

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Проектирование ковкой поковки и технологического процесса свободнойковки

Свободнаяковка – вид горячей обработки давлением, при котором порция металла определенного объема (исходная заготовка) путем воздействия на нее универсального ковочного оборудования и инструмента деформируется, изменяет форму и, превращаясь в поковку (кованную заготовку), приближается своей формой к конфигурации детали. Степень приближения формы поковки к детали оценивается по коэффициенту использования металла

$$K_{\text{исп}} = \frac{V_0}{V_n} = \frac{m_0}{m_n}, \quad (1)$$

где V_0 , m_0 – соответственно, объем и масса детали; V_n , m – объем и масса поковки.

Ковка один из самых древних видов обработки металлов, который и в настоящее время служит для изготовления поволоков от самых мелких, с массой, измеряемой в граммах, до самых крупных, массой до 300 тонн и более. Причем, при изготовлении тяжелых поволоков для валов гидротурбин, коленвалов судовых двигателей, валков прокатных станов и др., ковка является единственно возможным способом. Поволоки меньшей массы (до 350 кг) могут изготавливаться и ковкой, и штамповкой. Но в единичном и мелкосерийном производстве ковка обычно более экономически целесообразна, так как при ней используется универсальный инструмент, а изготовление специальных штампов для небольшой партии одинаковых поволоков может оказаться экономически невыгодным. Решение об экономической целесообразности изготовления поволоки по тому либо иному варианту должно приниматься после расчета приведенной себестоимости поволоков и механической обработки для каждого варианта. Выбираться должен вариант с наименьшей общей себестоимостью.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Научиться использовать информацию из ГОСТ 7829-70 для проектирования поковки по заданному чертежу детали.
2. Приобрести навыки:
 - выбора исходной заготовки и расчета ее объема и массы;
 - разработки структуры технологического процесса свободнойковки для спроектированной поковки;
 - определения влияния техпроцессаковки на макро- и микроструктуру материала детали;
 - реализации основных и вспомогательных операцийковки на пластическом материале модели, спроектированной поковки, вручную;
 - оформления чертежа поковки.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Начертить эскиз детали (варианта задания).
2. Определить тип, к которому относится поковка для заданной детали по ГОСТ 7829-70.
3. Определить припуски, допуски, номинальные размеры с предельными отклонениями расположения поверхностей поковки.
4. Спроектировать последовательность основных и вспомогательных операций технологического процесса свободнойковки.
5. Выбрать исходную заготовку, обеспечивающую оптимальную уковку металла и макроструктуру детали, и начертить ее эскиз.
6. Рассчитать объем и массу исходной заготовки.
7. Выбрать оборудование для изготовления поковки.
8. Проверить выполнимость элементов поковки и назначить, при необходимости, напуски минимального объема.
9. Начертить окончательный вариант поковки.
10. При необходимости, повторить пункты 6 и 8.
11. По окончательному варианту техпроцессаковки изготовить из пластического материала модель поковки.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОКОВКИ И ТЕХПРОЦЕССА СВОБОДНОЙ КОВКИ

3.1. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВОБОДНОЙ КОВКИ

На проектирование техпроцессаковки большое влияние оказывает конфигурация поковки, которая характеризуется следующими четырьмя признаками:

- 1 – отношение длины поковки к ее толщине;
- 2 – наличие или отсутствие в ней полости;
- 3 – наличие или отсутствие уступов (выемок) на ее поверхности;
- 4 – прямолинейность или изогнутость ее главной оси.

По первому признаку все кованные поковки можно подразделить на три основные группы:

1 – относительно длинные поковки, например валы и рычаги, с соотношением $L/d > 2,5$, что не позволяет осуществить без продольного изгиба свободную осадку ее в торец (1-я и 5-я группы по ГОСТ 7829-70);

2 – цилиндры и брусы, у которых отношение длины (высоты) к толщине такое ($L/d < 2,5$), что возможны осадка и протяжка готовой поковки;

3 – относительно короткие поковки (диски и пластины), у которых отношение длины к толщине ($l/h < 0,4$) не позволяет осуществить протяжку без искривления их в плоскости, перпендикулярной к главной оси.

По второму и третьему признакам поковки любой из трех перечисленных групп могут быть сплошного сечения или полыми (т.е. с отверстием по главной оси), а также гладкими или с уступами.

Четвертый признак характерен лишь для первой группы, поэтому поковки первой группы могут быть с прямой осью или изогнутыми.

В зависимости от наличия в поковке тех либо иных перечисленных признаков можно определить одну из пяти нижеприведенных типовых последовательностей операций при свободной ковке:

1. Основные операции при ковке сплошных гладких поковок:

- 1-я группа – протяжка;
- 2-я группа – комбинация осадки и протяжки;
- 3-я группа – осадка.

2. Основные операции при ковке сплошных поковок с уступами:

- 1-я группа – протяжка с образованием уступов, а затем, возможно, передача, и затем – скручивание;
- 2-я группа – комбинация осадки и протяжки с образованием уступов;
- 3-я группа – осадка в кольцах (или в подкладных штампах) с образованием уступов или выступов.

3. Ковка гладких поковок с отверстиями начинается осадкой и прошивкой, затем для:

- 1-й группы – протяжка на оправке (причем перед протяжкой может потребоваться раздача, выполняемая раскаткой на цилиндрической оправке);
- 2-й группы – раскатка (перед раскаткой может быть протяжка на оправке);
- 3-й группы – после осадки и прошивки дополнительных операций, кроме правки, не требуется.

4. При ковке полых поковок с уступами повторяются те же операции, что и в предыдущем случае, только уступы образуются для:

- 1-й группы – при протяжке на конической оправке;
- 2-й группы – при раскатке на цилиндрической оправке;
- 3-й группы – при осадке в кольцах или подкладных штампах.

Гибку применяют только для поковок 1-й группы обычно в завершении техпроцессаковки.

5. Ковку слитков начинают по одному из следующих трех вариантов:

- 1 – оттяжка хвостовика, билетировка, отрубка, осадка;
- 2 – отрубка, билетировка, осадка;
- 3 – отрубка, осадка.

Для создания в обрабатываемом материале требуемой макроструктуры, при ковке слитка необходимо обеспечить требуемую уковку, а при ковке пруткового проката учитывать наличие в нем волокон, направленных вдоль оси прутка. Следует иметь в виду, что волокна:

- при протяжке стремятся принять направление вдоль оси поковки;
- при осадке – радиальное направление;
- при раскатке – тангенциальное направление;
- при правильном образовании уступов – форму уступа с плавными радиусными переходами;
- при гибке и скручивании заготовки происходит гибка и скручивание волокон;
- при пробивке и отрубке – перерубание волокон.

Требования к технологииковки по микроструктуре материала обычно сводятся к одному – не допускать образования крупного зерна. Для этого процессковки следует спроектировать так, чтобы:

- 1) не подвергать продолжительному нагреву те части заготовки, которые в дальнейшем не подвергаются деформации;
- 2) избегать критических степеней деформации, особенно при последних обжимах;
- 3) заканчивать ковку при температуре, расположенной как можно ближе к нижней границе температурного интервалаковки.

Поэтому при проектировании процессаковки и разделении его на отдельные операции особое внимание должно быть уделено пооперационным расчетам охлаждения заготовки во времяковки и установлению рационального чередования ковочных операций и подогревов. Оптимальное чередование операцийковки и подогревов должно обеспечивать высокое качество металла поковок и наибольшую производительностьковки при наименьшем количестве подогревов.

3.2. ПРАВИЛА НАЗНАЧЕНИЯ ПРИПУСКОВ, ДОПУСКОВ, НАПУСКОВ

От готовой детали поковка отличается размерами, увеличенными на величину припусков на механическую обработку, большими допусками на размеры и упрощенной формой, более удобной дляковки.

Припуски – это предусмотренные при проектировании поковки превышения ее размеров над номинальными размерами детали, обеспечивающие после обработки резанием требуемые чертежом размеры детали и шероховатость (чистоту) ее поверхностей.

Допуск на кузнечную обработку – разность между наибольшим H'_{\max} и наименьшим H'_{\min} предельными размерами поковки.

Наименьший предельный размер поковки равен сумме номинального размера детали H и минимального припуска δ_{\min}

$$H'_{\min} = H + \delta_{\min}. \quad (2)$$

Поскольку точно по размеру H'_{\min} поковку на практике отковать невозможно, нормируется наибольший предельный размер поковки H'_{\max}

$$H'_{\max} = H'_{\min} + \Delta, \quad (3)$$

где Δ – допуск на свободную ковку, задающий разрешенное поле изменения фактических размеров поковки. На чертеже поковки проставляется номинальный размер H' (расчетный размер).

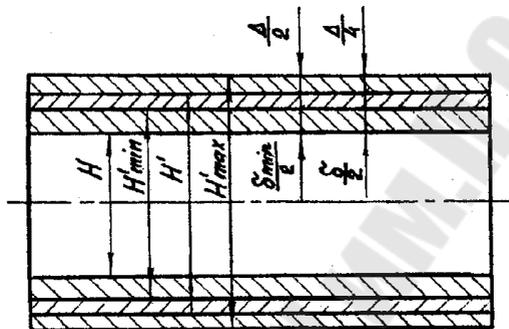


Рис. 1. Схема расположения размеров детали и поковки

$$H' = H + \delta = H + \delta_{\min} + \frac{\Delta}{2}, \quad (4)$$

где H' – номинальный размер поковки;

δ – номинальный припуск на номинальный размер детали H

$$\delta = \delta_{\min} + \frac{\Delta}{2}; \quad (5)$$

где δ_{\min} – минимальный припуск (минимально необходимый для обеспечения качества и точности поверхности детали); $\frac{\Delta}{2}$ – половина поля допуска на номинальный размер поковки H' .

Рядом с номинальным размером поковки H' указываются предельные отклонения $-\Delta_n$ и $+\Delta_s$. Для поковок, изготавливаемых свободной ковкой, по ГОСТ 7829-70 и ГОСТ 7062-79 верхнее и нижнее отклонения устанавливаются симметричными, равными половине поля допуска Δ

$$\Delta_n = \Delta_s = \pm \frac{\Delta}{2}, \quad (6)$$

поэтому на чертеже проставляется размер в виде $H' \pm \frac{\Delta}{2}$.

Напуск – увеличение припуска, упрощающее конфигурацию поковки из-за невозможности или нерентабельности изготовления поковки по контуру детали.

Припуски и допуски, а также некоторые напуски для кованных заготовок стандартизованы. Например, вышеупомянутые стандарты содержат значения припусков, допусков и напусков для поволоков из углеродистой и легированной сталей, изготавливаемые свободной ковкой на молотах (ГОСТ 7829-70) и на прессах (ГОСТ 7062-79).

Величины припусков, устанавливаемые упомянутыми стандартами, следует назначать на номинальные размеры детали, когда механическая обработка поковки будет производиться с двух сторон. Предельные отклонения устанавливаются на номинальные размеры поволоков.

Допускается сферичность торцов у поволоков, изготавливаемых вытяжкой, если не производится обрубка, сферичность боковой поверхности поволоков, изготавливаемых осадкой, а также скосы между уступами, косина рубя на торцах, конусность или уклон в отверстиях в пределах, предусмотренных табл. 1 и 6-12.

Скосы от отрубки поволоков должны быть без заусенцев и не должны препятствовать центровке.

Для деталей, обрабатываемых с одной стороны, величину припуска следует принимать с коэффициентом 0,5 от табличного значения. А величины предельных отклонений в этом случае принимать равными табличным значениям.

Для необрабатываемых поверхностей деталей припуск не назначается, а величины предельных отклонений определяются по таблицам стандарта в зависимости от группы, к которой относится поковка, и ее размеров.

Согласно ГОСТ 7829-70 поковки по форме можно разделить на 7 групп:

- 1) удлиненные поволоки круглого, квадратного и прямоугольного сечения с уступами (рис. 2 а-ж);
- 2) диски, цилиндры, бруски, кубики, пластины сплошные; и диски, втулки, бруски и пластины с отверстиями (рис. 2 з-м);
- 3) раскатные кольца (рис. 2 н);
- 4) цилиндры с отверстиями (рис. 2 о);
- 5) полые валы (рис. 2 п);
- 6) втулки с уступами и с отверстиями, изготавливаемые в подкладных кольцах (рис. 2 р);

7) втулки с уступами и с отверстиями, изготавливаемые в подкладных штампах (рис. 2 р).

Определения конфигураций зависят от соотношений размеров поковок. Например, к удлиненным относятся поковки при отношении длины L к наибольшему размеру поперечного сечения D больше 1,5 раз ($L/D > 1,5$); к дискам относятся поковки при $H/D < 0,5$; к цилиндрам, брускам, кубикам, втулкам, при $0,5 < H/D < 1,5$. Отдельные участки поковки в зависимости от места расположения и соотношения размеров имеют следующие названия:

фланец (рис. 2 е) – концевой участок вала увеличенного диаметра, у которого длина (l) меньше $l < 0,3D$ или $l < 0,3B$, где D – диаметр, а B – большая сторона прямоугольного сечения фланца;

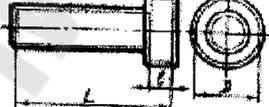
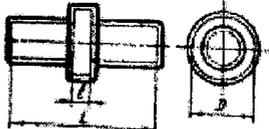
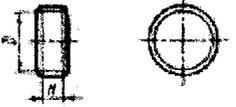
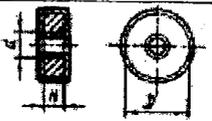
бурт (рис. 2 ж) – неконцевой участок поковки с увеличенными поперечными размерами при таких же как у фланца соотношениях размеров;

уступ (рис. 2 б, з, д) – участок поковки с меньшим поперечным сечением, чем смежный с ним участок. Для поковок типа вала величина уступа выражается полуразностью диаметров смежных участков;

выступ – участок поковки с большим поперечным сечением, чем смежный с ним участок;

выемка (рис. 2 в, е) – участок поковки, диаметр или сторона которого меньше диаметров или сторон двух смежных с ним участков.

Тип поковки	Эскиз поковки	Соотношение размеров
Круглого, квадратного и прямоугольного сечений, гладкие а)		$L > 1,5D$
		$L > 1,5B$ $H \leq B \leq 1,5H$
Круглого сечения с уступами б)		$L > 1,5D$ $l > 0,3D$

Тип поковки	Эскиз поковки	Соотношение размеров
Круглого сечения с выемкой в)		$L > 1,5D$
Квадратного сечения с уступами тех же типов, как и круглого сечения г)		$L > 1,5B$
Круглого и квадратного сечения с уступами разной конфигурации д)		$L > 1,5D$
Круглого сечения с фланцем е)		
Круглого сечения с буртом ж)		$L > 1,5D$ $l \leq 0,3D$
Диски з)		$H \leq 0,5D$
Бруски, кубики, пластины и)		$H \leq B$ $B \leq L \leq 1,5B$
Диски с отверстием к)		$H \leq 0,5D$ $d \leq 0,5D$

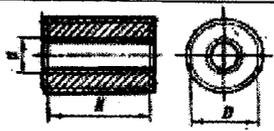
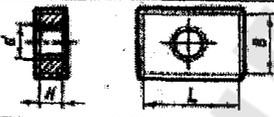
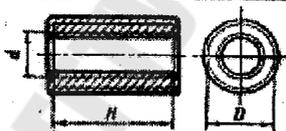
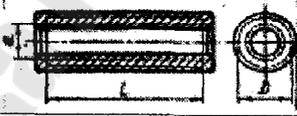
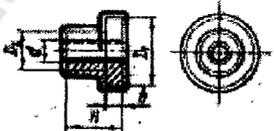
Тип поковки	Эскиз поковки	Соотношение размеров
Втулки л)		$0,5D < H \leq 1,5D$ $d \leq 0,5D$
Бруски и пластины с отверстием м)		$H \leq B$ $B < L < 1,5B$ $d \leq 0,5B$
Кольца раскатные н)		$H \leq D$ $d > 0,5D$
Цилиндры с отверстием о)		$D < H \leq 1,5D$ $d > 0,5D$
Валы полные п)		$L > 1,5D$ $d \geq 0,5D$
Втулки с уступами сплошные и с отверстиями, изготавливаемые в подкладных кольцах или подкладных штампах р)		$h \leq D_1$; $h < 0,75H$ $D_1 - D_2 \geq 0,2D$; $0,5D_2 \geq d \geq 0,4H$

Рис. 2. Основные виды поковок

Стандартные припуски и допуски для каждой из групп поковок сведены в таблицы (см. табл. 1-12) и зависят от двух наибольших размеров детали (длины и диаметра, ширины и высоты и т. п.). Значения припусков и допусков в таблицах установлены исходя из того, что используемое оборудование и инструмент находятся в удовлетворительном состоянии, и чтоковка выполняется кузнецами достаточно высокой квалификации.

При вычерчивании поковки используют обычные правила технического черчения; отличия состоят в том, что внутри контура поковки изображают

более тонкими сплошными линиями контур детали или обдирочный ее контур. Ниже каждого размера поковки в скобках ставят размер детали или обдирочный размер, а справа от размера поковки – допуски в виде предельных отклонений ($\pm \Delta/2$).

ГОСТ 7829-70 регламентирует также, что *наружные радиусы закруглений кромки поковок, утяжки при прошивке и отрубке, сдвиг сечений, смещение отверстий при прошивке, неперпендикулярность граней, неравномерность распределения припуска и другие искажения формы* не должны выходить за пределы принятого допуска. Предельно допустимые уклоны скосов между уступами и на обрубаемых торцах назначаются сверх припуска. Все эти и другие оговоренные в стандартах и нормалях размеры и условия указывать в чертеже поковки не следует.

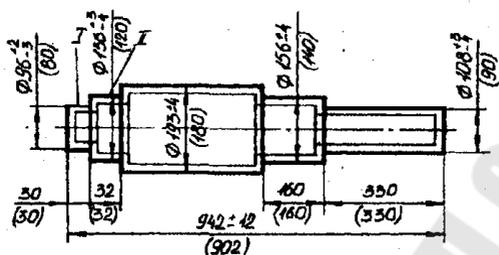
Однако все дополнительные сведения о поковке, не оговоренные в стандартах и нормалях, например:

- величины внутренних радиусов закруглений;
- место клеймления;
- места и условия взятия проб для испытания механических свойств материала;
- допустимая глубина поверхностных дефектов;
- твердость;
- допустимое искривление и т. п.

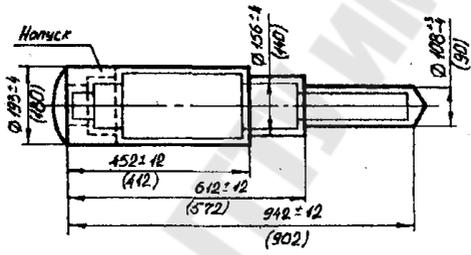
должны быть указаны на самом чертеже поковки или рядом со штампом.

На чертеже поковки контур детали изображается тонкой линией. Номинальные размеры детали проставляются в скобках под размерами поковки. Номинальные размеры поковок, изготавливаемых на молотах, допускается округлять (в большую сторону) до ближайших целых чисел. У поковок, изготавливаемых на прессах, допускается округление размеров до чисел, оканчивающихся на 5 или 0. Все размеры поковки проставляются с предельными отклонениями. Линейные размеры проставляются от единой базы – **неконцевого торца наибольшего сечения или одного из торцов элемента поковки основного сечения.**

Элемент основного сечения – элемент поковки, имеющий наибольший объем. До размера основного сечения предварительно отковывается исходная заготовка для поковки, и при этом должна быть достигнута необходимая уковка исходного материала.



а)



б)

Рис. 3. Чертеж поковки с припусками, допусками и напусками

На рис. 3 а показан многоступенчатый вал с припусками согласно ГОСТ 7829–70 для поволоков, изготавливаемых из углеродистой стали ковкой на молотах. Допуски определены на все размеры вала по диаметрам и на общую его длину. При проверке возможностиковки уступов (по тому же ГОСТу) было установлено, что короткие концевые уступы I и II ковке не подлежат, поэтому в этих местах предусмотрены напуски (рис. 3 б).

Припуски и предельные отклонения установлены для случая изготовления поволоков из проката или ободранного (после черновой механической обработки) слитка. При ковке из неободранного слитка допускается увеличение припуска на величину не более 20 % от табличных значений припусков.

3.3. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИПУСКОВ, ДОПУСКОВ И НАПУСКОВ ПО ГОСТ 7829-70

3.3.1. Припуски и предельные отклонения для поковок 1-й группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 1-й группы назначаются основные и дополнительные по следующим правилам:

- основные припуски и предельные отклонения назначаются в соответствии с рис. 4 и табл. 1;
- припуск δ и отклонения $\pm \Delta/2$ на диаметр и размер сечения назначают по табл. 1 в зависимости от общей длины детали L и диаметра D или наибольшего из размеров поперечного сечения B (H);
- припуск на общую длину детали принимают равным двум с половиной припускам на наибольший диаметр или размер сечения ($2,5 \cdot \delta$);
- предельные отклонения на общую длину детали принимают равными ($2,5 \pm \Delta/2$) отклонениям на наибольший диаметр или размер сечения;
- припуски на длину уступов и выступов принимаются кратными припуску δ на наибольший диаметр или размер сечения согласно рис. 4. При этом, длину уступов и выемок на чертеже поковки указывают от единой базы. За базу принимают торец наибольшего сечения, не являющийся торцом поковки;
- предельные отклонения на длину уступов и выступов принимают равным ($\pm 1,5 \Delta/2$) на наибольший диаметр или размер сечения рис. 4;
- если длина между засечками перед ковкой выемки меньше ширины бойка, то допускается увеличение припуска и предельных отклонений на 10 % против значений табл. 1;
- дополнительный припуск S следует назначать по табл. 2 на диаметры (размеры) всех сечений, кроме основного, в зависимости от разности размеров наибольшего и рассматриваемого сечений детали с назначенными на нее основными припусками.

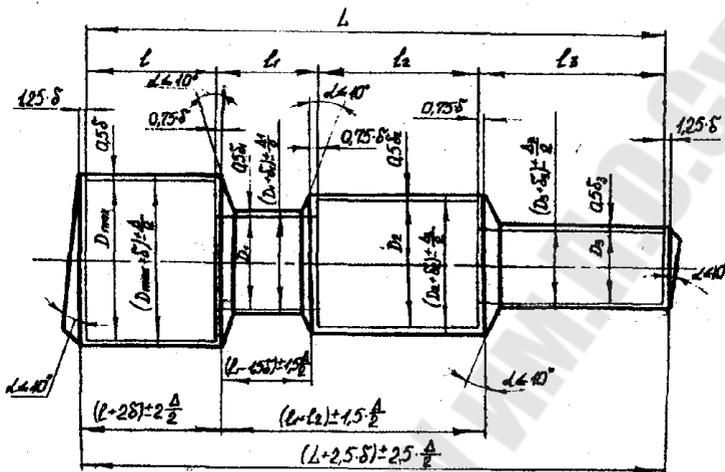


Рис. 4. Схема назначения припусков и допусков для поковок 1-й группы

Таблица 1

Основные припуски и допуски для удлиненных поковок с уступами

Длина детали L, мм	Диаметр детали D или размер сечения B, H, мм								
	До 50	70	90	120	160	200	250	300	360
	Припуски $\delta, \delta_1, \delta_2, \delta_3$ и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}, \pm \frac{\Delta_1}{2}, \pm \frac{\Delta_2}{2}, \pm \frac{\Delta_3}{2}$, мм								
до 250	5 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	9 ± 3	—	—	—	—
500	6 ± 2	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 3	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4
800	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 3	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4
1200	8 ± 2	9 ± 3	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	16 ± 4
1700	—	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 4	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	16 ± 5	17 ± 5
2300	—	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	16 ± 5	17 ± 5	18 ± 5
3000	—	—	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	16 ± 5	17 ± 5	18 ± 5	19 ± 5
4000	—	—	—	15 ± 5	16 ± 5	17 ± 5	18 ± 5	19 ± 5	20 ± 6
5000	—	—	—	16 ± 5	17 ± 5	18 ± 5	19 ± 5	20 ± 6	21 ± 6
6000	—	—	—	—	18 ± 5	19 ± 5	20 ± 6	21 ± 6	22 ± 6

Примечание. В случае обработки поверхности детали с шероховатостью $Ra=10$ мкм и менее допускается увеличивать табличные значения припуска, но не более чем на 1 мм на сторону.

Таблица 2

Дополнительный припуск для поковок с уступами

Разность диаметров (р-ов) наибольшего и рассматриваемого сечений, мм	До 40	80	100	120	140	160	180	Свыше 180
Дополнительный припуск на диаметр (р-р) S , мм	3	4	5	6	7	8	9	10

Основное сечение поковки – это сечение элемента поковки с наибольшим объемом (массой) – определяется в следующем порядке (см. рис. 4):

- если поковка имеет ступень с необрабатываемой поверхностью, то за основное сечение принимают сечение этой ступени;
- если все ступени поковки подлежат последующей обработке, то для определения основного сечения рассчитывают площади продольных сечений наиболее объемных (массивных) ступеней $D_1 \cdot l_1, D_2 \cdot l_2, D_3 \cdot l_3, \dots$ и сравнивают их с площадью продольного сечения элемента поковки с наибольшим диаметром (размером) $D_{\max} \cdot l$;
- если все произведения $D_1 \cdot l_1, D_2 \cdot l_2, D_3 \cdot l_3$ меньше, чем $D_{\max} \cdot l$, то за основное сечение принимают выступ с наибольшим диаметром;
- если среди $D_1 \cdot l_1, D_2 \cdot l_2, D_3 \cdot l_3$ есть произведения большие, чем $D_{\max} \cdot l$, то для тех произведений $D_i \cdot l_i$, которые больше $D_{\max} \cdot l$, рассчитывают величины $A_i = S_i \cdot (D_i \cdot l_i - D_{\max} \cdot l)$, сравнивают их и т. д. и за основное сечение принимают сечение, для которого величина A_i имеет наибольшее значение;
- если за основное сечение принята не ступень с наибольшим диаметром D_{\max} , то дополнительный припуск переносят с основного сечения на выступ наибольшего диаметра.

Выполнимость на поковках концевых и промежуточных уступов (рис. 5 а), выемок (рис. 5 б), фланцев (рис. 5 в) и буртов (рис. 5 г) проверяют после назначения основных и дополнительных припусков.

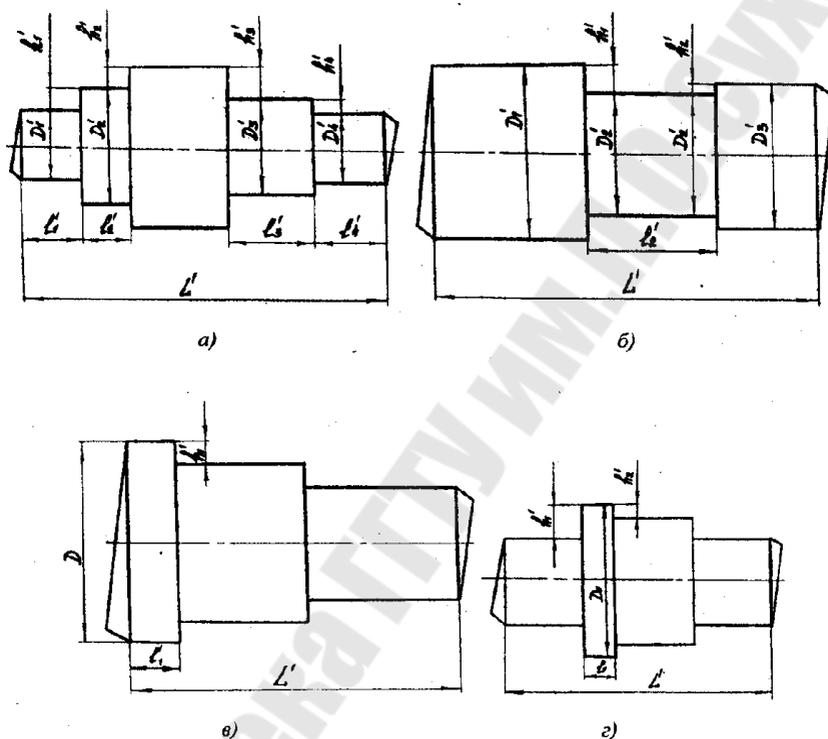


Рис. 5. Примеры деталей: а – с выступами; б – с выемкой; в – с фланцем; г – с буртом

Проверка выполнимости осуществляется с использованием табл. 3, 4 и с учетом следующих требований:

1)

- концевые и промежуточные уступы (рис. 5 а) выполняют, если их высоты h , не менее значений, указанных в табл. 3, и если их длина l_i по отношению к ширине бойка B_6 составляет величину не менее указанной в табл. 4;
- если высота h , уступа меньше значений, указанных в табл. 3, то уступ отковывается по диаметру соседнего выступа;
- если длина уступа l_i меньше значений, приведенных в табл. 4, то его отковывают в том случае, когда объем напуска при доведении

его длины до выполнимой меньше, чем объем напуска при отковывании его по диаметру соседнего выступа;

Таблица 3

Выполнимость уступов, выемок, фланцев и буртов по высоте

Диаметр (D_1', D_2', D_3') или размер B уступа, мм	До 100	180	250	Свыше 250
Минимальная выполнимая высота уступа (h_1', h_2', h_3')	4	5	6	7

Таблица 4

Выполнимость уступов, выемок, фланцев и буртов по длине

Ширина бойка B_6 , мм	До 150	До 300	Свыше 300
Минимальная длина выполнимого уступа (l_1', l_2', l_3')	$0,3 \cdot B_6$	$0,4 \cdot B_6$	$0,5 \cdot B_6$

2)

- выемку l_2' (рис. 5 б) выполняют, если длина l'' между засечками (рис. 6) перед ковкой выемки по отношению к ширине бойка молота B_6 составляет величину не менее указанной в табл. 5;
- если длина участка поковки, присекаемого для выполнения выемки, менее указанных в табл. 5, то на диаметр выемки назначают напуск из расчета, чтобы длина l'' присечки была равна соответствующему значению табл. 5;

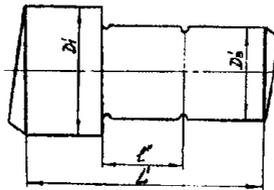


Рис. 6. Пример выполнения засечек дляковки выемки

Таблица 5

Формулы для определения минимальной длины между засечками

Ширина бойка B_6 , мм	До 300	400	Свыше 400
Минимальная длина участка между засечками l'' , мм	$0,5 \cdot B_6$	$0,7 \cdot B_6$	B_6

3)

- фланец (рис. 5 в) выполняют, если его длина l_1' больше высоты выступа h_1' в 1,2 раза и не менее $0,2 \cdot D'$ ($1,2 \cdot h_1' < l_1' > 0,2 \cdot D'$);
- если длина l_1' фланца меньше высоты выступа, увеличенной в 1,2 раза, то длину фланца доводят до выполнимого размера $l_1' = 1,2 \cdot h_1'$ за счет напуска или со стороны уступа, или со стороны торца, исходя из условия минимального объема напуска. Предельная минимальная длина фланца не должна быть менее 0,2 его диаметра;

4)

- бурт (рис. 5 г) выполняют, если его длина l_1 больше высоты h_2' меньшего прилегающего уступа, но не менее $0,2 \cdot D_1$ ($h_2' < l_1 > 0,2 \cdot D_1$);
- если длина бурта l_1 меньше высоты меньшего прилегающего уступа h_2' или менее $0,2 \cdot D_1$, то длину бурта l_1 доводят до выполнимого размера $l_1 = h_2'$ за счет напуска со стороны любого из торцов, при обеспечении минимального объема назначаемого напуска.

Информация для определения размеров бойков ковочного оборудования приводится в табл. 15. Пример определения выполнимости уступов, выемок, буртов и фланцев приведен в приложении (пример П.1).

3.3.2. Припуски и предельные отклонения для поковок 2-й группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 2-й группы (дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин сплошных; и дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин с отверстиями) следует назначать в соответствии с рис. 7 и табл. 6.

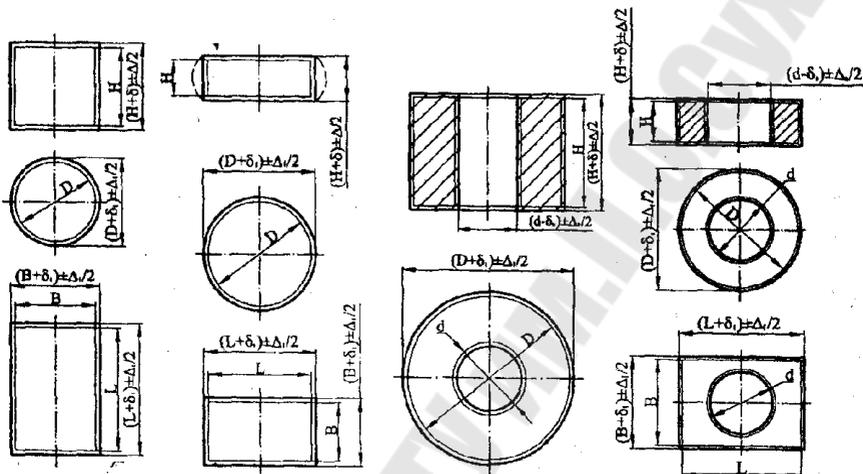


Рис. 7. Схема назначения припусков и допусков для поковок 2-й группы

Таблица 6

Таблица назначения припусков и допусков для поковок 2-й группы

Диаметр детали D или размеры L, B	Размеры на кот. назначаются припуски и предельные отклонения	Припуски ($\delta, \delta_1, \delta_2$) и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}, \frac{\Delta_1}{2}, \frac{\Delta_2}{2}$									
		Для высоты детали H , до мм									
		50	65	80	100	125	150	180	215	250	300
До 50	H, D, L, B	6 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	H	6 ± 2	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 2	9 ± 2	-	-	-	-	-
	D, L, B	7 ± 2	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 2	9 ± 2	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	H	7 ± 2	8 ± 2	8 ± 2	9 ± 2	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	-	-	-

Диаметр детали D или размеры L, B	Размеры на кот. назначаются припуски и предельные отклонения	Припуски ($\delta, \delta_1, \delta_2$) и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}, \frac{\Delta_1}{2}, \frac{\Delta_2}{2}$										
		Для высоты детали H , до мм										
		50	65	80	100	125	150	180	215	250	300	360
110	D, L, B	8±2	8±2	9±2	10±2	10±2	11±3	12±4				
	d	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±3	18±4				
150	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4	14±5		
	D, L, B	9±2	9±2	10±2	11±3	11±3	12±4	13±4	14±5	14±5		
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5	20±5		
200	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4	14±5	15±5	
	D, L, B	10±3	10±3	11±3	12±4	12±4	13±4	13±4	14±5	14±5	15±5	
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	20±5	21±5	22±5	
250	H	8±3	9±3	9±3	10±3	11±4	12±4	13±4	14±5	15±6	16±6	17±6
	D, L, B	11±3	11±3	12±3	13±4	13±4	14±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	d	17±3	18±3	18±3	19±4	19±4	20±4	20±4	21±5	22±6	23±6	24±6
300	H	9±3	10±3	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	D, L, B	12±4	12±4	13±4	14±5	14±5	15±5	15±5	16±6	17±7	18±7	19±7
	d	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	21±5	21±5	22±6	23±7	24±7	25±7
360	H	9±3	10±3	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	D, L, B	13±4	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	16±5	17±6	18±7	19±7	20±7
	d	19±4	20±4	20±4	21±5	21±5	22±5	22±5	23±6	24±7	25±7	26±7

Примечания. 1. Припуски и предельные отклонения для деталей прямоугольного сечения назначаются в зависимости от наибольшего размера (L, B). 2. На цилиндрических поковках, с отношением $D/H > 6$, допускается сферичность, величина которой не контролируется. 3. Разрешается не прошивать отверстия $d_n < 40$ мм и при отношении высоты поковки к диаметру прошивания (d_n) $H/d_n > 3$. 4. В отверстия поковки сверх припуска допускает-

ся уклон 1/20. Пример назначения припусков и предельных отклонений приведен в приложении (пример П.2).

3.3.3. Припуски и предельные отклонения для поковок 3-й группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 3-й группы (типа раскатных колец) следует назначать в соответствии с рис. 8 и табл. 7. В отверсти сверх припуска допускается конусность 1/20.

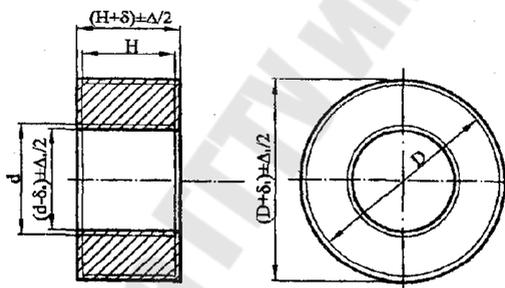


Рис. 8. Схема назначения припусков и допусков для поковок 3-й группы

Пример назначения припусков и предельных отклонений приведен в приложении (пример П.3).

Таблица 7

Припуски и допуски для поковок 3-й группы

Диаметр детали D, мм до	Размеры, на которые назначаются припуски	Высота детали H										
		до 50	св 50	св 65	св 80	св 100	св 125	св 150	св 180	св 215	св 250	св 300
		до 65	до 80	до 100	до 125	до 150	до 180	до 215	до 250	до 300	до 360	
Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$)												
110	H	6±2	7±2	8±3	9±3	10±3	—	—	—	—	—	—
	D	9±3	10±3	11±3	12±4	12±4	—	—	—	—	—	—
	d	12±3	13±3	14±3	15±4	15±4	—	—	—	—	—	—

Окончание табл. 7

Диаметр детали D , мм до	Размеры, на которые назначаются припуски	Высота детали H											
		до 50	св 50	св 65	св 80	св 100	св 125	св 150	св 180	св 215	св 250	св 300	
		до 65	до 80	до 100	до 125	до 150	до 180	до 215	до 250	до 300	до 360		
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$)											
150	H	7±2	8±2	9±3	10±4	11±4	12±4	—	—	—	—	—	
	D	10±3	11±3	11±3	12±4	13±4	14±4	—	—	—	—	—	
	d	13±2	14±3	14±3	15±4	16±4	17±4	—	—	—	—	—	
200	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	—	—	—	
	D	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	15±5	16±6	—	—	—	
	d	При $D-d$ до 50	14±3	15±3	15±3	16±4	16±4	17±4	18±5	19±5	—	—	—
		100	15±3	16±3	16±3	17±4	17±4	18±4	19±5	20±5	—	—	—
250	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	15±6	—	—	
	D	11±3	12±3	13±4	14±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±6	—	—	
	d	При $D-d$ до 50	14±3	15±3	16±4	17±4	17±4	18±4	19±5	20±5	21±6	—	—
		125	15±3	16±3	17±4	18±4	18±4	19±4	20±5	21±5	22±6	—	—
300	H	8±2	9±2	10±3	11±3	12±4	13±4	14±5	15±5	16±6	17±6	—	
	D	12±3	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	17±6	18±6	19±6	20±6	—	
	d	При $D-d$ до 50	15±3	16±4	17±4	18±5	18±5	19±5	20±6	21±6	22±6	23±6	—
		125	16±3	17±4	18±4	19±5	19±5	20±5	21±6	22±6	22±6	24±6	—
150		17±3	18±4	19±4	20±5	20±5	21±5	22±6	23±6	24±6	25±6	—	
360	H	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	15±5	16±6	17±6	18±7	19±7	
	D	13±4	14±4	15±5	16±5	16±6	17±6	18±6	19±6	20±7	21±7	22±7	
	d	При $D-d$ до 50	16±4	17±4	18±5	19±5	19±6	20±6	21±6	22±6	23±7	24±7	25±7
		125	17±4	18±4	19±5	20±5	20±6	21±6	22±6	23±6	24±7	25±7	26±7
180		18±4	19±4	20±5	21±5	21±6	22±6	23±6	24±6	25±7	26±7	27±7	

3.3.4. Припуски и предельные отклонения для поковок 4-й группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 4-й группы (типа цилиндров) следует назначать в соответствии с рис. 9 и табл. 8. Разрешается не выполнять в поковке отверстие диаметром $d < 40$ мм. В отверстии сверх припуска допускается уклон 1/20.

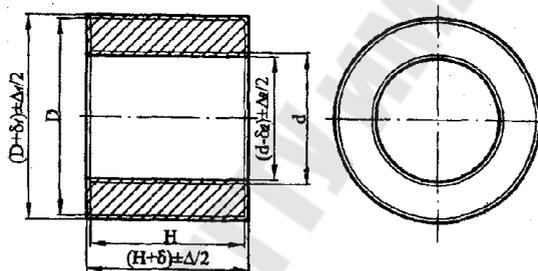


Рис. 9. Схема назначения припусков для поковок 4-й группы

Таблица 8

Припуски и допуски для поковок 4-й группы

Высота детали H	Наружный диаметр D	Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и пред. отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$)		
		на высоту H	на наруж. диаметр D	на внутр. диаметр d
До 80	До 80	13±4	12±3	17±3
до 100	до 80	14±5	12±3	17±3
	до 100	14±5	13±4	18±4
до 125	до 100	15±6	13±4	18±4
	до 125	15±6	14±4	19±4
до 150	до 125	16±6	14±4	19±4
	до 150	16±6	15±5	20±5
до 180	до 150	17±6	15±5	20±5
	до 180	17±6	16±5	21±5

Высота детали <i>H</i>	Наружный диаметр <i>D</i>	Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и пред. отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$)		
		на высоту <i>H</i>	на наружн. диаметр <i>D</i>	на внутр. диаметр <i>d</i>
до 215	до 150	18±6	15±5	20±5
	до 180	18±6	16±5	21±5
	до 215	18±6	17±6	22±6
до 250	до 180	19±7	16±5	21±5
	до 215	19±7	17±6	22±6
	до 250	19±7	18±6	23±6
до 300	до 215	20±7	17±6	22±6
	до 250	20±7	18±6	23±6
	до 300	20±7	19±6	24±6
до 360	до 250	21±8	18±6	23±6
	до 300	21±8	19±6	24±6
	до 360	21±8	20±7	25±7
до 420	до 300	22±8	20±7	25±7
	до 360	22±8	21±7	26±7
до 485	до 320	23±9	21±7	26±7
	до 360	23±9	22±8	27±8
до 530	до 360	24±10	23±9	28±9

Пример назначения припусков и предельных отклонений для поковок 4-й группы приведен в приложении (пример П.4).

3.3.5. Припуски и предельные отклонения для поковок 5-й группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 5-й группы (типа полых валов) следует назначать в соответствии с рис. 10, табл. 9, 10 и с учетом следующих требований:

а) основной припуск δ и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$ на наружные диаметры назначают по табл. 9 в зависимости от наибольшего диаметра и общей длины детали;

б) дополнительный припуск назначают по табл. 2 на диаметры всех сечений, кроме наибольшего (основного), в зависимости от разности диаметров наибольшего и рассматриваемого сечений;

в) припуск и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$ на внутренний диаметр назначают по табл. 10 в зависимости от номинального диаметра отверстия детали и среднего диаметра оправки;

г) припуск и предельные отклонения на длину детали назначают в зависимости от соотношения размеров детали:

- если длина детали $L > 2D$, то припуск принимают равным 5δ , а предельные отклонения $\pm 5 \frac{\Delta}{2}$;
- если длина детали $L < 2D$, то припуск принимают равным $3,5\delta$, а предельные отклонения $\pm 3,5 \frac{\Delta}{2}$ (δ и $\frac{\Delta}{2}$ – величины, соответственно, припуска и предельных отклонений на наибольший диаметр детали D).

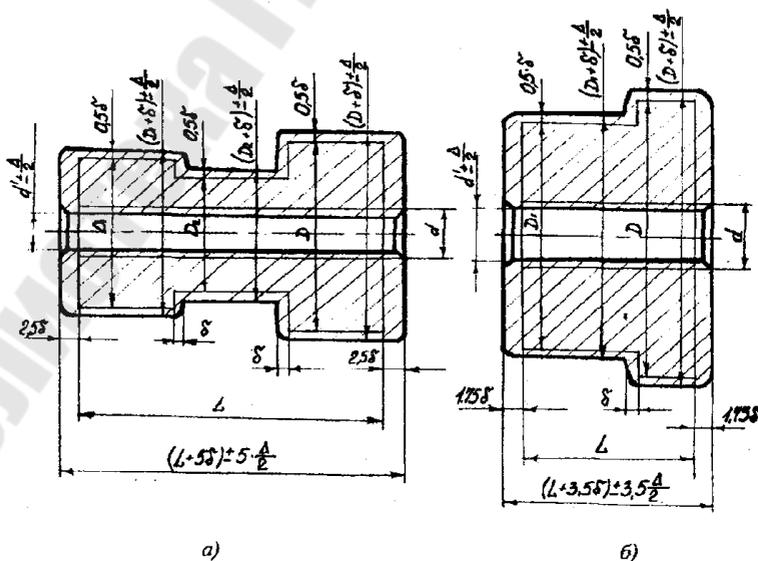


Рис. 10. Схема назначения припусков и допусков для поковок 5-й группы:
а - $L > 2D$; б - $L < 2D$

Таблица 9

Припуски и допуски для поковок 5-й группы

Длина детали	Наибольший диаметр детали D мм					
	до 150	180	215	250	300	360
	Припуск δ и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$					
До 500	16±6	17±7	18±7	19±8	20±8	22±9
Св. 500 до 700	17±7	18±7	19±8	20±8	21±8	
Св. 700 до 900	—	19±8	20±8	21±8	22±9	—
Св. 900 до 1100	—	—	21±8	22±9	23±9	—
Св. 1100 до 1300	—	—	22±9	23±9	24±9	—

Таблица 10

Припуски и допуски отверстий в поковках 5-й группы

Диаметр отверстия детали d	от	св									
	120	130	140	150	160	170	180	200	220	240	260
	до 130	до 140	до 150	до 160	до 170	до 180	до 200	до 220	до 240	до 260	до 280
Средний диаметр оправки $d_{оп}$	90	100	110	120	130	140	150	165	185	205	225
Диаметр отверстия в поковке d'	90 ±10	100 ±10	110 ±10	120 ±10	130 ±10	140 ±10	150 ±10	165 ±10	185 ±10	205 ±10	225 ±10

Примечания. 1. При диаметре оправки $d_{оп} < 120$ мм и длине поковки $L > 6d_{оп}$ допускается изготовление сплошных поковок. 2. Неровность торцов (бахрома) на поковке не контролируется. 3. В отверстия поковки допускается уклон 1:100 сверх припусков. 4. Допускается изготовление сплошных поковок, у которых при $L < 750$ мм разность диаметров ($D' - d'$) < 60 мм, а при $L > 750$ мм разность диаметров ($D' - d'$) < 80 мм.

Пример назначения припусков и предельных отклонений для поковок 5-й группы приведен в приложении (пример П.5).

3.3.6. Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 6-й группы

Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 6-й группы (типа втулок с уступами, сплошных и с отверстием),

изготавливаемых в подкладных кольцах, назначаются в соответствии с рис. 11, табл. 11 и 2 с учетом следующих требований:

а) основные припуски и предельные отклонения на размеры H , h , D_1 и d назначают в зависимости от диаметра фланца и общей высоты детали по табл. 11;

б) основной припуск δ_2 и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta_2}{2}$ на диаметр ступицы D_2 назначают по табл. 11 в зависимости от диаметра ступицы и общей высоты детали;

в) дополнительный припуск на несоосность S определяют по табл. 2 в зависимости от разности диаметров фланца и ступицы в поковке и назначают на диаметр фланца или диаметр ступицы, следующим образом:

- при $D_1 \cdot h > D_2 \cdot (H-h)$ дополнительный припуск назначают на ступицу;
- при $D_1 \cdot h < D_2 \cdot (H-h)$ дополнительный припуск назначают на фланец. Пример назначения припусков и предельных отклонений для поковок 6-й группы приведен в приложении (пример П.6).

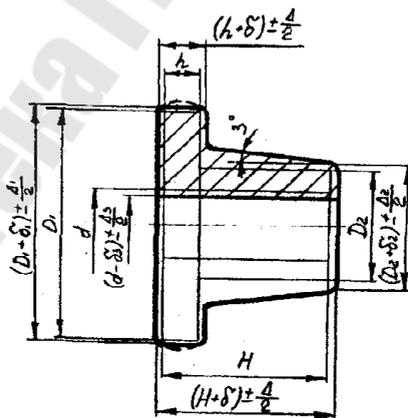


Рис. 11. Схема назначения припусков и допусков для поковок 6-й группы

3.3.7. Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 7-й группы

Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 7-й группы (типа втулок с уступами, сплошных и с отверстием),

изготавливаемых в подкладных штампах, назначаются в соответствии с рис. 12, табл. 12, и с учетом следующих требований:

а) припуски и предельные отклонения на размеры H , h , D_1 , и d назначают в зависимости от диаметра фланца и общей высоты детали по табл. 12;

б) припуск δ_2 и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta_2}{2}$ на диаметр ступицы D_2 назначают по табл. 12 в зависимости от диаметра ступицы и общей высоты детали.

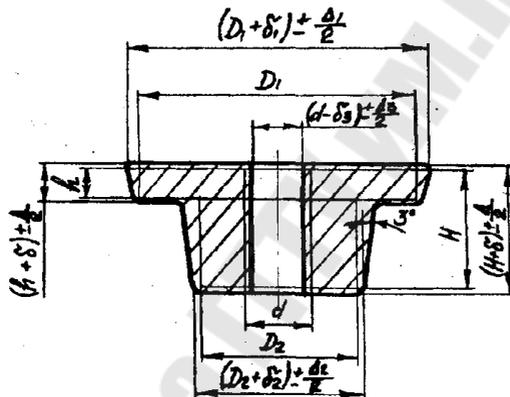


Рис. 12. Схема назначения припусков и допусков для поковок 7-й группы

Таблица 11

Припуски и допуски для поковок 6-й группы

Диаметр детали D_1 или D_2 , мм до	Размер, на кот. назнач. припуски предельные отклонен., мм	Высота детали H , мм										
		св	св	св	св	св	св	св	св	св	св	св
		до	до	до	до	до	до	до	до	до	до	до
до 50		50	65	80	100	125	150	180	215	250	300	360
		65	80	100	125	150	180	215	250	300	360	
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$) -										
50	H, h	7 ± 2	7 ± 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D_1	7 ± 2	7 ± 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D_2	5_{-1}^{+2}	6_{-1}^{+2}	6_{-1}^{+2}	7_{-1}^{+3}	7_{-1}^{+3}	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 11

Диаметр детали D_1 или D_2 , мм до	Размер, на кот. назнач. припуски предельные отклонен., мм	Высота детали H, мм										
		до 50	св									
			50 до 65	65 до 80	80 до 100	100 до 125	125 до 150	150 до 180	180 до 215	215 до 250	250 до 300	300 до 360
Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$)												
80	H, h	7±2	7±2	8±2	9±2	—	—	—	—	—	—	—
	D_1	7±2	8±2	8±2	9±2	—	—	—	—	—	—	—
	D_2	5 ⁺² ₋₁	6 ⁺² ₋₁	7 ⁺³ ₋₁	7 ⁺³ ₋₁	8 ⁺⁴ ₋₂	8 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	—	—	—	—
	d	13±2	14±2	14±2	15±2	—	—	—	—	—	—	—
110	H, h	7±2	8±2	9±2	10±2	10±3	11±3	—	—	—	—	—
	D_1	8±2	9±2	9±2	10±3	10±3	11±3	—	—	—	—	—
	D_2	6±2	7±3	7±3	8±4	8±4	9±4	9±4	10±4	10±4	—	—
	d	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±3	—	—	—	—	—
150	H, h	7±2	8±2	9±2	10±3	10±3	11±3	12±3	13±4	—	—	—
	D_1	9±2	10±2	10±3	11±3	11±3	12±3	13±4	13±4	—	—	—
	D_2	7 ⁺³ ₋₁	8 ⁺⁴ ₋₂	8 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂	12 ⁺⁵ ₋₂	13 ⁺⁶ ₋₂
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5	—	—	—
200	H, h	8±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	—	—
	D_1	10±3	11±3	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	15±4	—	—
	D_2	8 ⁺⁴ ₋₂	8 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂	12 ⁺⁵ ₋₂	12 ⁺⁵ ₋₂	13 ⁺⁶ ₋₂	14 ⁺⁶ ₋₂
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	—	—
250	H, h	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	D_1	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	D_2	9 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂	12 ⁺⁵ ₋₂	12 ⁺⁵ ₋₂	13 ⁺⁶ ₋₂	13 ⁺⁶ ₋₂	14 ⁺⁶ ₋₂	14 ⁺⁶ ₋₂
	d	17±3	18±3	18±3	19±4	19±4	20±4	20±4	21±5	22±6	23±6	24±6
300	H, h	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4	17±5	18±6	19±6
	D_1	12±4	13±4	13±4	14±5	14±5	15±5	15±5	16±6	17±7	18±7	19±7
	D_2	9 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂	12 ⁺⁵ ₋₂	13 ⁺⁶ ₋₂	13 ⁺⁶ ₋₂	14 ⁺⁶ ₋₂	14 ⁺⁶ ₋₂	15 ⁺⁶ ₋₂	15 ⁺⁶ ₋₂
	d	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	21±5	21±5	22±6	23±7	24±7	25±7
360	H, h	—	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±4	16±5	17±6	18±6	19±6
	D_1	—	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	16±5	17±6	18±7	19±7	20±7

Диаметр детали D_1 или D_2 , мм до	Размер, на кот. назнач. припуски предельные отклонен., мм	Высота детали H , мм										
		до 50	св	св	св	св	св	св	св	св	св	св
			50 до 65	65 до 80	80 до 100	100 до 125	125 до 150	150 до 180	180 до 215	215 до 250	250 до 300	300 до 360
Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$)												
360	D_2		11^{+2}_{-2}	11^{+2}_{-2}	12^{+2}_{-2}	13^{+2}_{-2}	14^{+2}_{-2}	14^{+2}_{-2}	15^{+2}_{-2}	15^{+2}_{-2}	16^{+2}_{-2}	16^{+2}_{-2}
	d		20 ± 4	20 ± 4	21 ± 5	21 ± 5	22 ± 5	22 ± 5	23 ± 5	24 ± 6	25 ± 7	26 ± 7
420	H, h		11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	16 ± 5	17 ± 5	18 ± 6	19 ± 6	20 ± 7
	D_1		14 ± 5	15 ± 5	16 ± 6	16 ± 6	17 ± 6	17 ± 6	18 ± 7	19 ± 8	20 ± 8	21 ± 8
485	d		21 ± 5	21 ± 5	22 ± 6	22 ± 6	23 ± 6	23 ± 6	24 ± 7	25 ± 8	26 ± 8	27 ± 8
	H, h			12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	16 ± 5	17 ± 6	18 ± 6	19 ± 7	20 ± 7
550	D_1			16 ± 5	17 ± 6	17 ± 6	18 ± 6	18 ± 6	19 ± 7	20 ± 8	21 ± 8	22 ± 8
	d			22 ± 5	23 ± 6	23 ± 6	24 ± 6	24 ± 6	25 ± 7	26 ± 8	27 ± 8	28 ± 8
550	H, h			13 ± 4	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 5	16 ± 6	17 ± 6	18 ± 7	19 ± 7	20 ± 7
	D_1			17 ± 6	18 ± 7	18 ± 7	19 ± 7	19 ± 7	20 ± 8	21 ± 9	22 ± 9	23 ± 9
	d			23 ± 6	24 ± 7	24 ± 7	25 ± 7	25 ± 7	26 ± 8	27 ± 9	28 ± 9	29 ± 9

Пр и м е ч а н и я. 1. В отверстия поковки сверх припусков допускается уклон не более 1:20. 2. Разрешается не прошивать отверстие диаметром менее 40 мм и при отношении высоты поковки к диаметру прошиваемого отверстия более 2,5. 3. На поковках с отношением диаметра фланца к его высоте более 5 допускается боковая сфера, размеры которой не контролируются. 4. Ступицу диаметром более 360 мм разрешается не выполнять. 5. При использовании нормализованной оснастки допускается доведение поковочного размера ступицы до размера подкладного кольца, при этом дополнительный припуск не должен превышать табличное значение более чем в 2,5 раза.

Таблица 12

Припуски и допуски для поволоков 7-й группы

Диаметр детали D_1 или D_2 , мм до	Размер, на кот. назнач. припуски предельные отклонен., мм	Высота детали H , мм						
		до 50	св	св	св	св	св	св
			50 до 65	65 до 80	80 до 100	100 до 125	125 до 150	150 до 180
Припуски (δ , δ_1 , δ_2 , δ_3) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$, $\frac{\Delta_3}{2}$)								
50	H, h	7 ± 2	7 ± 2	—	—	—	—	—
	D_1, D_2	5^{+2}_{-1}	6^{+2}_{-1}	6^{+2}_{-1}	7^{+3}_{-1}	7^{+3}_{-1}	—	—

Диаметр детали D_1 или D_2 , мм до	Размер, на кот. назнач. припуска предельные отклонен., мм	Высота детали H , мм						
		до 50	св 50	св 65	св 80	св 100	св 125	св 150
			до 65	до 80	до 100	до 125	до 150	до 180
Припуски (δ , δ_1 , δ_2 , δ_3) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$, $\frac{\Delta_1}{2}$, $\frac{\Delta_2}{2}$, $\frac{\Delta_3}{2}$)								
50	d						—	—
80	H, h	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 2	9 ± 2	—	—	—
	D_1, D_2	5_{-1}^{+2}	6_{-1}^{+2}	7_{-1}^{+3}	7_{-1}^{+3}	8_{-2}^{+4}	8_{-2}^{+4}	9_{-2}^{+4}
	d	13 ± 2	14 ± 2	14 ± 2	15 ± 2			
110	H, h	8 ± 2	8 ± 2	9 ± 2	10 ± 3	11 ± 3		—
	D_1, D_2	6_{-1}^{+2}	7_{-1}^{+3}	7_{-1}^{+3}	8_{-2}^{+4}	8_{-2}^{+4}	9_{-2}^{+4}	9_{-2}^{+4}
	d	14 ± 2	15 ± 2	15 ± 2	16 ± 2	16 ± 2		—
150	H, h	8 ± 2	9 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	
	D_1, D_2	7_{-1}^{+3}	8_{-2}^{+4}	8_{-2}^{+4}	9_{-2}^{+4}	9_{-2}^{+4}	10_{-2}^{+4}	10_{-2}^{+4}
	d	15 ± 2	16 ± 2	16 ± 2	17 ± 3	17 ± 3	18 ± 3	
200	H, h	9 ± 2	9 ± 2	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	13 ± 4
	D_1, D_2	8_{-2}^{+4}	8_{-2}^{+4}	9_{-2}^{+4}	9_{-2}^{+4}	10_{-2}^{+4}	11_{-2}^{+5}	11_{-2}^{+5}
	d	16 ± 3	17 ± 3	17 ± 3	18 ± 4	18 ± 4	19 ± 4	19 ± 4
250	H, h	9 ± 2	10 ± 3	11 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4
	D_1, D_2	9_{-2}^{+4}	9_{-2}^{+4}	10_{-2}^{+4}	10_{-2}^{+4}	11_{-2}^{+5}	12_{-2}^{+5}	12_{-2}^{+5}
	d	17 ± 3	18 ± 3	18 ± 3	19 ± 4	19 ± 4	20 ± 4	20 ± 4
300	H, h	10 ± 3	11 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4
	D_1, D_2	9_{-2}^{+4}	10_{-2}^{+4}	11_{-2}^{+5}	11_{-2}^{+5}	12_{-2}^{+5}	13_{-2}^{+5}	13_{-2}^{+5}
	d	18 ± 4	19 ± 4	19 ± 4	20 ± 5	20 ± 5	21 ± 5	21 ± 5
360	H, h		11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	15 ± 4
	D_1, D_2		11_{-2}^{+5}	11_{-2}^{+5}	12_{-2}^{+5}	13_{-2}^{+5}	14_{-2}^{+6}	14_{-2}^{+6}
	d		20 ± 4	20 ± 4	21 ± 5	21 ± 5	22 ± 5	22 ± 5

Примечания. 1. В отверстиях поковки сверх припусков допускается уклон не более 1:20. 2. Разрешается не прошивать отверстия диаметром менее 40 мм и при отношении высоты к диаметру прошиваемого отверстия более 2,5. 3. По периметру фланца допускается заусенец не более 5 мм при диаметре фланца до 300 мм и не более 10 мм при

диаметре фланца более 300 мм. 4. На диаметрах поковки, оформляемых в полости штампа, допускается превышение положительного отклонения по сравнению с табличными при условии экономической целесообразности и по согласию между поставщиком и заказчиком.

Пример назначения припусков и предельных отклонений для поволоков 7-й группы приведен в приложении (пример П.7).

3.3.8. Контроль фактических припусков и отклонений размеров поволоков

Контроль фактических припусков и отклонений размеров поволоков, изготавливаемых на молотах, производится на основании чертежа поковки.

Допускается неравномерное расположение припусков, возникающее вследствие эллиптичности сечения, несоосности отдельных частей поковки, прогиба поволоков, сдвига сечений, неперпендикулярности граней, наружных радиусов закругленности граней, утяжки при прошивке и отрубке, смещения отверстия при прошивке.

Предельные значения одностороннего припуска при неравномерном его расположении в любом сечении поковки не должны выходить за границы, указанные на схеме рис. 13. При этом фактические размеры в отдельных частях поковки не должны выходить за предельные отклонения на размер в целом.

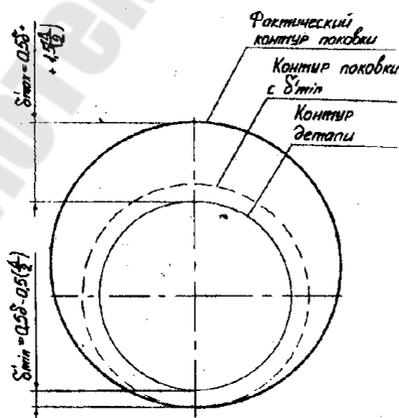


Рис. 13. Схема предельных смещений неравномерно расположенного припуска: δ'_{\min} , δ'_{\max} – предельные значения минимального и максимального неравномерных припусков

Поверхностные дефекты на поковках по характеру и величине не должны превышать соответствующие нормы, установленные ГОСТ 8479-70.

Скосы, галтели, величины внутренних радиусов закруглений поковок не контролируются.

Не контролируется также сферичность торцов поковки, если не производится их обрубка, и сферичность боковой поверхности поковок, изготавливаемых методомковки осадкой без обкатки по диаметру.

Определение допускаемой неравномерности расположения припусков для поковок различной формы приведено в приложении (пример П.8).

3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

Для спроектированной поковки (по ее чертежу) необходимо выбрать оптимальные размеры исходной заготовки, такие, чтобы при доведении ее до основного сечения поковки, была достигнута необходимая уковка исходного материала.

Исходными заготовками для крупных поковок являются слитки массой до 350 тонн и различной формы: удлиненные, малоприбыльные, полые, многогранные, круглого или квадратного сечения. Слитки проходят билетировку – операцию обжима ребер слитка для придания ему цилиндрической формы. Поковки средней и малой массы изготавливаются из проката. При этом исходные заготовки нарезаются в виде мерных болванок из блюма, сляба или сортового проката круглого, квадратного или прямоугольного сечения.

Размеры сечения исходной заготовки выбирают с учетом обеспечения необходимой уковки металла в поковке. При осадке (операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения) уковка Y рассчитывается как отношение

$$Y = F_2 / F_1, \quad (7)$$

где Y – уковка; F_2 – увеличенная после осадки площадь поперечного сечения; F_1 – площадь поперечного сечения исходной заготовки до осадки.

При протяжке (операция удлинения заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения) уковка Y равна отношению увеличенной длины участка, подвергнутого протяжке к первоначальной его длине в исходной заготовке:

$$Y = l_2 / l_1, \quad (8)$$

где l_2 – длина после протяжки; l_1 – длина до протяжки.

Уковка при биллетировке слитков обычно равна $Y = 1,05 \div 1,2$. Чем выше уковка, тем сильнее нарушается литая дендритная структура металла, и, следовательно, повышаются его прочностные механические характеристики. Однако с увеличением уковки повышаются затраты на деформирование исходной заготовки. Достаточной уковкой для слитков считается $Y = 2,5 \div 3$, а для проката $Y = 1,3 \div 1,5$.

Масса (объем) исходной заготовки выбирается:

– при ковке из слитка

$$M_{из} = M_{пок} + M_{пр} + M_{дон} + M_{уг} + M_{от}; \quad (9)$$

– при ковке из проката

$$M_{из} = M_{пок} + M_{уг} + M_{от}; \quad (10)$$

где $M_{из}$ – масса исходной заготовки; $M_{пок}$ – масса поковки; $M_{пр}$ – масса отхода из прибыльной части слитка (в зависимости от степени раскисления стали составляет 18 %-25 % массы слитка); $M_{дон}$ – масса отхода из донной части слитка (4-7 % массы слитка); $M_{уг}$ – масса отхода на угар (окалинообразование) (2-2,5 % массы слитка при нагреве холодной заготовки и 1,5 % при каждом подогреве); $M_{от}$ – масса технологических отходов (обрезка, выдра и т. п.).

Масса поковки $M_{пок}$ в формулах (9), (10) является главным элементом. Она рассчитывается произведением объема поковки на плотность материала:

$$M_{пок} = V_{пок} \cdot \rho, \quad (11)$$

где ρ – плотность металла; $V_{пок}$ – объем поковки, рассчитываемый по номинальным размерам поковки, либо по сумме объемов:

$$V_{пок} = V_{д} + V_{пр} + V_{н}, \quad (12)$$

где $V_{д}$ – объем детали; $V_{пр}$ – объем припусков на ковку; $V_{н}$ – объем напусков на ковку.

Для устранения напусков, которые могут значительно увеличить объем поковки, при разработке конструкции деталей следует придерживаться следующих технологических требований:

- поверхности должны быть наиболее простой формы (плоскости или цилиндрические поверхности) (см. рис. 14 а-г);
- следует избегать конических и клиновых форм (рис. 14 д, е);
- следует учитывать трудность выполнения ковкой участков пересечений цилиндрических поверхностей между собой и с плоскостями (рис. 14 ж, з);
- необходимо избегать ребристых сечений, бобышек, выступов и т. п., так как эти элементы в большинстве случаев свободной машинной ковкой невыполнимы.

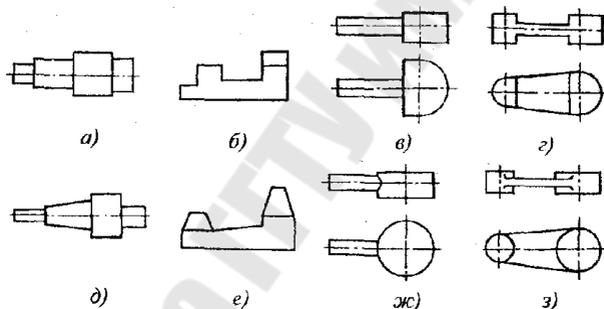


Рис. 14. Примеры различной технологичности поковок при изготовлении свободной машинной ковкой

По массе поковки и отходов определяют размеры исходной заготовки или слитка. Слиток выбирают из нормального ряда по размерам, равным расчетным, либо ближайшим большим. В последнем случае у слитка появляется так называемый годный остаток. Если из этого остатка не удастся изготовить какую-либо поковку, то он идет в переплав и должен быть включен шестой составляющей в сумму формулы (9). Данные, необходимые для расчета отходов на обесчечки, угар и т. д., можно найти в справочниках или в заводских нормалях. Эти данные составляют с учетом марки стали, массы слитка, способа нагрева металла и т. п. Для приблизительных расчетов отходов при ковке из отрезков блюмов, слябов и прутков суммарные потери металла учитывают расходным коэффициентом $k_p > 1$, тогда необходимое количество металла для исходной заготовки кроме формулы (10) может рассчитываться и по формуле:

$$M_{ис} = k_p \cdot M_{пок}. \quad (13)$$

По найденной массе исходной заготовки можно установить ее размеры с учетом тех величин, уковки, которые должны обеспечить наилучшие механические свойства металла детали. Трудности здесь состоят в том, что обеспечить одинаковую уковку в различных частях поковки сложной формы обычно не удастся. Однако в большинстве случаев и требования к различным частям детали в соответствии с выполняемыми ими функциями также неодинаковы. Тогда выделяют наиболее ответственную часть детали и рассчитывают для нее оптимальную уковку, при этом остальные части детали получают уковку, большую или меньшую установленной, но достаточную для ликвидации литой структуры при ковке.

На практике распространен способ расчета размеров заготовки по минимальной уковке, определяемой наибольшим (основным) сечением поковки. Если поковку с наибольшим сечением F_{\max} получают протяжкой исходной заготовки, то при минимальной уковке Y_{\min} поперечное сечение исходной заготовки $F_{уз}$

$$F_{уз} = Y_{\min} \cdot F_{\max} \quad (14)$$

Тогда длина исходной заготовки определяется по формуле

$$L_{уз} = V/F_{уз}, \quad (15)$$

где V – объем исходной заготовки, найденный по массе из формулы аналогичной (11).

Если поковку изготовливают из слитка, то протяжке предшествует биллетировка, при которой уковка обычно не превышает 1,1 для донной части. При биллетировке наименьшее сечение слитка с учетом уковки составляет $1,1F_{уз}$, а на остальных сечениях уковка будет превышать величину Y_{\min} за счет уменьшения сечения при последующей ковке. Дополнительная уковка может получиться при переходе от одного профиля исходной заготовки к другому у поковки. Например, при переходе с круга диаметром D на вписанный квадрат со стороной a отношение размеров соответствует $D = (1,3...1,4)a$, что отвечает уковке, равной $K=1,7$. При переходе с квадрата на круг удастся выдержать соотношение размеров $a=(0,97...0,98)D$, при этом незначительной дополнительной уковкой можно пренебречь. Если при необходимой уковке сечение и объем слитка получаются по приведенным расчетам чрезмерно большими, то возможно изготовление двух или даже нескольких поволоков из одного слитка, что обычно приводит к повышению коэффициента выхода годного металла. Однако это решение может оказаться непри-

сложным из-за усложнения условий нагрева металла и необходимости более мощного оборудования. Другая возможность увеличения уковки состоит во введении дополнительной операции осадки. При этом подбирается сечение исходной заготовки $F_{из}$ с учётом минимальной уковки Y_{min} наибольшего сечения поковки F_{max} по формуле:

$$F_{из} = \frac{F_{max}}{Y_{min}} \quad (16)$$

А затем определяется длина исходной заготовки по формуле (15) и с проверкой условия выполнимости осадки:

$$L_{из} \leq (2,5 \dots 3)D, \quad (17)$$

где D – размер диаметра или квадрата исходной заготовки.

3.5. ВЫБОР КОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Чертеж поковки является основой не только для выбора исходной заготовки, но и для выбора оборудования, основных и вспомогательных операций и инструмента.

Ковку подразделяют на *ручную* и *машинную*. Ручная ковка используется для получения мелких поковок в единичном производстве и при ремонтных работах. Основными инструментами являются наковальня, молоток и молот (кувалда). Машинную ковку производят на ковочных молотах и гидравлических прессах.

Основными типами молотов дляковки являются пневматические (ГОСТ 712-82) и паровоздушные (ГОСТ 9752-75). Пневматические молоты применяют дляковки мелких поковок (массой до 20 кг) и имеют массу падающих частей (МПЧ) от 50 до 1000 кг. Паровоздушные молоты строят с МПЧ = 1000-8000 кг. На них изготавливают поковки средней массы (20-350 кг). Гидравлические прессы (ГОСТ 7884-80), развивающие усилие 5÷150 МН, являются машинами неударного действия и применяются дляковки крупных поковок (свыше 350 кг).

Выбор оборудования дляковки производится в зависимости от температурного режимаковки металла, массы поковки и ее конфигурации. Для расчета необходимой мощности оборудования используются приближенные формулы: для ковочного молота

$$M_{ин} = k \cdot F, \quad (18)$$

где $M_{ин}$ – масса падающих частей молота в кг; F – площадь поперечного сечения заготовки в мм²; k – поправочный коэффициент ($k = 0,035$ для цветных металлов; $k = 0,07$ для стали, $k = 0,08-0,1$ для ковки в подкладных штампах), для ковочного пресса

$$P = k_1 \cdot \sigma_{т1} \cdot F, \quad (19)$$

где P – усилие, развиваемое прессом при ковке, в Н; k_1 – поправочный коэффициент на условия осадки заготовки (при соотношении $d/h = 1...2,5$ $k_1 = 1...2,5$); $\sigma_{т1}$ – сопротивление деформации при температурековки табл.16.

Для выбора ковочного оборудования могут также использоваться таблицы из справочников, например, табл. 13, 14.

Таблица 13

Данные для выбора ковочного молота

Масса падающих частей молота, кг	Масса фасонной поковки, кг		Наибольшая масса гладкого вала, кг	Наибольшее сечение заготовки (сторона квадрата), мм
	средняя	наибольшая		
100	0,5	2	10	50
300	3	10	45	85
500	8	25	100	115
1000	20	70	250	160
2000	60	180	500	225
3000	100	320	750	275
5000	200	700	1500	350

Таблица 14

Данные для выбора ковочного пресса

Усилие пресса, МН	Масса слитка, кг	Диаметр слитка, мм
6	500-2000	200-500
8	2000-3000	250-600
10	4000-8000	300-800
20	15000-30000	400-1200
30	30000-60000	600-1600
60	60000-120000	1000-2500
100	150000-250000	2000-2800

Таблица 15

Размеры молотовых и прессовых бойков

Масса падающих частей пневматического молота, кг	Размеры бойков, мм		Масса падающих частей паровоздушного молота, кг	Размеры зеркала бойков, мм		Усилие пресса МН	Размер бойков, мм		
	Длина	Ширина		Длина	Ширина		Длина	Ширина	Радиус закругл. рабочей кромки
150	200	85	1000	410	230	5	750	200	10
250	225	90	1500	470	260	10	1100	300	12
400	265	100	2000	520	290	20	1560	450	18
560	300	110	3000	590	330	30	1700	520	22
750	345	130	4000	650	370	40	1900	600	26
1000	390	150	5000	710	400	50	2100	700	32
						60	2300	750	38
						80	2700	850	45
						100	3000	1000	55
						150	3300	1200	80

Примечание. Радиус закругления бойков молотов принимается $r = 0,1B_6$, где B_6 – ширина бойка.

Таблица 16

Сопротивление деформации $\sigma_{ст}$ стали при высоких температурах

Сопротивление деформации $\sigma_{ст}$ стали в ненагретом состоянии МН/м ² (Н/мм ²)	Температура нагретой стали, °С					
	800	900	1000	1100	1200	1300
400	6,5	4,5	3	2,5	2	1,5
600	11	7,5	5,5	3,5	2,5	2
800	16,5	11	7,5	5	3,5	2,5

ПРИЛОЖЕНИЕ

К ГОСТ 7829-70 (РЕКОМЕНДУЕМОЕ). ПРИМЕРЫ НАЗНАЧЕНИЯ ПРИПУСКОВ И ДОПУСКОВ НА ПОКОВКИ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ И ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫЕ КОВКОЙ НА МОЛОТАХ

Пример П.1

Назначение основных и дополнительных припусков и проверка выполнимости конечных и промежуточных уступов, буртов, фланцев и выемок для поковок круглого, квадратного и прямоугольного сечения с уступами.

1. Размеры обработанной (ободранной) заготовки приведены на рис. П.1.

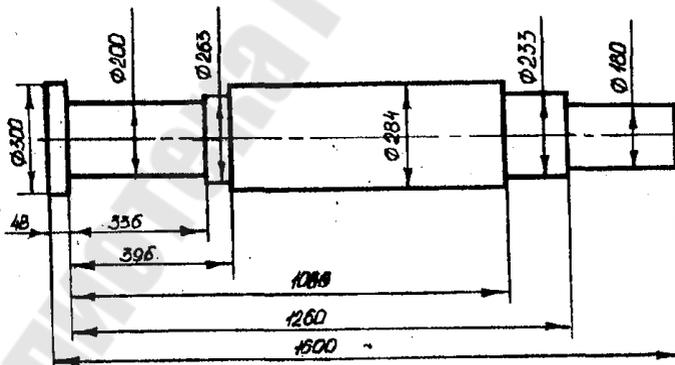


Рис. П.1. Эскиз детали

2. Назначение основных и дополнительных припусков и предельных отклонений:

а) основные припуски и предельные отклонения на диаметры уступов и выступов детали назначаются с учетом общей длины детали 1600 мм по табл. 1:

- на $\varnothing 300$ – припуск и предельные отклонения – 16 ± 5 ;
- на $\varnothing 200$ – припуск и предельные отклонения – 14 ± 4 ;
- на $\varnothing 263$ – припуск и предельные отклонения – 16 ± 5 ;
- на $\varnothing 284$ – припуск и предельные отклонения – 16 ± 5 ;
- на $\varnothing 233$ – припуск и предельные отклонения – 15 ± 4 ;
- на $\varnothing 180$ – припуск и предельные отклонения – 14 ± 4 ;

б) припуски и предельные отклонения на длину уступов и общую длину детали назначаются в соответствии со схемой на рис. 4, при этом длина уступов указывается от единой базы (за базу принят неконцевой торец выступа $\varnothing 300$ мм на рис. П.2) и с учетом припуска на $\varnothing 300$ мм $\delta = 16$ и $\Delta/2 = 5$:

- на длину 48 припуск и предельные отклонения равны $(1,25\delta \pm 1,25\Delta/2 + 0,75\delta \pm 0,75\Delta/2) = 2\delta + 2\Delta/2 = 32 \pm 10$. Длина фланца в поковке – 80 ± 10 ;
- на длину 336 припуск и предельные отклонения равны $1,5\delta \pm 1,5\Delta/2 = 24 \pm 8$. Длина выемки в поковке $(l - 1,5\delta) \pm 1,5\Delta/2 = 336 - 24 \pm 8 = 312 \pm 8$;

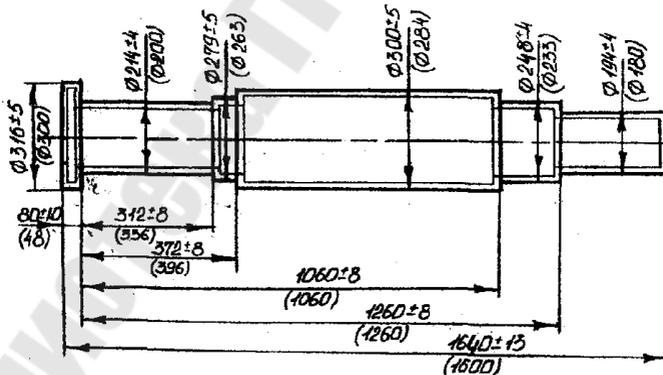


Рис. П.2. Поковка с основными припусками

- на длину 396 припуск и предельные отклонения равны $1,5\delta \pm 1,5\Delta/2 = 24 \pm 8$. Длина выемки в поковке $(l - 1,5\delta) \pm 1,5\Delta/2 = 372 \pm 8$;
- на длину 1060 припуск 0, предельные отклонения $\pm 1,5\Delta/2$ Длина ступени в поковке $l \pm 1,5\Delta/2 = 1060 \pm 8$;

- на длину 1260 припуск 0, предельные отклонения $+1,5\Delta/2$. Длина ступени в поковке $l+1,5\Delta/2 = 1260\pm 8$;
- на общую длину 1600 припуск и предельные отклонения равны $2,5\delta\pm 2,5\Delta/2 = 40\pm 13$. Длина поковки $-(L+2,5\delta)\pm 2,5\Delta/2 = 1640\pm 13$.

Округление значений припусков и предельных отклонений производится до целых чисел в большую сторону. Поковка с основными припусками представлена на рис. П.2.

в) дополнительный припуск (S) на несоосность назначается предварительно на все диаметры поковки (рис. П.2), кроме наибольшего диаметра 316 мм. Величины припусков определяют по табл. 2:

- на $\varnothing 214$ при $(d_{осн} - d_i) = (316 - 214) = 102$ $- S = 6$ мм;
- на $\varnothing 279$ при $(d_{осн} - d_i) = (316 - 279) = 37$ $- S = 3$ мм;
- на $\varnothing 300$ при $(d_{осн} - d_i) = (316 - 300) = 16$ $- S = 3$ мм;
- на $\varnothing 248$ при $(d_{осн} - d_i) = (316 - 248) = 68$ $- S = 4$ мм;
- на $\varnothing 194$ при $(d_{осн} - d_i) = (316 - 194) = 122$ $- S = 7$ мм.

Затем следует определить основное сечение, для чего рассчитываются площади продольных сечений ступеней поковки с основными припусками (рис. П.2);

$$D'_{\max} \cdot l' = 316 \cdot 80 = 25\,300 \text{ мм}^2;$$

$$D_1 \cdot l'_1 = 214 \cdot 312 = 66\,700 \text{ мм}^2;$$

$$D'_2 \cdot l'_2 = 279 \cdot (372 - 312) = 16\,700 \text{ мм}^2;$$

$$D'_3 \cdot l'_3 = 300 \cdot (1060 - 372) = 206\,400 \text{ мм}^2;$$

$$D'_4 \cdot l'_4 = 248 \cdot (1260 - 1060) = 49\,600 \text{ мм}^2;$$

$$D'_5 \cdot l'_5 = 194 \cdot (1640 - 1340) = 58\,200 \text{ мм}^2.$$

Для ступеней, площади продольных сечений которых больше площади продольного сечения ступени наибольшего диаметра $D'_{\max} \cdot l' = 25300 \text{ мм}^2$ рассчитываются произведения $A_i = S_i \cdot (D_i \cdot l_i - D'_{\max} \cdot l')$:

- для $\varnothing 214$ $A_1 = 6 \cdot (214 \cdot 312 - 316 \cdot 80) = 248\,000$;
- для $\varnothing 300$ $A_3 = 3 \cdot (300 \cdot 688 - 316 \cdot 80) = 543\,000$;
- для $\varnothing 248$ $A_4 = 4 \cdot (248 \cdot 200 - 316 \cdot 80) = 97\,000$;
- для $\varnothing 194$ $A_5 = 7 \cdot (194 \cdot 300 - 316 \cdot 80) = 228\,000$.

За основное сечение принимается ступень, для которой произведение A_1 является наибольшим (A_3 – наибольшее, следовательно $\varnothing 300$ – основное сечение).

В связи с тем, что за основное сечение принимается выступ не с наибольшим диаметром, на $\varnothing 316$ мм переносится дополнительный припуск 3 мм с $\varnothing 300$ мм. Поковка с назначенными на нее основными и дополнительными припусками приведена на рис. П.3.

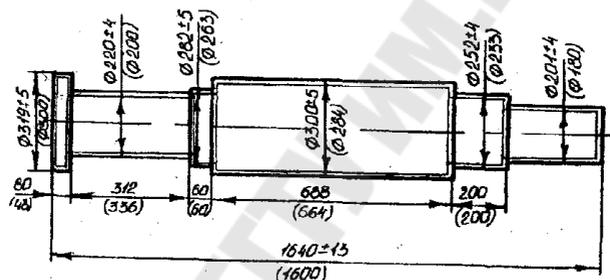


Рис. П.3. Поковка с основными и дополнительными припусками

3. Проверка выполнимости концевых и промежуточных уступов, фланца и выемки (рис. П.3) производится после определения мощности по формулам (18, 19) и выбора ковочного оборудования табл. 13, 14. Затем определяются размеры бойков по табл. 15.

Примем, что поковка будет изготавливаться на молоте, имеющем бойки шириной $B_6 = 350$ мм, тогда:

а) промежуточный уступ диаметром 282 мм и длиной 60 мм невыполним, так как его длина меньше минимально допустимой величины $l_2 < l$ ($l = 0,5B_6 = 175$ мм), регламентируемой табл. 4. Доведение уступа до выполнимого размера за счет напуска по длине нецелесообразно, т. к. при этом прилегающая к нему выемка ($\varnothing 220 \cdot 312$) будет невыполнимой по табл. 5 (в выемке между $\varnothing 319$ и $\varnothing 300$ длиной $312 + 60 = 372$ невозможно разместить минимальную длину между засечками дляковки выемки $l'' > 0,7 \cdot B_6 = 0,7 \cdot 350 = 245$ и минимальную длину уступа $l = 0,5 \cdot B_6 = 175$, т. к. $l'' + l = 245 + 175 = 420 > 312 + 60 = 372$). Поэтому этот уступ ликвидируется за счет напуска по смежному диаметру 300 мм;

б) промежуточный уступ диаметром 252 мм и длиной 200 мм выполним, т. к. его высота $h = 0,5 \cdot (300 - 252) = 24$ мм больше минимальной высоты 7 мм, регламентируемой табл. 3, а его длина больше минимальной длины $200 > l = 0,5 \cdot B_6 = 175$ мм, регламентируемой табл. 4;

в) концевой уступ диаметром 201 мм и длиной 300 мм выполним, т. к. его высота $h = (252 - 201)/2 = 26$ больше минимальной высоты 6 мм, регламентируемой табл. 3, а длина $300 > l = 0,5 \cdot B_6 = 175$ мм по табл. 4;

г) выемка диаметром 220 и длиной 312 мм невыполнима, так как согласно табл. 5 минимальная длина засечки $l'' = 0,7 \cdot B_6 = 245$ мм, а минимальный диаметр выполнимой выемки длиной $l'_2 = 312$ мм при присекании ее от диаметра 300 мм из условия постоянства объема ступени равен $D_{\min} = D'_3 \times \times \sqrt{l''/l'_2} = 300 \cdot \sqrt{245/312} = 266$ мм.

Поэтому диаметр выемки следует довести до выполнимых размеров за счет напуска по диаметру, принимая диаметр выемки 266 мм, при длине 312 мм;

д) фланец диаметром 319 мм и длиной 80 мм при диаметре соседнего уступа 266 мм выполним, т. к. длина его больше минимальной величины $l > 0,2 \cdot D$ ($80 > 0,2 \cdot 312 = 64$).

Окончательные размеры поковки с назначенными на нее основными и дополнительными припусками после проверки выполнимости уступов, фланца и выемки приведены на рис. П.4.

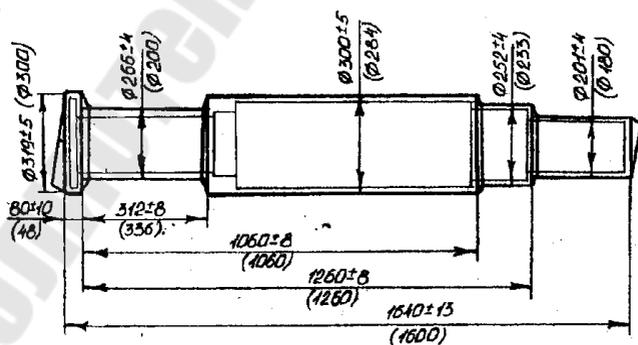


Рис. П.4. Эскиз поковки окончательного вида

Пример П.2

Назначение припусков и предельных отклонений для поковок 2-й группы: дисков, цилиндров, брусков, кубиков, сплошных пластин; и дисков, втулок, брусков, пластин с отверстием.

1. Размеры обработанных заготовок указаны в скобках на рис. П.5 а, б.
2. Припуски и предельные отклонения назначаются по табл. 6:
 - а) поковка – диск с отверстием (рис. П.5 а);

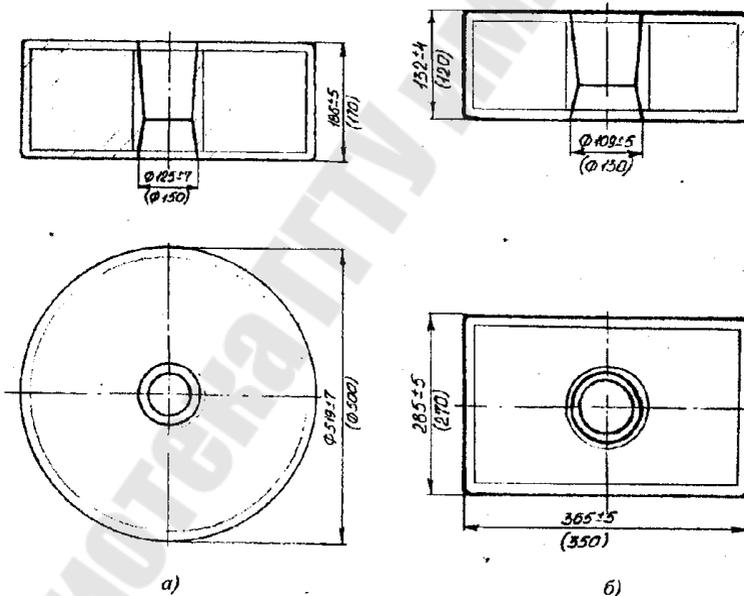


Рис. П.5. Примеры поковок 2-й группы

- на наружный диаметр 500 мм припуск и предельные отклонения 19 ± 7 ;
 - на диаметр отверстия 150 мм припуск и предельные отклонения 25 ± 7 ;
 - на высоту 170 мм припуск и предельные отклонения 16 ± 5 мм.
- Отверстие в поковке выполнимо, т. к. $H'/d_{np} = 186/125 = 1,49 < 3$.
Сфера на боковой поверхности не допускается, т. к. $D'/H' = 519/186 < 6$.

- б) поковка-пластина с отверстием (рис. П.5 б):
 на максимальный размер сечения 350 мм припуск и предельные отклонения по табл. 6 – 15 ± 5 мм;
- на размер сечения 270 мм припуск и предельные отклонения 15 ± 5 мм;
 - на высоту 120 мм припуск и предельные отклонения 12 ± 4 мм;
 - на диаметр отверстия 130 мм припуски и предельные отклонения 21 ± 5 мм.

Отверстие в поковке выполнимо, т. к. $H/d_{np} = 132/109 = 1,21 < 3$.

3. Окончательные поковочные размеры для диска и пластины показаны на рис. П.5 а, б.

Пример П.3

Назначение припусков и предельных отклонений для поковок 3-й группы – раскатных колец.

1. Размеры обработанной заготовки указаны в скобках на рис. П.6.
2. Назначение припусков и предельных отклонений на размеры детали производится по табл. 7:
 - на наружный диаметр 350 мм припуск и предельные отклонения 16 ± 5 мм;
 - на внутренний диаметр 220 мм припуск и предельные отклонения 21 ± 5 мм;
 - на высоту 100 мм припуск и предельные отклонения 12 ± 4 мм.
3. Окончательные поковочные размеры показаны на рис. П.6.

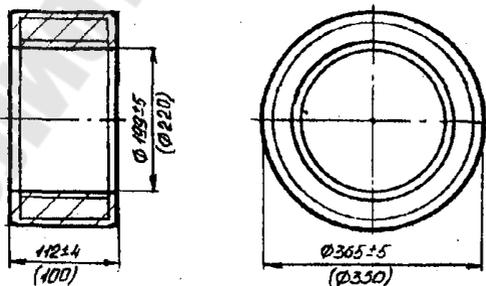


Рис. П.6. Поковка 3-й группы

Пример П.4

Назначение припусков и предельных отклонений для поковки 4-й группы – цилиндров с отверстием.

1. Размеры обработанной заготовки указаны в скобках на рис. П.7.
2. Назначение припусков и предельных отклонений на размеры детали производится по табл. 8:
 - на наружный диаметр 280 мм припуск и предельные отклонения 20 ± 7 мм;
 - на внутренний диаметр 200 мм припуск и предельные отклонения 25 ± 7 мм;
 - на высоту 380 мм припуск и предельные отклонения 22 ± 8 мм.
3. Отверстие в поковке выполнимо.
4. Окончательные поковочные размеры показаны на рис. П.7.

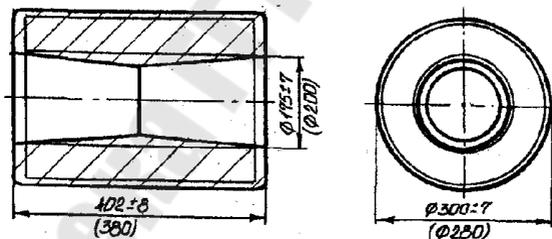


Рис. П.7. Поковка 4-й группы

Пример П.5

Назначение припусков и предельных отклонений для поволоков 5-й группы – полых валов.

1. Размеры обработанной заготовки указаны в скобках на рис. П.8.
2. Назначение припусков и предельных отклонений на размеры детали производится (с учетом схемы на рис. 10 а, б) по табл. 9 и 10:
 - на наружный диаметр 270 мм припуск и предельные отклонения 21 ± 8 ;
 - на длину 550 мм, т. к. отношение $L/D = 550/270 > 2$ припуск и предельные отклонения $- 5 \cdot (21 \pm 8) = 105 \pm 40$ мм;

- на внутренний диаметр 165 мм припуск и предельные отклонения устанавливаются после выбора диаметра оправки, т. к. диаметр отверстия детали $d = 165$ мм, то по табл. 10 принимаем оправку со средним диаметром $d_{on} = 130$ мм. С учетом этого по внутреннему диаметру припуск будет равен 35 мм, предельные отклонения ± 10 мм.

3. Отверстие в поковке выполнимо, так как при $L = 550 < 750$ разность диаметров $D' - d = 291 - 130 = 161 > 60$ мм.

4. Окончательные поковочные размеры показаны на рис. П.8.

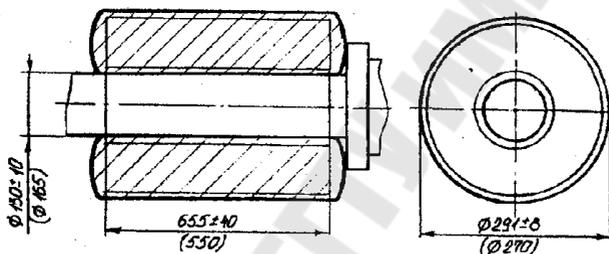


Рис. П.8. Поковка полого вала

Пример П.6

Назначение припусков и предельных отклонений для поволок 6-й группы – втулок с уступами сплошных и с отверстиями, изготавливаемых в подкладных кольцах.

1. Размеры обработанной заготовки указаны в скобках на рис. П.9.

2. Назначение основных и дополнительных припусков и предельных отклонений:

а) основные припуски и предельные отклонения на размеры детали производятся по табл. 11;

- на диаметр фланца 450 мм припуск и предельные отклонения 20 ± 8 мм;
- на диаметр ступицы 300 мм припуск и предельные отклонения 14^{+6}_{-2} мм;
- на внутренний диаметр 130 припуск и предельные отклонения 26 ± 8 мм;

- на общую высоту 220 мм припуск и предельные отклонения 18 ± 6 мм;
- на высоту фланца 100 мм припуск и предельные отклонения 18 ± 6 мм;

б) дополнительный припуск на несоосность назначают по табл. 2 равный 8 мм на диаметр ступицы, т. к. выполняется условие $D'_1 \cdot h' > D'_2 \cdot (H' - h')$ т. е. $470 \cdot 118 > 314 \cdot (238 - 118)$. $D_2 = 314 + 8 = 322$.

3. Отверстие в поковке выполнимо, т. к. $H/d = 238/104 = 2,29 < 2,5$.

4. Поковку изготавливают с обкаткой по фланцу, т. к. $D'_1/h' = 470/118 < 5$.

5. Окончательные размеры поковки показаны на рис. П.9.

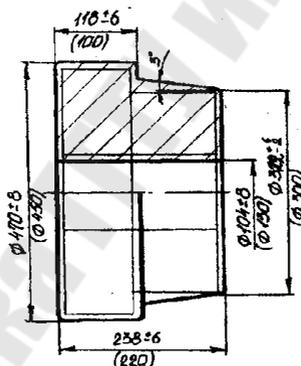


Рис. П.9. Поковка 6-й группы

Пример П.7

Назначение припусков и предельных отклонений для поволок 7-й группы – втулок с уступами сплошных и с отверстием, изготавливаемых в подкладных штампах.

1. Размеры обработанной заготовки указаны в скобках на рис. П.10.
2. Назначение припусков и предельных отклонений на размеры детали производится по табл. 12:

- на диаметр фланца 200 мм припуск и предельные отклонения 10^{+4}_{-2} мм;
- на внутренний диаметр 80 припуск и предельные отклонения 18 ± 4 мм;
- на диаметр ступицы 130 мм припуск и предельные отклонения 9^{+4}_{-2} мм;

- на общую высоту 120 мм припуск и предельные отклонения 12 ± 3 мм;
 - на высоту фланца припуск и предельные отклонения 12 ± 3 мм.
3. Отверстие в поковке выполнимо, т. к. $H/d = 132/62 = 2,13 < 2,5$.
4. Окончательные размеры поковки показаны на рис. П.10.

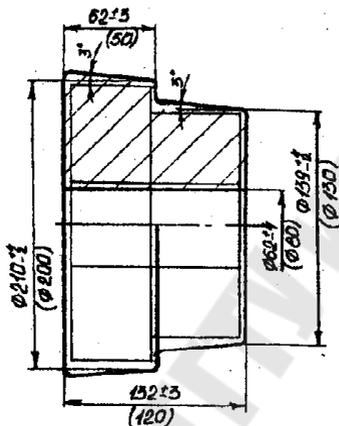


Рис. П.10. Поковка 7-й группы

Пример П.8

Определение допускаемой неравномерности расположения припусков в соответствии со схемой на рис. 13.

1. Для любого сечения поковки допускаемая неравномерность расположения припуска характеризуется следующими предельными значениями одностороннего припуска:

- минимальное значение $\delta_{\min} = 0,5 \cdot \delta - 0,5 \cdot (\Delta / 2)$;
- максимальное значение $\delta_{\max} = 0,5 \cdot \delta + 1,5 \cdot (\Delta / 2)$.

2. Определение допускаемой неравномерности расположения припусков для поковок, для которых рассмотрено определение припусков в примерах П.1...П.7, представлено ниже в табл. П.1.

**Сводная таблица
допустимой неравномерности расположения припусков**

Группа (тип) поковки	Диаметр или размер сечения поковки, мм	Припуск на размер, мм	Предельное отклонение на размер, мм	Предельное значение одностороннего припуска в сечении, мм	
				Минимальное	Максимальное
Круглый вал с уступами (рис. П.3) и рис. П.4	201	21	± 4	10,5-2=8,5	10,5+6=16,5
	252	19	± 4	9,5-2=7,5	9,5+6=15,5
	300	16	± 5	8-2,5=5,5	8+7,5=15,5
	266	20	± 4	10-2=8,0	10+6=16,0
	319	19	± 5	9,5-2,5=7	9,5+7,5=17
Диск (рис. П.5 а)	519	19	± 7	9,5-3,5=6	9,5+10,5=20
	125	25	± 7	12,5-3,5=9	12,5+10,5=23
Пластина (рис. П.5 б)	365	15	± 5	7,5-2,5=5	7,5+7,5=15
	285	15	± 5	7,5-2,5=5	7,5+7,5=15
Кольцо раскатное (рис. П.6)	365	15	± 5	7,5-2,5=5	7,5+7,5=15
	199	21	± 5	10,5-2,5=8	10,5+7,5=18
Цилиндр с отверст. (рис. П.7)	300	20	± 7	10-3,5=6,5	10+10,5=20,5
	175	25	± 7	12,5-3,5=9	12,5+10,5=23
Вал полый (рис. П.8)	291	21	± 8	10,5-4=6,5	10,5+12=22,5
	130	35	± 10	17,5-5=12,5	17,5+15=32,5
Втулка с уступами (рис. П.9)	470	20	± 8	10-4=6	10+12=22
	322	22	+6 -2	11-1=10	11+6+1=18
Втулка с уступами (рис. П.10)	210	10	+4 -2	5-1=4	5+4+1=10
	139	9	+4 -2	4,5-1=3,5	4,5+4+1=9,5

ЛИТЕРАТУРА

1. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка: Учебное пособие для машиностроительных вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 408 с.

2. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штампового производства: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1976. – 560 с.

3. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые свободной ковкой на молотах. Припуски и допуски. ГОСТ 7829-70. Издание официальное. Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: ГСП, 1989. – 41 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Цель работы.....	4
2. Порядок выполнения работы	4
3. Проектирование поковки и техпроцесса свободной ковки.....	5
3.1. Рекомендации для проектирования технологического процесса свободной ковки	5
3.2. Правила назначения припусков, допусков, напусков	7
3.3. Назначение припусков, допусков и напусков по ГОСТ 7829-70.....	15
3.3.1. Припуски и предельные отклонения для поковок 1-й группы	15
3.3.2. Припуски и предельные отклонения для поковок 2-й группы	20
3.3.3. Припуски и предельные отклонения для поковок 3-й группы	23
3.3.4. Припуски и предельные отклонения для поковок 4-й группы	25
3.3.5. Припуски и предельные отклонения для поковок 5-й группы	26
3.3.6. Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 6-й группы	28
3.3.7. Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 7-й группы.....	29
3.3.8. Контроль фактических припусков и отклонений размеров поковок.....	34
3.4. Определение размеров исходной заготовки.....	35
3.5. Выбор ковочного оборудования.....	39
Приложение.....	42
ГОСТ 7829-70 (рекомендуемое). Примеры назначения припусков и допусков на поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах	42
Пример П.1	42
Пример П.2	47
Пример П.3	48
Пример П.4	49
Пример П.5	49
Пример П.6	50
Пример П.7	51
Пример П.8	52
Литература	54