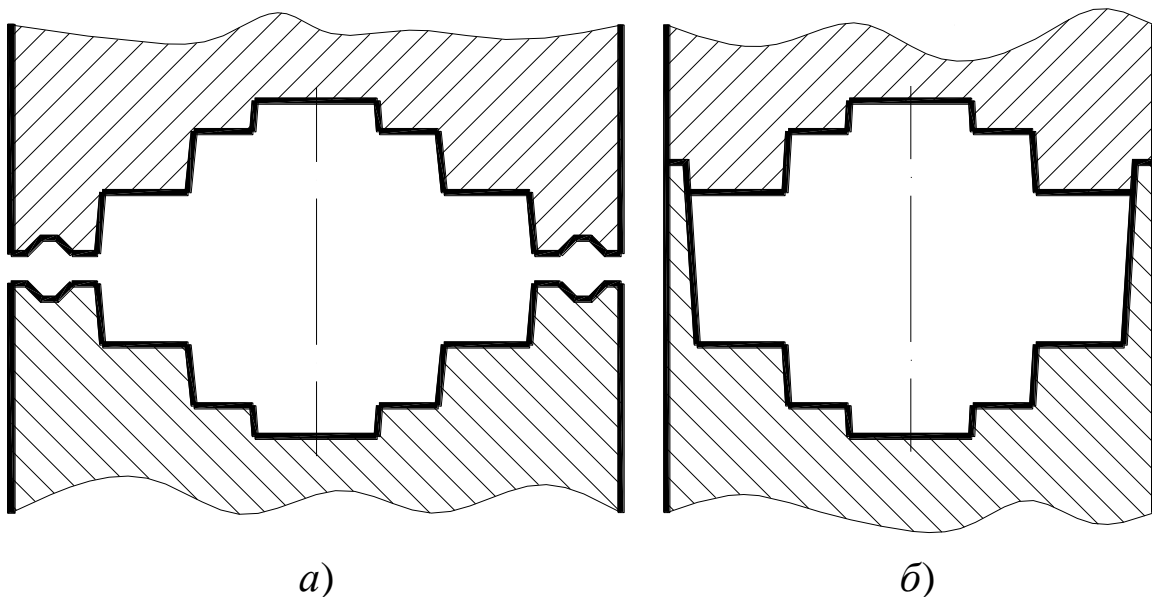


Рис. 2. Виды штамповки

При штамповке в закрытых штампах (рис. 2, б) полость штампа в процессе деформирования остается закрытой и образование заусенца не предусматривается. Между частями штампа имеется небольшой зазор, обеспечивающий их взаимную подвижность. В связи с этим необходимо строго соблюдать равенство объемов поковки и исходной заготовки, что усложняет отрезку последней. Макроструктура поковок, полученных в закры-

тых штампах, более благоприятна, так как волокна металла не перерезаются, а плавно обтекают контур поковки. Преимуществом является также меньший расход металла за счет отсутствия заусенца. Основной недостаток этого способа состоит в его не-универсальности и ограниченности форм штампуемых поволоков.

Процесс заполнения штамповочных ручьев происходит в несколько стадий в зависимости от формы ручья (поковки), исходной заготовки и соотношения их размеров (рис. 3).

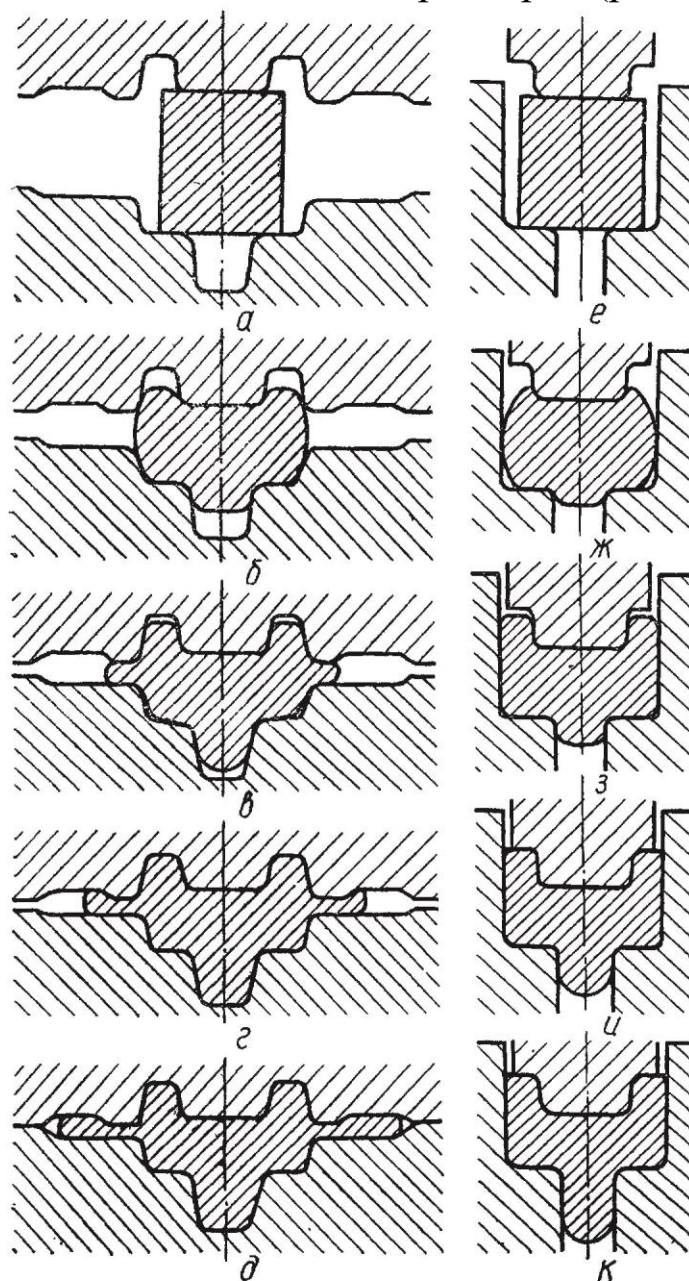


Рис. 3. Стадии штамповки: *a – д* – в открытом ручье;
e – к – в закрытом ручье

При четырехстадийном процессе штамповки для первой стадии (рис. 3, *а – б* и *е – ж*) характерна относительно свободная деформация заготовки. Это может быть свободная осадка, свободная прошивка, свободный изгиб или их комбинации.

В течение первой стадии заготовка принимает более сложную форму, увеличивается контактная поверхность заготовки и штампа, вместе с тем возрастает усилие деформации. Первая стадия заканчивается, когда металл заготовки достигнет наружных стенок штампа и упрется в них (рис. 3, *б, ж*). Наступает вторая стадия (рис. 3, *б, в* и *ж, з*). Металл начинает течь главным образом в глубину ручья, происходит вдавливание металла в полость ручья. В открытых ручьях одновременно часть металла вытекает в разъем, образуя заусенец. Боковое давление, создаваемое наружными стенками и заусенцем, увеличивает усилие деформации. Вторая стадия заканчивается, когда металл достигает донных поверхностей ручья и упирается в них (рис. 3, *в, з*). В связи с этим характер деформирования изменяется еще раз. Усилие деформации возрастает еще более интенсивно. Незаполненными остаются только места у переходов от донных к боковым поверхностям ручья. Третьей стадией процесса штамповки (рис. 3, *в, г* и *з, и*) заканчивается заполнение всего ручья (рис. 3, *г* и *и*).

Четвертая стадия заключается в окончательной штамповке заготовки по высоте. При этом в открытом ручье (рис. 3, *г, д*) избыточный объем заготовки вытекает в заусенец, а в закрытом ручье (рис. 3, *и, к*) – в предусмотренное для этого отверстие, образуя отросток. Если такой отросток не предусмотрен в чертеже поковки, то он называется компенсатором.

В открытом ручье в течение всей четвертой стадии усилие штамповки продолжает интенсивно возрастать. В закрытом ручье возрастание усилия к концу третьей стадии обычно прекращается и образование отростка происходит при постоянном усилии. Конец четвертой стадии (рис. 3, *д* и *к*) фиксируется ограничителем рабочего хода, предусмотренном в штампе или в механизме машины.

Штамповку осуществляют на штамповочных молотах, кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП), горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), гидравлических и фрикционных прессах, ковочных вальцах и т. д. При массовом производстве

поковок сравнительно небольшого размера применяют горячештамповочные автоматы.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОКОВКИ

3.1 Выбор положения заготовки в штампе

Удлиненные поковки типа валов штампуются поперек оси. Технологические припуски от штамповочных уклонов в этом случае будут только у торцов. Поковки типа тел вращения с центральным отверстием по возможности следует штамповать вдоль оси, так как в этом случае удастся сделать наметку отверстия, что дает значительную экономию металла и упрощает последующую механическую обработку. Для поковок типа шестерен предпочтительнее торцовая штамповка. В этом случае макроструктура поковки получится одинаковой у всех зубьев шестерни и обеспечит их высокую прочность.

3.2 Выбор поверхности разъема штампа

При выборе поверхности разъема штампа руководствуются следующими правилами:

- поверхность разъема должна обеспечивать свободное извлечение поковки из штампа;
- поверхность разъема должна быть плоской или максимально к ней приближаться;
- поверхность разъема должна обеспечивать легкий контроль сдвига половинок штампа относительно друг друга (рис. 4). Если разъем проходит по торцевой поверхности, смещение заметить трудно. При наличии бобышки с одной стороны поковку можно расположить в одной половине штампа;
- поднутрения и углубления на боковых поверхностях поковок можно выполнить при штамповке на ГKM. При штамповке на других видах оборудования подобные элементы выполнены быть не могут;
- в большинстве случаев поверхность разъема устанавливается в плоскости наибольших габаритных размеров поковки, в этом случае полости штампа получаются неглубокими, облегчается их заполнение и механическая обработка;

– рекомендуется симметричное расположение поковки относительно поверхности разъема.

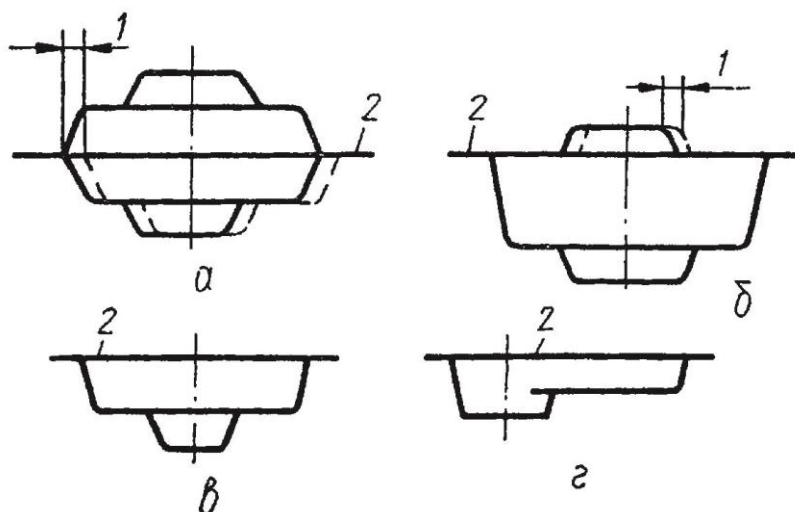


Рис. 4. Положение поверхности разъема: *a* – правильное; *б* – неправильное; *в, г* – смещенное для поковок с односторонней бобышкой; *1* – смещение половины штампа; *2* – поверхность разъема

3.3 Назначение припусков, допусков, технологических припусков

Указанные величины назначают по [6].

Предварительно определяют исходный индекс по табл. 2 [6, с. 10], который зависит от оборудования, на котором осуществляется штамповка, материала поковки и ее конфигурации, определяемых, в свою очередь, по табл. 1 [6, с. 7].

При расчете степени сложности поковки следует воспользоваться формулой:

$$C = \frac{M_{п.р}}{M_{\phi}} = \frac{M_{д} K_p}{V_{\phi} \rho}, \quad (1)$$

где $M_{п.р}$ – расчетная масса поковки, кг;

M_{ϕ} – масса фигуры, в которую вписывается форма поковки, кг [6, с. 29];

$M_{д}$ – масса детали, кг (из чертежа детали);

K_p – расчетный коэффициент. Определяется по табл. 20 [6, с. 30];

$V_{\text{ф}}$ – объем фигуры, в которую вписывается форма поковки, мм^3 (см. приложение);

ρ – плотность металла поковки, $\text{кг}/\text{мм}^3$ (приблизительно для всех марок сталей $\rho = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{мм}^3$).

Величины припусков на механическую обработку и допускаемых отклонений размеров назначают соответственно по табл. 3 [6, с. 12–13] и 8 [6, с. 17–19].

Припуски назначают на обрабатываемые поверхности детали в зависимости от размеров, качества поверхности и исходного индекса. Припуск на размер назначают отдельно с каждой стороны этого размера. Допускается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

Допуск на размер поковки (определяемый только технологией штамповки) назначают в зависимости от величины этого размера и исходного индекса независимо от наличия и значения припуска. Допускаемые отклонения внутренних размеров повок должны устанавливаться с обратными знаками.

Расчет размеров поковки следует представить в виде табл. 1.

Таблица 1

Расчет размеров поковки

Размер детали	Припуск	Размер с припуском	Допуск	Размер поковки

К технологическим припускам при ГОШ относят:

- штамповочные уклоны;
- радиусы закруглений в местах пересечения поверхностей поковки;
- перемычки в отверстиях.

Штамповочные уклоны служат для облегчения извлечения поковки из штампа. Это происходит вследствие снижения вертикального усилия, необходимого для преодоления сил трения, и уменьшения пути, на котором эти силы преодолеваются. Их назначают на поверхности, перпендикулярные поверхности разьема штампа. Уклоны на внутренних поверхностях вследствие

температурной усадки назначают больше наружных. Величину наружных и внутренних уклонов в зависимости от вида оборудования определяют по табл. 18 [6, с. 26].

При изготовлении поковок на ГKM штамповочные уклоны могут быть уменьшены и составляют:

- для поверхностей (отверстий), параллельных перемещению ползуна – $0-2^\circ$;
- для поверхностей, перпендикулярных перемещению ползуна и оформляемых в матрице – $1-7^\circ$.

Радиусы закруглений служат для плавного заполнения металлом ручья штампа, предотвращения появления складок и «зажимов» в теле поковки, повышения стойкости и срока службы штампа (рис. 5).

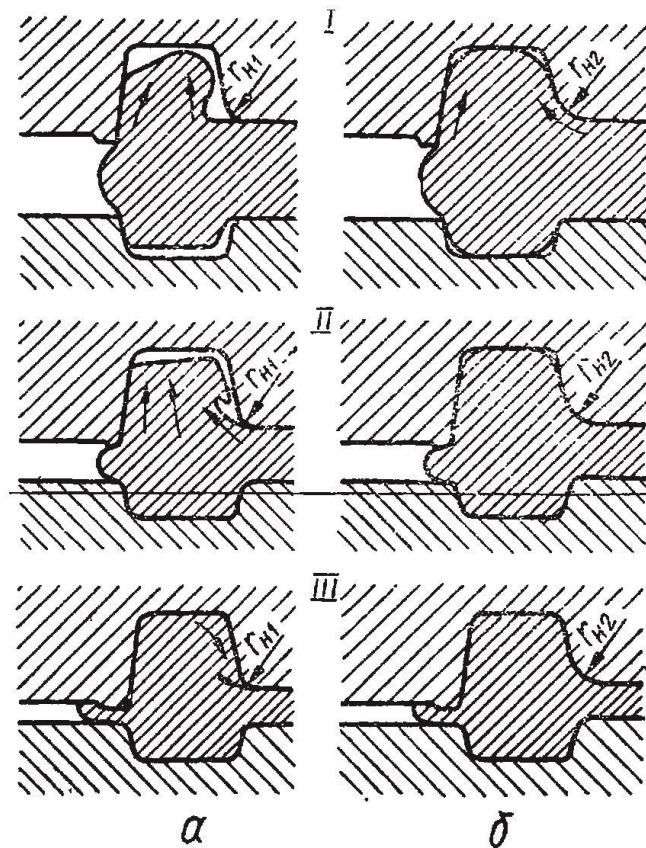


Рис. 5. Схема течения металла при деформировании поковки:
а – при недостаточном радиусе; *б* – при достаточном радиусе

Радиусы закруглений бывают наружными и внутренними. Наружные радиусы в зависимости от глубины полости ручья штампа и массы поковки назначают по таблице 7 [6, с. 15] и округляют до ближайшего большего значения из следующего ря-

да чисел: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30 мм. Величина внутренних радиусов принимается в 2–3 раза больше величины наружных.

При штамповке поковок на молотах и прессах нельзя получить сквозные отверстия, поэтому выполняют одно- или двустороннюю наметку с перемычкой, которую затем удаляют на обрезном штампе (часто совместно с заусенцем). Слишком толстые перемычки сложно пробивать, а чрезмерно тонкие перемычки требуют больших затрат энергии при штамповке и снижают стойкость выступающих частей штампа (знаков). По этой же причине полости менее 30 мм не выполняют.

Наиболее часто оформляют плоскую перемычку, толщина которой определяется по формуле:

$$s = 0,45\sqrt{d - 0,25h} - 5 + 0,6\sqrt{h}, \text{ мм} \quad (2)$$

где d – диаметр отверстия в поковке, мм;

h – расстояние от края отверстия до перемычки, мм. Принимается равным половине высоты поковки (рис. 6).

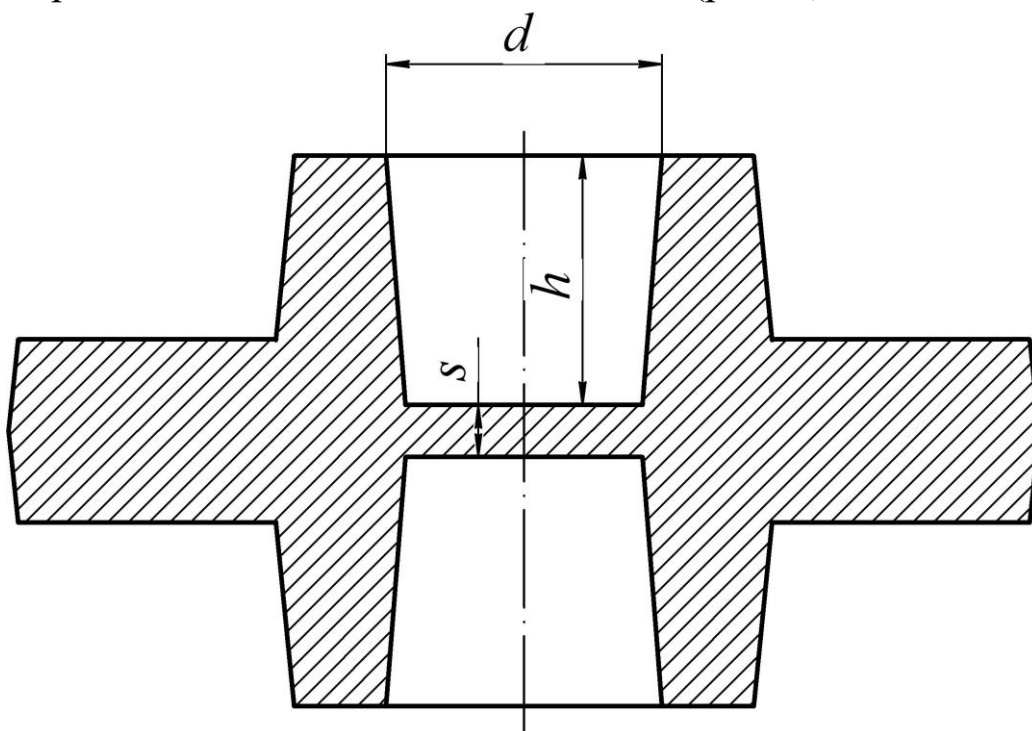


Рис. 6. Оформление перемычки

3.4 Выполнение чертежа поковки

При выполнении чертежа поковки следует руководствоваться ГОСТ 3.1126-88, а также ГОСТ 7505-89. Чертеж поковки

оформляют на основании чертежа детали, как правило, в масштабе 1: 1. Поковки сложной формы с размерами менее 50 мм желательно изображать в масштабе 2 : 1. при этом наиболее характерные проекции повторяют в масштабе 1 : 1. На чертеже поковки допускается наносить контур детали, выполняя его тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками, при этом изображение детали можно несколько упростить. На чертеже поковки допускается наносить под размерами поковки размеры детали в круглых скобках.

Поверхность разъема штампа изображается тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком х--- ---х. В технических требованиях следует указывать неоговоренные штамповочные уклоны, радиусы закруглений, допускаемые остатки заусенца, виды и величины внешних дефектов, состояние поверхности и способы ее очистки и т. д.

На чертеже поковки должен быть указан исходный индекс, класс точности, группа стали, степень сложности.

4. РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

Объем исходной заготовки определяют по формуле:

$$V_{\text{и.заг}} = V_{\text{пок}} + V_{\text{пер}} + V_{\text{з}} + V_{\text{уг}}, \text{ мм}^3 \quad (3)$$

где $V_{\text{и.заг}}$ – объем исходной заготовки;

$V_{\text{пок}}$ – объем поковки;

$V_{\text{пер}}$ – объем перемычки;

$V_{\text{з}}$ – объем заусенца;

$V_{\text{уг}}$ – объем угара.

$V_{\text{пок}}$ определяют путем ее разбиения на простые геометрические фигуры и последующего суммирования объемов этих фигур. В Приложении приведены формулы для расчета объемов простых фигур.

Пример: определить объем поковки, изображенной на рис. 7.

Разбиваем поковку на усеченные конусы (номинальные размеры берутся из чертежа поковки), объемы которых будут:

$$V_1 = \frac{1}{3} h_1 (r_4^2 + r_4 r_1 + r_1^2);$$

$$V_2 = \frac{1}{3} h_2 (r_2^2 + r_2 r_5 + r_5^2);$$

$$V_3 = \frac{1}{3} h_3 (r_3^2 + r_3 r_6 + r_6^2).$$

С учетом симметричности поковки ее объем составит:

$$V_{\text{пок}} = 2(V_1 + V_2 - V_3).$$

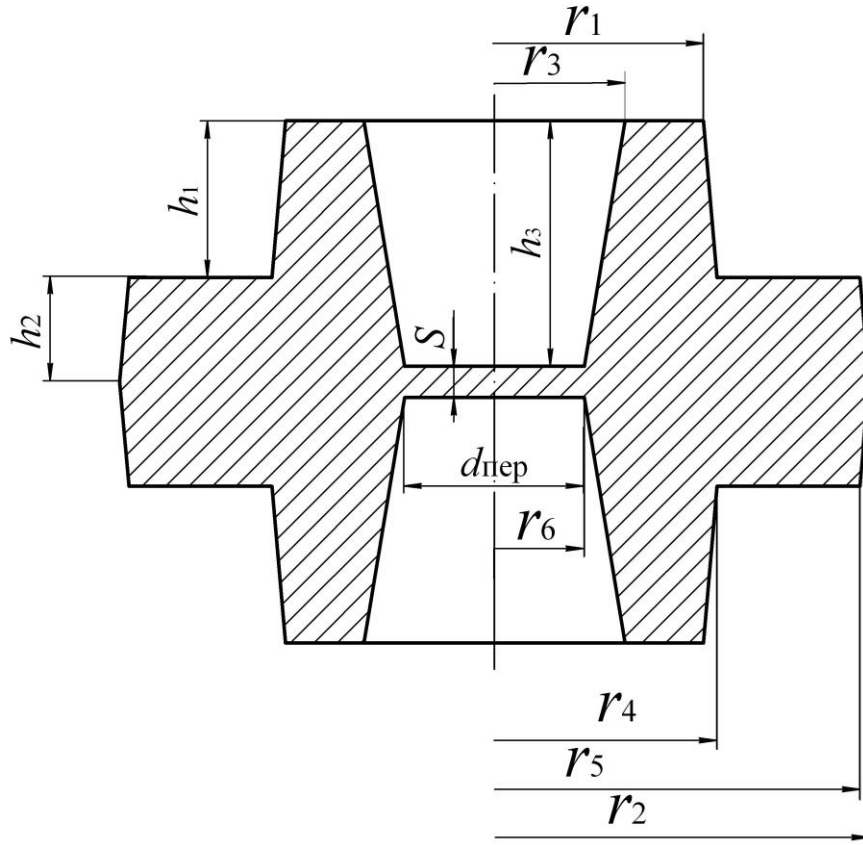


Рис. 7. Пример расчета объема поковки

$V_{\text{пер}}$ определяют по ее геометрическим размерам по формуле:

$$V_{\text{пер}} = \frac{\pi d_{\text{пер}}^2}{4} s, \quad (4)$$

где $d_{\text{пер}}$ – диаметр перемычки, мм. (определяется из чертежа поковки, см. рис. 7).

V_3 при штамповке на молоте вычисляется по формуле:

$$V_3 = k F_3 L, \text{ мм}^3, \quad (5)$$

где k – коэффициент, учитывающий степень заполнения заусенечной канавки, принимается равным от 0,3–0,8;

F_3 – площадь сечения заусенечной канавки, мм²;

L – периметр поковки по линии разъема, мм.

F_3 зависит от толщины заусенца h_3 , которая определяется по формуле:

$$h_3 = 0,015 \sqrt{F_{\Pi}}, \text{ мм}, \quad (6)$$

где F_{Π} – площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа, мм² (определяется из чертежа поковки).

F_3 определяется по табл. 2.

Таблица 2

Определение площади сечения заусенечной канавки

h_3 , мм	0,8	1,0	1,6	2	3	4	5	6	8	10
F_3 , мм ²	69	80	102	136	201	268	343	435	601	768

Эскиз наиболее распространенной заусенечной канавки молотового штампа представлен на рис. 8.

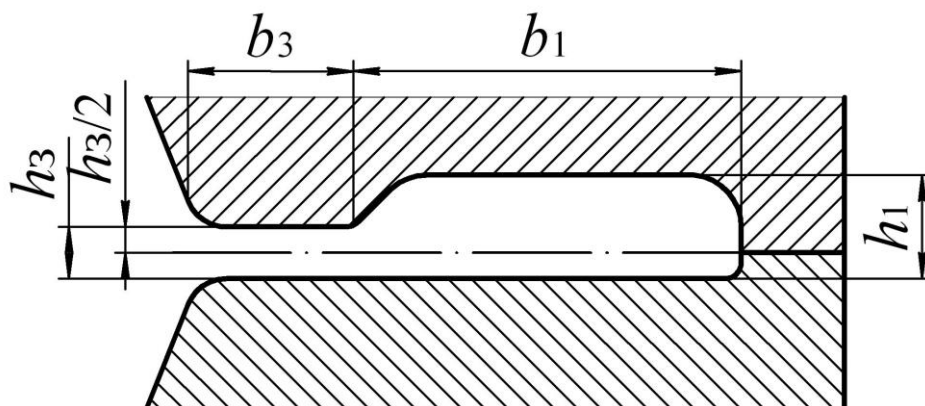


Рис. 8. Заусенечная канавка молотового штампа

При штамповке на КГШП объем заусенца рассчитывается по формуле:

$$V_3 = V_{\text{мост}} + V_{\text{маг}} = L(bh_3 + h_{\text{маг}}B) \quad (7)$$

где $V_{\text{мост}}$ – объем мостика заусенца;

$V_{\text{маг}}$ – объем магазина заусенца;

L – периметр поковки по линии разъема, мм;

b – ширина мостика, мм;

h_3 – толщина заусенца в мостике, мм. Определяется по формуле (6);

$h_{\text{маг}}$ – средняя толщина заусенца по магазину, мм. $h_{\text{маг}} = 2h_3$;

B – ширина заусенца в магазине, мм. Зависит от массы поковки и принимается по табл. 3.

Таблица 3

Определение ширины заусенца в магазине

Масса поковки, кг	До 0,5	0,5–2	Более 2
B , мм	10	15	20

Ширина мостика b зависит от h_3 и определяются по табл. 4

Таблица 4

Определение ширины мостика

h_3 , мм	1–1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	2,5–3,0	3,5–4,0	4,5–5,0
b , мм	4–5	4–6	5–6	6	6–8	8–120

Эскиз наиболее распространенной заусенечной канавки прессового штампа изображен на рис. 9.

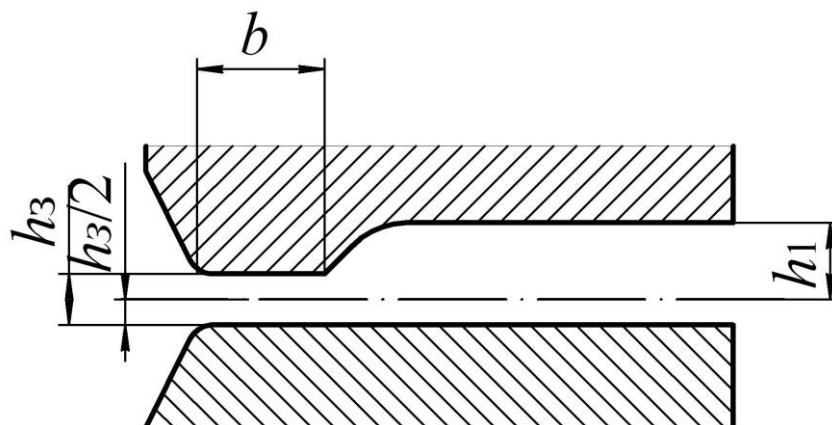


Рис. 9. Заусенечная канавка прессового штампа

Если штамповка осуществляется в закрытом штампе, то $V_3 = 0$. $V_{\text{уг}}$ (объем угара) зависит от способа нагрева исходной заготовки и определяется в процентах от ее объема. $V_{\text{уг}}$ составляет при электрическом нагреве 0,3...1 % и при нагреве в пламенных печах 2...3 % от объема исходной заготовки.

Объем исходной заготовки можно представить в виде:

$$V_{\text{и.заг}} = \frac{\pi d_{\text{и.заг}}^2}{4} l_{\text{и.заг}}, \text{ мм}^3, \quad (8)$$

где $d_{\text{и.заг}}$ – диаметр исходной заготовки, мм;

$l_{\text{и.заг}}$ – длина исходной заготовки, мм.

Для поковок, штампуемых осадкой в торец (продольная штамповка) для предотвращения потери устойчивости исходной заготовки (продольного изгиба) необходимо соблюдать условие:

$$\frac{l_{\text{и.заг}}}{d_{\text{и.заг}}} \leq 2,5. \quad (9)$$

Подставляя это условие в формулу (8), получим

$$V_{\text{и.заг}} = \frac{\pi d_{\text{и.заг}}^2}{4} 2,5 d_{\text{и.заг}}, \text{ мм}^3. \quad (10)$$

Откуда находим

$$d_{\text{и.заг}} = \sqrt[3]{\frac{4V_{\text{и.заг}}}{2,5\pi}}, \text{ мм}. \quad (11)$$

Для поковок, выполняемых поперечной штамповкой (плашмя):

- при применении протяжки диаметр исходной заготовки принимается равным диаметру непротягиваемой части поковки;
- во всех остальных случаях площадь поперечного сечения исходной заготовки:

$$F_{\text{и.заг}} = \frac{\pi d_{\text{и.заг}}^2}{4} = (1,02...1,3) \frac{V_{\text{и.заг}}}{l_{\text{п}}}, \text{ мм}^2, \quad (12)$$

где $l_{\text{п}}$ – длина поковки, мм.

Откуда:

$$d_{\text{и.заг}} = \sqrt{\frac{(4,08...5,2)V_{\text{и.заг}}}{\pi l_{\text{п}}}}, \text{ мм}. \quad (13)$$

Полученное значение округляют до ближайшего большего значения по ГОСТ 2590-2006 и производят уточнение длины исходной заготовки по формуле:

$$l_{\text{и.заг}} = \frac{4V_{\text{и.заг}}}{\pi d_{\text{с}}^2}, \text{ мм} \quad (14)$$

где $d_{\text{с}}$ – диаметр выбранного по ГОСТ 2590-2006 сортамента проката, мм.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ИНТЕРВАЛА ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Температурный интервал ГОШ зависит от химического состава стали (марки стали) и определяется по [4, с. 219–223].

6. ВЫБОР ШТАМПОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для приближенного расчета массы падающих частей молота $G_{п.ч}$ пользуются формулой

$$G_{п.ч} = \frac{nF_{п}}{100}, \text{ кг}, \quad (15)$$

где n – коэффициент, зависящий от степени сложности поковки. Определяется по табл. 5.

Таблица 5

Определение коэффициента
для расчета массы падающих частей

Степень сложности	C1	C2	C3	C4
n	3,5	4	4,5	5

$F_{п}$ – площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа, мм².

На основе расчетной величины $G_{п.ч}$ по каталогу кузнечно-штамповочного оборудования [4, с. 287–313] выбирают штамповочный молот с ближайшим большим значением массы падающих частей.

Для приближенного расчета усилия КГШП или ГKM используют формулу:

$$P = \frac{nF_{п}\sigma_{в(t)}}{1000}, \text{ МН}, \quad (16)$$

где n – коэффициент, учитывающий геометрическую форму поковки и зависящий от степени сложности поковки. Определяется по табл. 6.

Таблица 6

Определение коэффициента для расчета усилия

Степень сложности	C1	C2	C3	C4
n	1,8	3	4,5	6

F_{Π} – площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа, мм²;

$\sigma_{B(t)}$ – предел прочности обрабатываемого металла при температуре окончания штамповки, МПа. Определяется в зависимости от марки стали по [4, с. 132–142].

На основе расчетной величины P по каталогу кузнечно-штамповочного оборудования [4, с. 287–313] выбирают КГШП или ГKM с ближайшим большим значением усилия.

7. РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛА

Коэффициент использования металла ($K_{и.м.}$) – важная характеристика экономичности технологического процесса ГОШ.

На четвертом (механообрабатывающем) переделе определяется по формуле

$$K_{и.м.4} = \frac{V_d}{V_{\Pi}} 100\% = \frac{M_d}{M_{\Pi}} 100\%, \quad (17)$$

где V_d, V_{Π} – соответственно объем детали и объем поковки;

M_d, M_{Π} – соответственно масса детали и масса поковки.

На третьем (заготовительном) переделе вычисляется по формуле

$$K_{и.м.3} = \frac{V_{\Pi}}{V_{и.заг}} 100\% = \frac{M_{\Pi}}{M_{и.заг}} 100\%, \quad (18)$$

где $V_{и.заг}, M_{и.заг}$ – соответственно объем и масса исходной заготовки.

Сквозной коэффициент использования металла вычисляется по формуле

$$K_{и.м.34} = K_{и.м.3} K_{и.м.4}. \quad (19)$$

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое горячая объемная штамповка?
2. Каковы преимущества ГОШ по сравнению с ковкой?
3. Что такое поверхность разъема штампа?
4. Какие существуют разновидности ГОШ?
5. Каковы общие правила выбора положения заготовки в штампе, поверхности разъема штампа?
6. Каковы правила назначения припусков, допусков при проектировании поковки?
7. Что относят к технологическим припускам при ГОШ?
8. С какой целью назначают штамповочные уклоны, радиусы закруглений, перемычки в отверстиях?
9. Каковы основные правила выполнения чертежа поковки?
10. Как определяется объем исходной заготовки при ГОШ?
11. Как осуществляется выбор штамповочного оборудования?
12. Как рассчитывается коэффициент использования металла?

9. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология конструкционных материалов : учебник для машиностроительных вузов / под общей ред. проф. А. М. Дальского. – 5-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2004. – 512 с.: ил. – ISBN 5217031980.
2. Охрименко, Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства : учебник для вузов / Я. М. Охрименко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1976. – 560 с.: ил.
3. Технологические процессы машиностроительного производства : учебное пособие для студентов вузов / [В. А. Кузнецов, . А. А. Черепяхини И. И. Колтунов и др.]. – Москва : Форум, 2010. – 528 с. : ил., табл. – ISBN 978-5-91134-419-1.
4. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 1: Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / под ред. Е. И. Семенова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 568 с.: ил.

5. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 2: Горячая объемная штамповка / под ред. Е. И. Семенова. – Москва : Машиностроение, 1986. – 592 с.: ил.

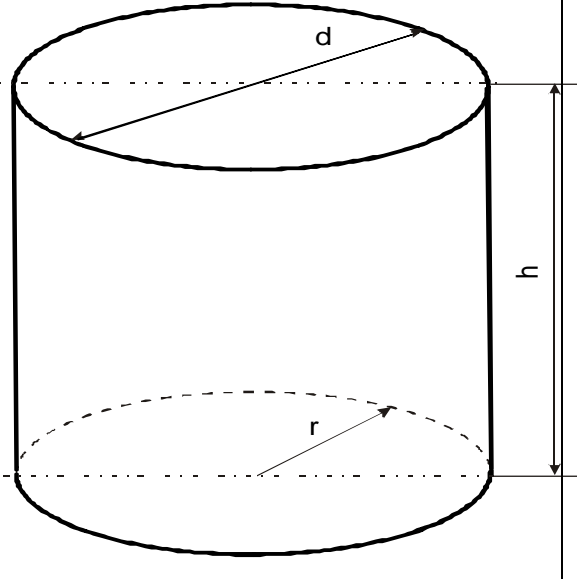
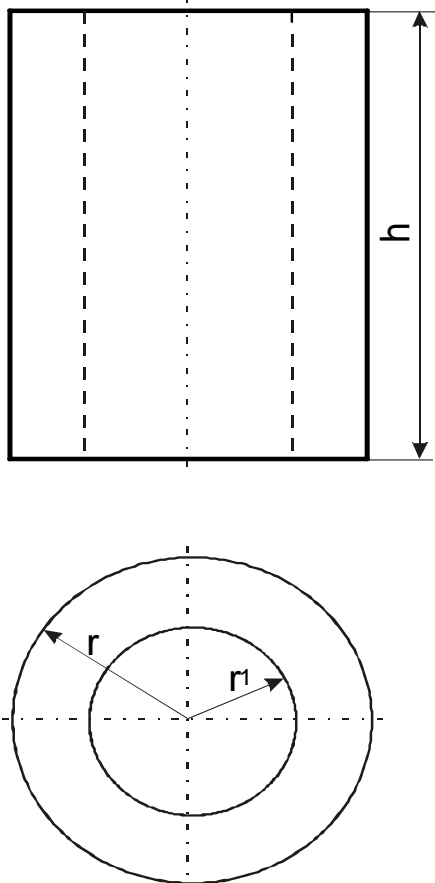
6. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 21 сентября 1989 г. № 2815 : дата введения 1990–07–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1990. – 56 с.

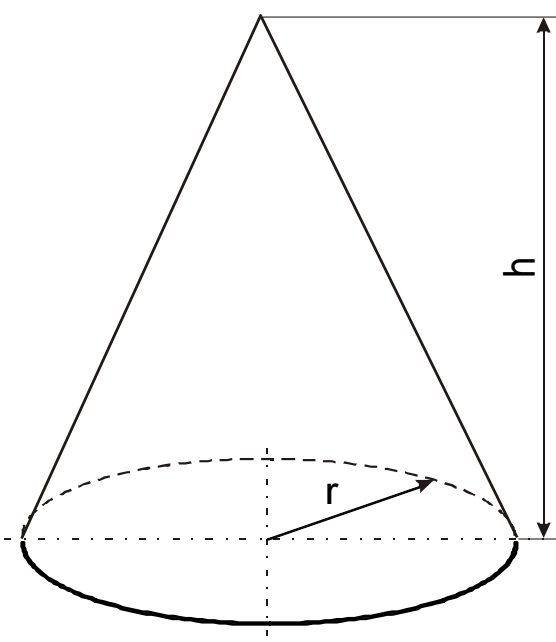
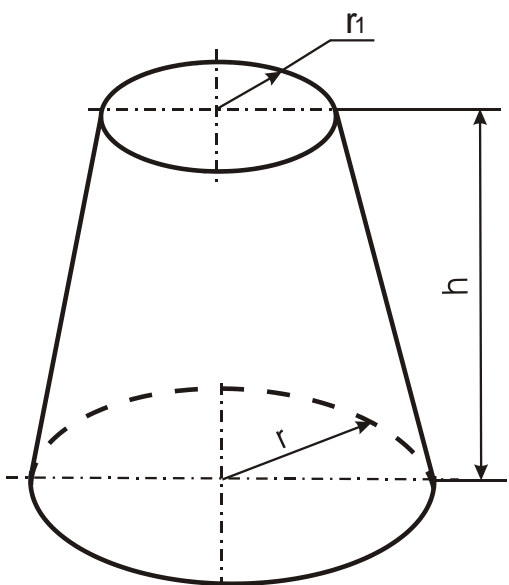
7. ГОСТ 3.1126–88. Единая система технологической документации. Правила выполнения графических документов наковки.: межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 28 июля 1988 г. № 2781 : дата введения 1989–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 5 с.

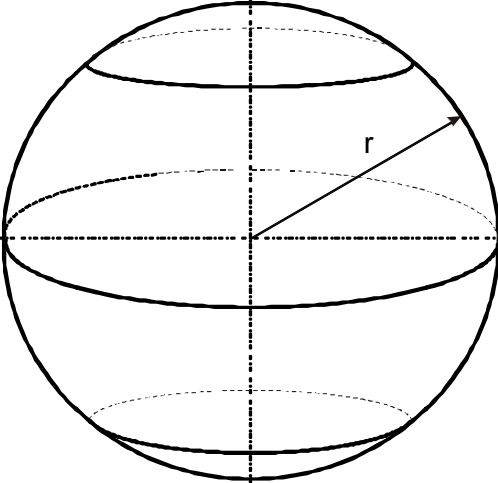
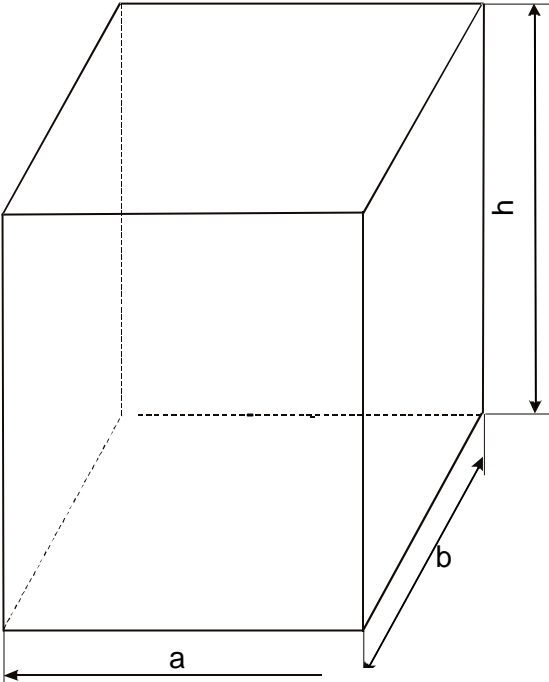
8. ГОСТ 2590–2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент : межгосударственный стандарт : введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 29 июля 2008 г. № 147-ст : дата введения 2009–07–01. – Москва : Изд-во стандартов, 2010. – 16 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Объемы некоторых простых геометрических фигур

Название фигуры	Эскиз фигуры	Объем
Цилиндр	 <p>A 3D perspective drawing of a cylinder. The top circular face has a horizontal dashed line through its center. A line segment labeled 'd' represents the diameter, and a line segment labeled 'r' represents the radius. The height of the cylinder is indicated by a vertical double-headed arrow on the right side, labeled 'h'.</p>	$V = \frac{\pi d^2}{4} h = \pi r^2 h$
Полый цилиндр	 <p>Two diagrams for a hollow cylinder. The top diagram is a 3D perspective view showing a rectangular outline with dashed vertical lines representing the inner and outer walls, and a height 'h' indicated by a vertical double-headed arrow. The bottom diagram is a cross-section showing two concentric circles. The outer circle has a radius 'r' and the inner circle has a radius 'r1', both indicated by arrows from the center.</p>	$V = \pi h (r^2 - r_1^2)$

Конус	 <p>A diagram of a cone. A vertical dashed line represents the axis of symmetry. A horizontal dashed line at the base represents the radius r. A vertical double-headed arrow on the right indicates the height h from the base to the apex.</p>	$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$
Усе- ченный конус	 <p>A diagram of a truncated cone (frustum). A vertical dashed line represents the axis of symmetry. The top circular face has a radius r_1, indicated by a horizontal dashed line and an arrow. The bottom circular face has a radius r, indicated by a horizontal dashed line and an arrow. A vertical double-headed arrow on the right indicates the height h between the two bases.</p>	$V = \frac{1}{3} \pi h (r^2 + r r_1 + r_1^2)$

Шар	 A diagram of a sphere showing its three-dimensional structure. A vertical axis passes through the center, and a horizontal axis also passes through the center. A radius vector, labeled 'r', originates from the center and points to the outer surface of the sphere. The sphere is drawn with solid lines for the visible parts and dashed lines for the hidden parts to indicate its roundness.	$V = \frac{4}{3}\pi r^3$
Парал- лелепи- пед	 A diagram of a rectangular prism (parallelepiped) shown in a perspective view. The front face is a rectangle. The bottom edge of the front face is labeled 'a'. The depth edge, receding into the background, is labeled 'b'. The height of the prism, measured vertically on the right side, is labeled 'h'. Hidden edges are represented by dashed lines to show the 3D structure.	$V = abh$