

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальностей
6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие
станки и инструменты» и 6-05-0713-04 «Автоматизация
технологических процессов и производств»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2026

УДК 621.7.043
ББК 34.623
П79

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «23» февраля 2026 г.,
протокол № 9

Составители: канд. техн. наук, доц. О. В. Цумарев;
ст. преподаватель О. Н. Шишова

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. С. Федосенко

Приведена общая методика проектирования заготовок, получаемых методом горячей штамповки. Рассмотрены основные положения ГОСТ 7505–89 и порядок их применения. Рекомендации являются практическим руководством для студентов и преподавателей при выполнении практических заданий.

Учебное издание

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

Ответственный за выпуск	М. А. Рабыко
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать	. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л.	. Уч. -изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2026

Содержание

1 Разработка чертежа заготовки и типовой схемы технологического процесса ее изготовления в разовой форме.....	4
2 Разработка чертежа заготовки и типовой схемы технологического процесса ее получения штамповкой на прессе.....	14
3 Разработка чертежа заготовки и типовой схемы технологического процесса ее изготовления на горизонтально-ковочных машинах.....	38
Список литературы.....	42

1 Разработка чертежа заготовки и типовой схемы технологического процесса ее изготовления в разовой форме

1.1 Последовательность проектирования отливки

- 1 Анализ исходных данных.
- 2 Назначение предельных отклонений на номинальные размеры деталей в соответствии с их качествами точности. Определение допусков по [2].
- 3 Определение степени сложности отливки [1, 3].
- 4 Определение положения отливки в форме и положения поверхностей отливки при заливке металла в форму [4, 6, 7].
- 5 Установление уровня точности поверхностей отливки [1, таблица 15].
- 6 Назначение степени точности поверхностей отливки [1, таблица 11].
- 7 Установление шероховатости поверхностей отливки [1, таблица 12].
- 8 Определение класса размерной точности отливки [1, таблица 9].
Уточнение класса размерной точности [1, п. 2.2].
- 9 Назначение допусков размеров поверхностей отливки [1, таблица 1].
- 10 Определение степени коробления отливки [1, таблица 10].
- 11 Определение ряда припусков на обработку отливки [1, таблица 14].
- 12 Определение допуска смещения отливки по плоскости разъёма [1, таблица 1].
- 13 Установление вида окончательной механической обработки [1, таблицы 2, 7, 8].
- 14 Установление общих допусков элементов отливки [1, таблицы 2 и 16].
- 15 Установление общих припусков на обработку [1, таблица 6].
- 16 Определение исполнительных размеров отливки.
- 17 Определение литейных уклонов по ГОСТ 3212–80 [8].
- 18 Определение номинальной массы отливки, массы припусков, массы уклонов.
- 19 Определение класса точности массы отливки [1, таблица 13].
- 20 Установление радиусов закругления [2, таблица 7].
- 21 Разработка чертежа отливки в соответствии с [8]. На чертеже указываются исполнительные размеры отливки, шероховатость поверхностей, радиусы закруглений, линейные уклоны, твердость материала, точность отливки и масса отливки по ГОСТ 26645–85. На чертеже отливки следует указывать измерительные базы (базы разметки) и базы первоначальной обработки поверхностей [1, п. 1.7].

Пример – Определить класс размерной точности отливки, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы, исполнительные размеры, назначить допуски на размеры отливки и припуски на механическую обработку поверхностей детали (рисунок 1).

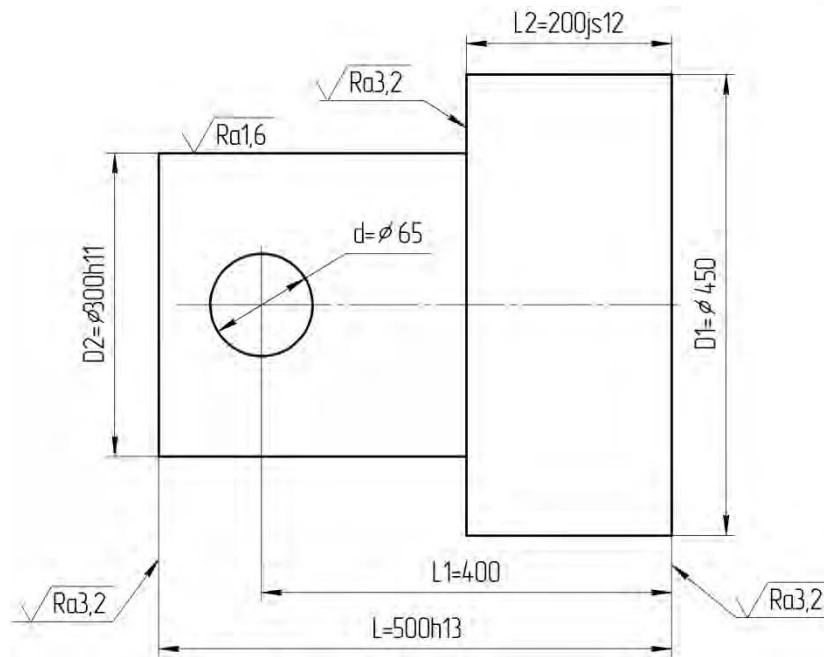


Рисунок 1 – Ось

1 Анализ исходных данных:

- материал детали – АЛ 5 ГОСТ 2685–75, $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$;
- наибольший габаритный размер – 500 мм;
- тип производства – серийный;
- метод получения заготовки – под низким давлением;
- отливка не подвергается термообработке.

2 Назначение предельных отклонений на номинальные размеры детали, полученные механообработкой, в соответствии с их качествами точности. Определение допуска.

$$D_2 = \varnothing 300h11(-0,32); \quad TD_2 = 0,32 \text{ мм};$$

$$L_2 = 200js12(\pm 0,23); \quad TL_2 = 0,46 \text{ мм};$$

$$L = 500h13(-0,97); \quad TL = 0,97 \text{ мм}.$$

3 Определение сложности отливки. В соответствии с [1] отливка средней сложности, т. к. относится к 5-й группе сложности.

4 Определение положения отливки в форме. Конструкция литой детали должна быть такой, чтобы модель можно было по возможности изготовить с одним плоским разъемом. Конструкция формы должна обеспечивать направленную кристаллизацию отливки снизу. Массивные и ответственные элементы отливок следует располагать в нижней половине формы, в крайнем случае – вертикально. Модель или её части при формовке должны легко извлекаться из формы. Для проверки этого требования можно использовать метод теневого рельефа [5].

Положение отливки в форме для рассматриваемого примера показано

на рисунке 2.

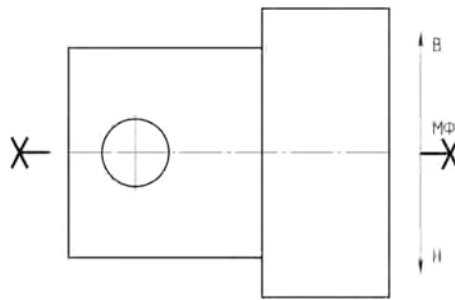


Рисунок 2 – Положение отливки в форме

5 *Установление уровня точности поверхностей отливки.* В соответствии с [1, таблица 15] уровень точности обработки при нормальной точности станков для серийного типа производства устанавливается средний.

6 *Назначение степени точности поверхностей отливки.* Согласно [1, таблица 11] степень точности лежит в пределах 6–11. В соответствии с примечаниями к данному приложению необходимо произвести условную разбивку их на три группы, представив все цифры, входящие в диапазон: 6; 7; 8; 9; 10; 11. Для массового производства – 6; 7; 8; 9; для серийного – 7; 8; 9; 10; для единичного – 8; 9; 10; 11. Меньшие значения относятся к простым отливкам, большие – к сложным.

Согласно исходным данным принимаем для серийного производства и отливки средней сложности 8-ю степень точности поверхностей.

7 *Установление шероховатости поверхностей отливки.* Для 8-й степени точности поверхностей отливки устанавливается среднее арифметическое отклонение профиля $Ra = 10$ мкм [1, таблица 12].

8 *Определение классов размерной точности.* Так как по исходным данным имеем отливку из цветного сплава, полученную литьём под низким давлением, то диапазон классов размерной точности составит 6–10 [1, таблица 9]. В соответствии с [1, примечание к приложению 1] необходимо произвести условную разбивку на три группы, представив все цифры, входящие в диапазон: 6; 7т; 7; 8; 9т; 9; 10. Меньшие значения относятся к простым отливкам, большие – к сложным.

Принимаем 8-й класс размерной точности отливки. Однако с учетом положения отливки в форме уточним класс точности каждого из размеров [1, пп. 2.2; 2.3].

Без изменений класса точности размеров сохраняются те, которые образованы двумя полуформами, а именно:

$$D_2' = \varnothing 300 \text{ мм (8 кл.)}; D_1' = \varnothing 450 \text{ мм (8 кл.)}; L_2' = 200 \text{ мм (8 кл.)};$$

$$L_1' = 400 \text{ мм (8 кл.)}; L' = 500 \text{ мм (8 кл.)}.$$

Класс точности размеров, образованных стержнем, принимается согласно

[1, пп. 2.2; 2.3], т. е. $d' = \varnothing 65$ мм (7 кл.).

9 *Назначение допусков размеров поверхностей отливки.* Допуски линейных размеров отливки следует назначить по [1, таблица 1] в зависимости от номинального размера отливки и класса точности.

$$D_2' = 300 \text{ мм}; \quad TD_2' = 2,0 \text{ мм};$$

$$L_2' = 200 \text{ мм}; \quad TL_2' = 1,8 \text{ мм};$$

$$L' = 500 \text{ мм}; \quad TL' = 2,2 \text{ мм};$$

$$D_1' = 450 \text{ мм}; \quad TD_1' = 2,2 \text{ мм};$$

$$d' = 65 \text{ мм}; \quad Td' = 1,1 \text{ мм};$$

$$L_1' = 400 \text{ мм}; \quad TL_1' = 2,0 \text{ мм}.$$

10 *Определение степени коробления отливки.* Определяем численную величину отношения наименьшего размера к наибольшему размеру элемента отливки, т. е. $200 / 450 = 0,41$. Диапазон степеней коробления составит 1–4 [1, таблица 10]. Произведём разбивку диапазона: 1–2–3–4. Первая цифра диапазона (1) относится к отливкам из цветных легкоплавких сплавов, вторая (2) – к отливкам из цветных тугоплавких сплавов, третья (3) – к отливкам из стали, четвертая (4) – к отливкам из чугуна. Степень коробления проектируемой отливки равна 1.

11 *Определение ряда припусков на обработку отливки.* Для найденной степени точности поверхностей отливки 8 по [1, таблица 14] находим диапазон припусков 2–5. Произведем разбивку диапазона: 2–3–4–5. Первая цифра диапазона (2) относится к отливкам из цветных сплавов, не подвергаемых термической обработке, вторая (3) – к термообрабатываемым отливкам из цветных сплавов, третья (4) – к отливкам из черных сплавов, не подвергаемых термической обработке, четвертая (5) – к термообрабатываемым отливкам из черных сплавов.

В рассматриваемом случае ряд припусков на обработку отливки равен 2.

12 *Определение допуска смещения отливки по плоскости разъёма.* Этот допуск устанавливают по [1, таблица 1] на уровне размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящих на разъём или пересекающих его.

По чертежу детали определяется наиболее тонкая стенка отливки ($500 - 400 - 65 / 2 = 67,5$ мм). В связи с тем, что для отливки в целом установлен 8-й класс точности размеров, устанавливаем допуск смещения отливки по плоскости разъёма, равный 1,4 мм [1, таблица 1].

Допуск смещения, вызванный перекосом стержня, согласно [1, п. 2.8] устанавливают в диаметральном выражении на 1–2 класса точнее класса размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок

отливки, формируемых с участием стержня.

Установим класс точности 8. Тогда по [1, таблица 1] допуск смещения, вызванный перекосом стержня, для толщины стенки $((300 - 65) / 2 = 117,5 \text{ мм})$ будет равен 1,2 мм.

Допуск неровностей поверхности отливки по [1, таблица 3] составляет 0,24 мм, т. к. 8-я степень точности поверхностей.

13 Установление допусков формы элементов отливки. Допуск формы и расположения элементов отливки выбирается в зависимости от номинального размера нормируемого участка отливки и ее степени коробления по [1, таблица 2].

$$TD'_{2\phi} = 0,32 \text{ мм}; \quad TL'_{2\phi} = 0,2 \text{ мм}; \quad TL'_{\phi} = 0,5 \text{ мм};$$

$$TD'_{1\phi} = 0,5 \text{ мм}; \quad Td'_{\phi} = 0,12 \text{ мм}; \quad TL'_{1\phi} = 0,4 \text{ мм}.$$

14 Установление вида окончательной механической обработки. Для определения вида окончательной механической обработки в соответствии с [1, таблица 7] необходимо определить величину соотношения между допусками размера детали и отливки от базы обработки до обрабатываемой поверхности:

$$K_1 = TD_2 / TD'_2 = 0,32 / 2,0 = 0,16;$$

$$K_2 = TL_2 / TL'_2 = 0,46 / 1,8 = 0,25;$$

$$K_3 = TL / TL' = 0,97 / 2,2 = 0,44.$$

Устанавливаем вид окончательной обработки [1, таблица 7]: для размера D_2 – получистовая; для L_2 – черновая; для L – черновая.

Для уточнения вида окончательной механической обработки в соответствии с [1, таблица 8] необходимо определить величину соотношения между допусками формы и расположения поверхностей детали и отливки.

Допуски формы и расположения поверхностей детали

$$TD_{2\phi} = 0,5TD_2 = 0,5 \cdot 0,32 = 0,16 \text{ мм};$$

$$TL_{2\phi} = 0,5TL_2 = 0,5 \cdot 0,46 = 0,23 \text{ мм};$$

$$TL_{\phi} = 0,5TL = 0,5 \cdot 0,97 = 0,485 \text{ мм}.$$

Тогда

$$K_1 = TD_{2\phi} / TD'_{2\phi} = 0,16 / 0,32 = 0,15;$$

$$K_2 = TL_{2\phi} / TL'_{2\phi} = 0,23 / 0,2 = 1,15;$$

$$K_3 = TL_{\phi} / TL'_{\phi} = 0,485 / 0,5 = 0,97.$$

Согласно [1, таблица 8] для размера D_2 – получистовая обработка; для L_2 – черновая; для L – черновая.

Таким образом, сравнивая результаты расчетов, полученных с учетом

[1, таблицы 7 и 8], устанавливаем, что окончательными видами механической обработки являются: D_2 – получистовая обработка; L_2 – черновая; L – черновая.

15 Установление общих допусков элементов отливки. Общие допуски элементов отливки по [1, таблица 16]

$$TD_2^{o'} = 2,0 \text{ мм}; TL_2^{o'} = 2,0 \text{ мм}; TL^{o'} = 2,4 \text{ мм};$$

$$TD_1^{o'} = 2,4 \text{ мм}; Td^{o'} = 1,2 \text{ мм}; TL_1^{o'} = 2,0 \text{ мм}.$$

16 Установление общих припусков на обработку. Общие припуски на обработку на сторону назначаются по [1, таблица 6] в зависимости от общего допуска, вида окончательной механической обработки и ряда припуска. Тогда $ZD_2 = 2,1 \text{ мм}; ZL_2 = 1,1 \text{ мм}; ZL = 1,6 \text{ мм}.$

17 Определение исполнительных размеров отливки.

$$D'_2 = (D_2 + 2ZD_2) \pm TD_2^{o'} / 2 = (300 + 2 \cdot 2,1) \pm 2,0 / 2;$$

$$D'_2 = 304,2 \pm 1,0 = 304_{-0,8}^{+1,2} \text{ мм};$$

$$L' (L + 2ZL) + TL^{o'} / 2 = (500 + 2 \cdot 1,6) \pm 2,4 / 2;$$

$$L' = 503,2 \pm 1,2 = 503_{-1,2}^{+1,4} \text{ мм};$$

$$L'_2 = (L_2 + 2ZL'_2) \pm TL_2^{o'} / 2 = (200 + 2 \cdot 1,6) \pm 2,0 / 2;$$

$$L'_2 = 203,2 \pm 1,0 = 203_{-1,2}^{+0,8} \text{ мм};$$

$$D'_1 = D_1 \pm TD_1^{o'} / 2 = 450 \pm 2,4 / 2 = (450 \pm 1,2) \text{ мм};$$

$$d' = d \pm Td^{o'} / 2 = 65 \pm 1,2 / 2 = (65 \pm 0,6) \text{ мм};$$

$$L'_1 = (L_1 + ZL_1) \pm TL_1^{o'} / 2 = (400 + 1,6) \pm 2,0 / 2;$$

$$L'_1 = 401,6 \pm 1,0 = 402_{-1,4}^{+0,6} \text{ мм}.$$

18 Определение массы отливки

18.1 Определение номинальной массы отливки. Номинальная масса отливки

$$m_n = V\rho, \quad (1)$$

где ρ – плотность материала отливки, кг/м^3 ;

V – объём отливки, рассчитанный по номинальным размерам без учёта напусков, м^3 (рисунок 3).

На рисунке 3 представлена схема для расчета объёма отливки.

$$V = V_1 + V_2 - V_3; \quad (2)$$

$$V = (3,14 \cdot 450^2 / 4) \cdot 203 + (3,14 \cdot 304^2 / 4) \cdot 300 -$$

$$- (3,14 \cdot 65^2 / 4) \cdot 304 = 52614027 \text{ мм}^3;$$

$$m_H = 52614027 \cdot 2700 \cdot 10^{-9} = 142,06 \text{ кг}.$$

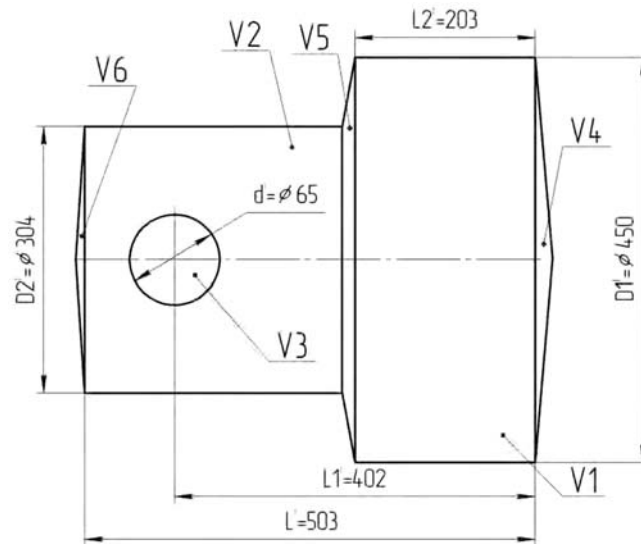


Рисунок 3 – Расчетная схема заготовки

18.2 Определение массы металла, расходуемого на припуски. Масса металла, расходуемого на припуски,

$$m_{\text{пр}} = m_H - m_{\text{дет}}, \quad (3)$$

где m_H – номинальная масса отливки, рассчитанная по её номинальным размерам, $m_H = 142,06$ кг;

$m_{\text{дет}}$ – номинальная масса детали по чертежу, $m_{\text{дет}} = 139,28$ кг.

$$m_{\text{пр}} = 142,06 - 139,28 = 2,77 \text{ кг}.$$

18.3 Масса металла, расходуемого на напуски. Согласно ГОСТ 3212–80 литейные уклоны равны 1° .

Объём металла, расходуемого на уклоны,

$$V_y = V_4 + V_5 + V_6 = \frac{\pi \cdot R_1'^2 \cdot \text{tg} 1^\circ \cdot R_1'}{3} +$$

$$+ \frac{\pi \cdot (R_1'^2 + R_2'^2 + R_1' \cdot R_2') \cdot \text{tg} 1^\circ \cdot (R_1' - R_2')}{3} + \frac{\pi \cdot R_2'^2 \cdot \text{tg} 1^\circ \cdot R_2'}{3}; \quad (4)$$

$$V_y = \frac{\pi \cdot 225^2 \cdot \operatorname{tg} 1^\circ \cdot 225}{3} + \frac{\pi \cdot (225^2 + 150^2 + 225 \cdot 150) \cdot \operatorname{tg} 1^\circ \cdot (225 - 150)}{3} + \\ + \frac{\pi \cdot 150^2 \cdot \operatorname{tg} 1^\circ \cdot 150}{3} = 415994 \text{ мм}^3.$$

Масса металла, расходуемого на уклоны,

$$m_y = 415994 \cdot 2700 \cdot 10^{-9} = 1,12 \text{ кг.}$$

Масса отливки: 139,28–2,77–1,12–142,06 ГОСТ 26645–85.

19 *Определение класса точности массы отливки.* Определение класса точности массы отливки производим по [1, таблица 13]. Диапазон классов точности массы отливки лежит в пределах 5–12. Выписываем цифры, входящие в этот диапазон, и делим их на три равные группы:

$$5 \ 6 \ 7_{\text{т}} \ 7 \ 8; \quad 7 \ 8 \ 9_{\text{т}} \ 9 \ 10; \quad 9 \ 10 \ 11_{\text{т}} \ 11 \ 12.$$

Так как отливка средней сложности и серийное производство, то класс точности массы равен 8.

Таким образом, в технических условиях чертежа условное обозначение точности отливки 8-го класса размерной точности, 1-й степени коробления, 8-й степени точности поверхностей и 8-го класса точности массы с допуском смещения отливки по плоскости разъёма 1,2 мм будет представлено следующим образом:

Точность отливки: 8–1–8–8 См 1,2 ГОСТ 26645–85.

20 *Литейные радиусы:* R = 8 мм [3, таблица 7].

Индивидуальные задания

Разработать согласно варианту (таблицы 1–4) отливку для деталей, представленных на рисунках 4–7. Способ литья задается преподавателем. Для четных вариантов – отливка подвергается термообработке, для нечетных – не подвергается. Плотность стали 35Л ГОСТ 977–88 составляет $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$, чугуна СЧ 18 ГОСТ 1412–85 – 7200 кг/м^3 , АЛ 5 ГОСТ 2685–75 – 2700 кг/м^3 .

Таблица 1 – Исходные данные к рисунку 4

Номер варианта	D, мм	d, мм	D ₁ , мм	L, мм	L ₁ , мм	L ₂ , мм	Материал	Тип производства
1	500	200H6	340h9	250	370	400h12	Чугун СЧ 18 ГОСТ 1412–85	Единичное
2	200	100H11	160h6	60	200	240h8	АЛ 5 ГОСТ 2685–75	Массовое
3	60	35H12	50h8	12	16	20h7	Сталь 35Л ГОСТ 977–88	Серийное
4	240	150H12	200h7	70	380	440h10	АЛ 5 ГОСТ 2685–75	Единичное
5	180	60H9	100h10	35	120	150h11	Сталь 35Л ГОСТ 977–88	Массовое
6	390	210H11	250h6	80	160	200h11	Чугун СЧ 18 ГОСТ 1412–85	Серийное

Таблица 2 – Исходные данные к рисунку 5

Номер варианта	D, мм	D ₁ , мм	d, мм	d ₁ , мм	L, мм	L ₁ , мм	L ₂ , мм	Материал	Тип производства
7	240h6	160	140	200H9	90js12	200	300	Чугун СЧ 18	Единичное
8	500h9	300	150	400H6	80js10	240	300	АЛ 5	Массовое
9	100h10	50	30	80H7	20js12	60	80	Сталь 35Л	Серийное
10	390h11	250	100	300H9	80js9	160	200	АЛ 5	Единичное
11	100h8	70	40	80H9	30js10	60	100	Сталь 35Л	Массовое
12	380h7	200	100	300H8	80js11	200	250	Чугун СЧ 18	Серийное

Таблица 3 – Исходные данные к рисунку 6

Номер варианта	D ₁ , мм	d, мм	D ₂ , мм	L, мм	L ₁ , мм	L ₂ , мм	Материал	Тип производства
13	440	100	340h13	400h8	300	200h12	Чугун СЧ 18 ГОСТ 1412–85	Единичное
14	350	45	240h8	150h7	100	80h10	АЛ 5 ГОСТ 2685–75	Массовое
15	150	100	120h8	500h12	300	200h8	Сталь 35Л ГОСТ 977–88	Серийное
16	430	40	300h9	500h10	180	140h12	АЛ 5 ГОСТ 2685–75	Единичное
17	90	12	50h8	35h12	26	16h7	Сталь 35Л ГОСТ 977–88	Массовое
18	180	35	150h10	350h8	320	100h11	Чугун СЧ 18 ГОСТ 1412–85	Серийное

Таблица 4 – Исходные данные к рисунку 7

Номер варианта	D, мм	d, мм	D ₁ , мм	L, мм	L ₁ , мм	L ₂ , мм	Материал	Тип производства
19	250	100H8	150h7	350	80js8	60js8	Чугун СЧ 18 ГОСТ 1412–85	Единичное
20	220	70H9	140h8	300	100js9	65js9	АЛ 5 ГОСТ 2685–75	Массовое
21	120	40H11	85h9	160	50js11	45js11	Сталь 35Л ГОСТ 977–88	Серийное
22	60	20H10	45h6	100	25js8	20js8	АЛ 5 ГОСТ 2685–75	Единичное
23	160	40H9	80h8	400	160js9	100js9	Сталь 35Л ГОСТ 977–88	Массовое
24	125	45H9	90h8	250	60js9	85js9	Чугун СЧ 18 ГОСТ 1412–85	Серийное

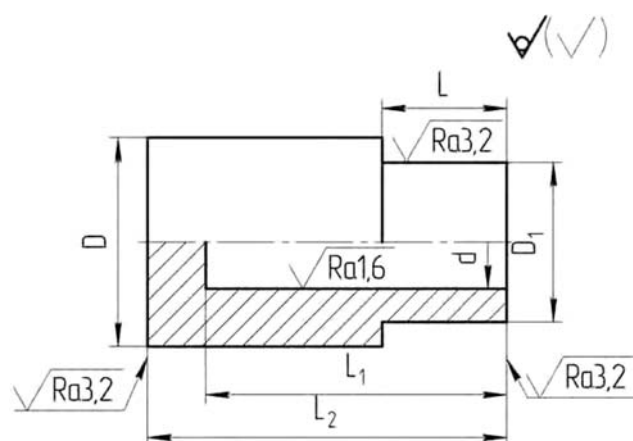


Рисунок 4 – Втулка

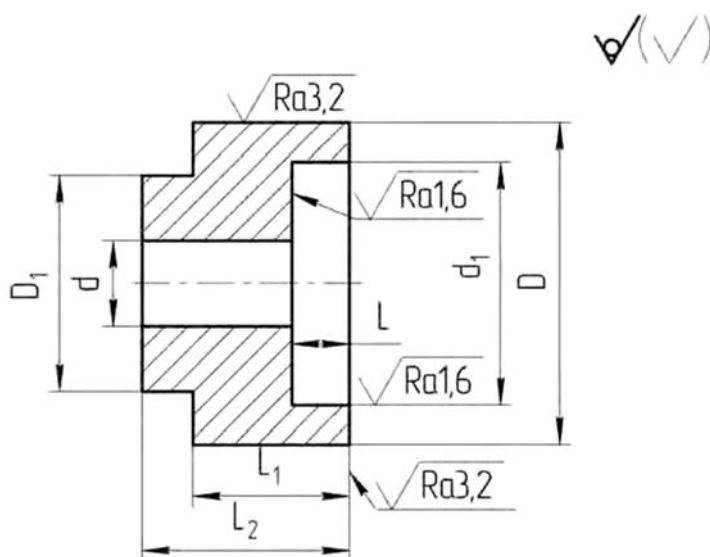


Рисунок 5 – Ступица

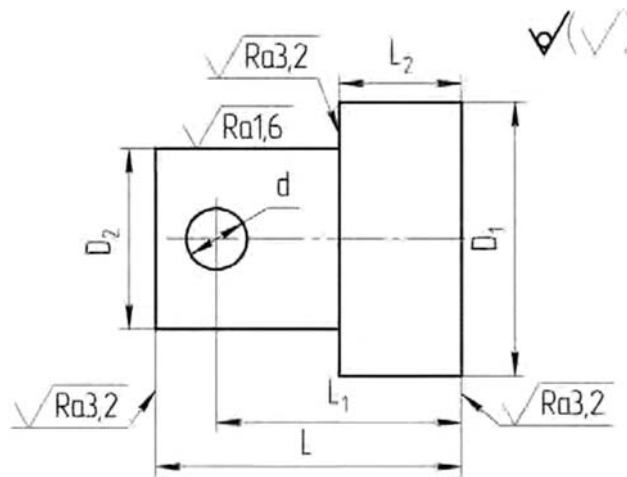


Рисунок 6 – Ось

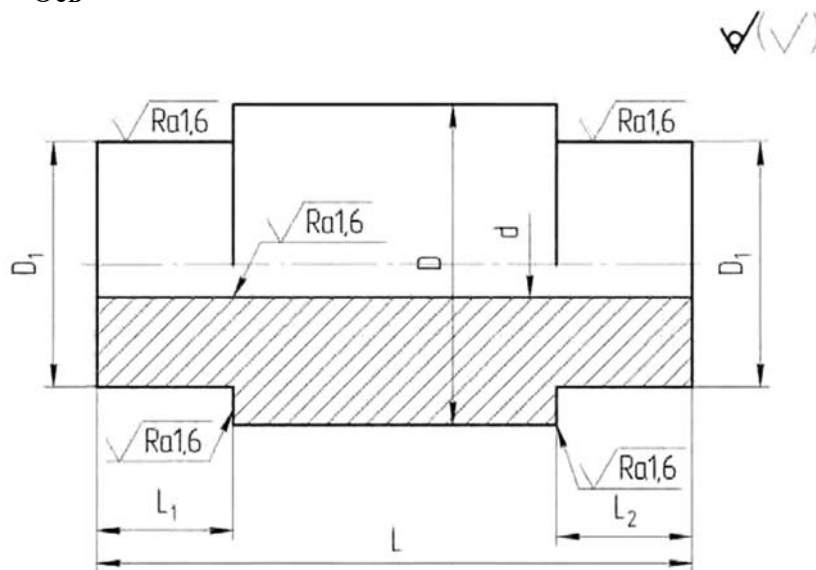


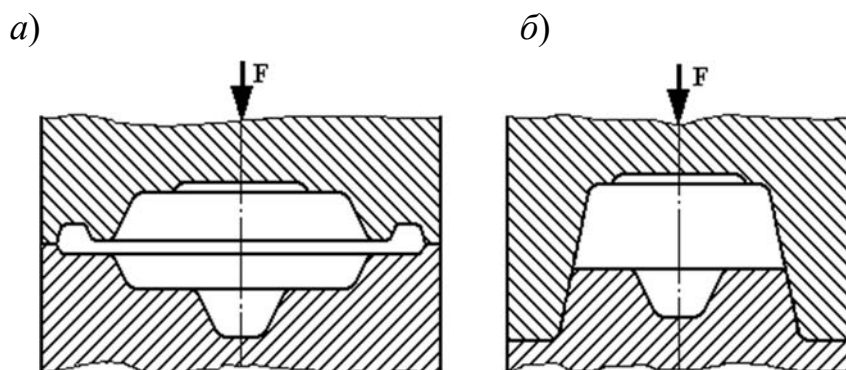
Рисунок 7 – Вал

2 Разработка чертежа заготовки и типовой схемы технологического процесса ее получения штамповкой на прессе

2.1 Общие сведения о штамповке на кривошипных горячештамповочных прессах

Объемная штамповка является одним из широко распространенных методов обработки металлов давлением. При этом методе пластическая деформация металла происходит внутри специального инструмента – штампа. Изделие, получаемое при объемной штамповке, называют поковкой.

В зависимости от характера течения металла в процессе штамповки различают облойную и безоблойную штамповки (рисунок 8).



a – в открытых штампах; *б* – в закрытых штампах

Рисунок 8 – Схемы объемной штамповки

При облойной штамповке объем исходной заготовки берут большим, чем объем получаемой поковки. Деформируемый металл течет не только в рабочую часть штампа, соответствующую конфигурации поковки и называемую ручьем штампа, но и в зазор между подвижной и неподвижной частями штампа, образуя облой. Впоследствии облой удаляется на вырубном штампе. В связи с существованием в процессе облойной штамповки между подвижной и неподвижной частями штампа переменного зазора, через который течет деформируемый металл, этот вид объемной штамповки также называют штамповкой в открытых штампах. Точность получаемых поковок здесь зависит от точности раскроя (отрезки) исходных заготовок, что позволяет не предъявлять высоких требований к точности заготовок по массе.

Безоблойная штамповка характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования металла остается закрытой. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа при этом постоянный и небольшой, и он необходим главным образом для создания подвижности одной части штампа относительно другой (чтобы не было заклинивания между ними). Объем исходной заготовки равен объему получаемой поковки, образование облоя здесь не предусматривается, благодаря чему деформируемый металл расходуется более экономно.

В то же время отрезка исходных заготовок здесь должна выполняться с высокой точностью размеров. При недостаточном объеме заготовки поковки будут с неоформленными углами, а при завышенном объеме заготовок толщина поковок будет больше заданной чертежом. Срок службы закрытых штампов меньше, чем открытых, так как в них развиваются более высокие давления.

Классификация поковок, изготавливаемых на КГШП.

Поковки, штампуемые на КГШП, подразделяют:

- в зависимости от *характера течения металла* при штамповке на два класса: класс поковок, получаемых с преобладанием процесса осадки, и класс поковок, получаемых с преобладанием процесса выдавливания;
- в зависимости от *конфигурации и сложности изготовления* на пять основных групп, в каждой из которых выделяют по три подгруппы (таблица 5) с соответствующей технологией изготовления поковок.

При штамповке на КГШП применяют: сортовой прокат – для поковок всех групп; профилированные заготовки – для поковок III и иногда IV группы; калиброванные заготовки – для точной штамповки в закрытых штампах; трубы – для поковок V группы 3-й подгруппы.

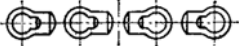
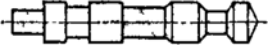
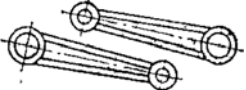
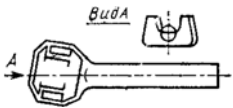
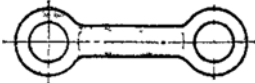
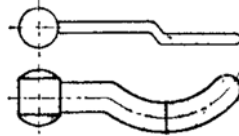
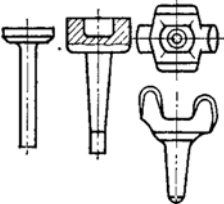
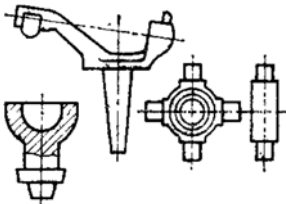
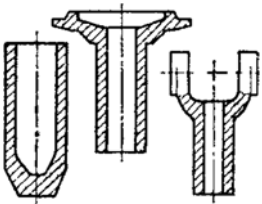
Штамповку в закрытых штампах применяют для получения поковок I группы и в редких случаях – поковок II–IV групп несложной формы с небольшой разницей в размерах сечений и при хорошо подготовленной на другом оборудовании заготовке.

Основным условием успешного осуществления штамповки в закрытых штампах является точное соответствие объема заготовки объему поковки. Избыток металла в пределах допусков на диаметр и длину заготовки идет на увеличение габаритных размеров поковки или вытесняется в торцовый заусенец. При большем избытке металла возможна поломка штампов и деталей пресса.

Применение заготовок с заниженным объемом приводит к изготовлению бракованных поковок, размеры которых меньше допустимых.

Наиболее рационально при штамповке в закрытых штампах применять дозированные заготовки, полученные на станках поперечной прокатки, либо точной отрезкой в специальных штампах с жесткими допусками по массе заготовок.

Таблица 5 – Классификация поковок, изготавливаемых на КГШП

Группа	Подгруппа		
	1	2	3
I			
II			
III			
IV			
V			

2.2 Проектирование штампованных поковок

Проектирование поковки производится на базе чертежа готовой детали в соответствии с требованиями ГОСТ 7505–89 [1].

Проектирование поковки выполняется в следующем порядке:

- 1) определение класса точности поковки;
- 2) определение группы стали;
- 3) определение степени сложности поковки;
- 4) выбор конфигурации поверхности разъема штампа;
- 5) определение исходного индекса;
- 6) выбор припусков на механическую обработку;
- 7) определение допусков на размеры поковки;
- 8) выбор кузнечных напусков.

2.2.1 Определение класса точности поковки.

Класс точности поковки устанавливается по [1, таблица 19] в зависимости от технологического процесса обработки давлением и оборудования, используемого для ее изготовления, а также исходя из требований, предъявляемых к точности размеров поковки.

2.2.2 Определение группы стали.

Группа стали зависит от содержания углерода и легирующих элементов и устанавливается в соответствии с [1, таблица 1].

2.2.3 Определение степени сложности поковки.

Степень сложности штампованной поковки является одной из ее конструктивных характеристик, влияющих на величину назначаемых припусков и допусков на размеры поковки. В зависимости от степени сложности штампованные поковки подразделяют на четыре группы: С1, С2, С3 и С4.

Степень сложности поковки определяют путем вычисления отношения массы поковки $M_{\text{п}}$ к массе $M_{\text{ф}}$ геометрической фигуры, в которую вписывается поковка:

$$C = M_{\text{п}} / M_{\text{ф}}. \quad (5)$$

Различным степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения: С1 – свыше 0,63; С2 – свыше 0,32 до 0,63 включительно; С3 – свыше 0,16 до 0,32 включительно; С4 – до 0,16 включительно.

Расчетная масса поковки представляет собой массу металла, подвергнутого пластической деформации в процессе объемной штамповки. В эту массу не входит масса облоя. Расчетную массу поковки вычисляют по формуле

$$M_{\text{п}} = M_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (6)$$

где $M_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

K_p – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с [1, таблица 20].

2.2.4 Определение конфигурации поверхности разъема штампа.

Поверхностью разъема штампа называют поверхность, по которой соприкасаются между собой разъемные части штампа. Эта поверхность выбирается так, чтобы поковка свободно извлекалась из обеих половин штампа. С целью облегчения заполнения деформируемым металлом рабочей полости штампа желательно выбирать поверхность разъема штампа таким образом, чтобы внутренние полости штампа имели наименьшую глубину. При штамповке возможен сдвиг одной половины штампа относительно другой. Чтобы было легко обнаружить и контролировать этот сдвиг, поверхность разъема штампа должна пересекать вертикальную поверхность поковки.

Предпочтительнее поверхность разъема штампа иметь в виде плоскости. Криволинейная поверхность разъема нежелательна.

Линия разъема образуется на пересечении поверхности разъема с образующими (как наружными, так и внутренними) контура поковки.

При штамповке в закрытом штампе наружную линию разъема предусматривают на боковой поверхности поковки у её верхней и нижней кромок, при этом штамповочные уклоны должны быть направлены в одну сторону. Внутреннюю линию разъема А (рисунок 9) следует располагать в 1,54 раза ближе ко дну полости ручья, чем к разъему штампа.

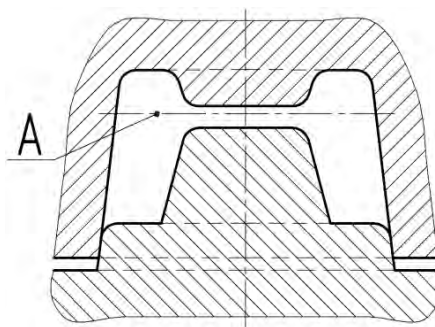


Рисунок 9 – Положение внутренней и наружной линий разъема в закрытом ручье штампа

2.2.5 Определение исходного индекса.

Исходный индекс – условный показатель, учитывающий в обобщенном виде сумму конструктивных характеристик (класс точности, группы стали, степень сложности, конфигурацию поверхности разъема) и массу поковки.

Исходный индекс назначается по [1, таблица 2].

Для определения исходного индекса по [1, таблица 2] в графе «Масса поковки» необходимо найти строку, соответствующую этой массе, и, смещаясь вправо по горизонтали или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими заданным величинам группы стали М, степени сложности поковки С и класса ее точности Т, определить величину исходного индекса (от 1 до 23).

2.2.6 Выбор припусков на механическую обработку.

Припуск – слой металла на обрабатываемых частях поверхности поковки, удаляемый при ее механической обработке.

Припуск на механическую обработку включает основной, а также дополнительный припуски, учитывающие отклонения формы поковки. Все припуски назначаются на одну сторону номинального размера поковки.

Основной припуск на сторону на механическую обработку $\Pi_{\text{осн}}$ в зависимости от исходного индекса, линейных размеров и шероховатости поверхности готовой детали определяется по [1, таблица 3].

Дополнительный припуск на сторону $\Pi_{\text{доп}}$, учитывающий возможную изогнутость поковки и ее отклонения от плоскостности и прямолинейности, определяется по [1, таблицы 3 и 4].

Дополнительные припуски $\Pi_{\text{доп}}$ назначаются в следующих случаях:

- 1) на смещение по плоскости разъема – на размер элементов, параллельных плоскости разъема [1, таблица 4];
- 2) на отклонения от плоскостности – на размеры, перпендикулярные плоскости разъема (высотные), если размеры торцевой поверхности в два и более раз больше высоты [1, таблица 5];
- 3) на отклонения от прямолинейности – на размеры поковки стержневого типа (удлиненной формы) при $L / D (B) > 2$, перпендикулярные плоскости разъема [1, таблица 5];
- 4) на отклонение межосевого расстояния – на диаметры наружных выступов и отверстий с параллельными осями – независимо от типа штампа и способа штамповки [1, таблица 6].

Общий припуск определяется суммированием основного и дополнительных припусков индивидуально по каждой поверхности поковки:

$$\Pi = \Pi_{\text{осн}} + \sum \Pi_i_{\text{доп}}, \quad (7)$$

где i – число дополнительных припусков на одну поверхность. Разрешается округлять линейные размеры поковок с точностью до 0,5 мм.

При назначении припуска на поверхность, положение которой определяется двумя и более размерами, устанавливается большее значение припуска для данной поверхности.

2.2.7 Определение допусков.

2.2.7.1 Назначение допусков на размеры поковок.

Допуски и допускаемые отклонения линейных и угловых размеров стальных поковок устанавливает ГОСТ 7505-89. Их значения приведены в следующих таблицах стандарта:

- на линейные размеры – [1, таблица 8];
- на межосевые расстояния – [1, таблица 14];
- на угловые размеры – [1, таблица 16];
- на радиусы закруглений – [1, таблица 17];
- допускаемые отклонения штамповочных уклонов устанавливаются в пределах $\pm 0,25$ их номинальной величины [1, п. 5.24].

Допуски, взятые по [1, таблица 8], для внутренних размеров поковки берутся с обратным знаком.

2.2.7.2 Допуски формы и расположения поверхностей поковки.

Смещение по поверхности разъема штампа m – отклонение формы поковки в виде наибольшего линейного переноса по плоскости одной части поковки относительно другой, вычисляемое по формуле (рисунок 10)

$$m = a_2 - a_1 / 2, \quad (8)$$

где m – величина смещения;

a_1 – наименьший размер поковки в направлении линейного переноса;

a_2 – наибольший размер поковки в том же направлении.

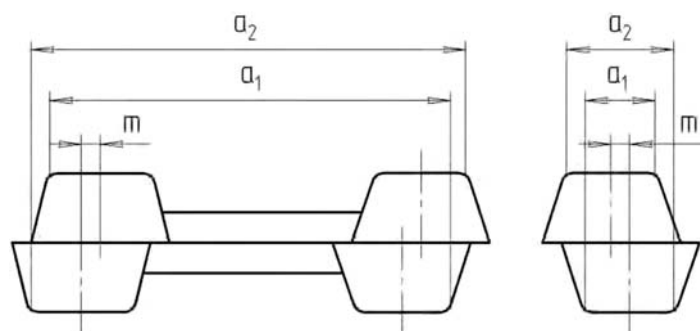


Рисунок 10 – Схема к определению смещения по поверхности разъема штампа

Допускаемую величину смещения по поверхности разъема штампа в зависимости от массы поковки и конфигурации разъема определяют по [1, таблица 9].

Отклонения от соосности e – угловое отклонение оси отверстия от оси поковки (рисунок 11), измеряемое в единицах длины.

Отклонение от соосности (концентричности) пробитого отверстия определяется по таблице [1, таблица 12].

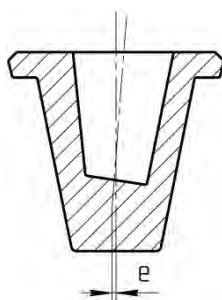


Рисунок 11 – Схема к определению отклонения от соосности

Допуск соосности распространяется как на поверхности ступенчатого отверстия, так и на отклонение оси отверстия относительно наружной поверхности вращения.

Допуск соосности непробитых отверстий (наметок) принимают в преде-

лах 0,5 %...0,8 % глубины наметки.

Допускаемые отклонения от прямолинейности и плоскостности (в направлении максимального размера поверхности) устанавливают по [1, таблица 13].

Отклонение по изогнутости $P_{\text{и}}$ – отклонение осевой линии поковки от номинального положения в направлении наибольшей длины или ширины поковки (рисунок 12).

Отклонение от плоскостности $P_{\text{а}}$ – отклонение от плоскости, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек действительной поверхности до прилегающей плоскости (рисунок 12, а).

Отклонение от прямолинейности $P_{\text{б}}$ – отклонение от прямолинейности в плоскости, оцениваемое величиной наибольшего расстояния от точек действительного профиля до прилегающей прямой (рисунок 12, б).

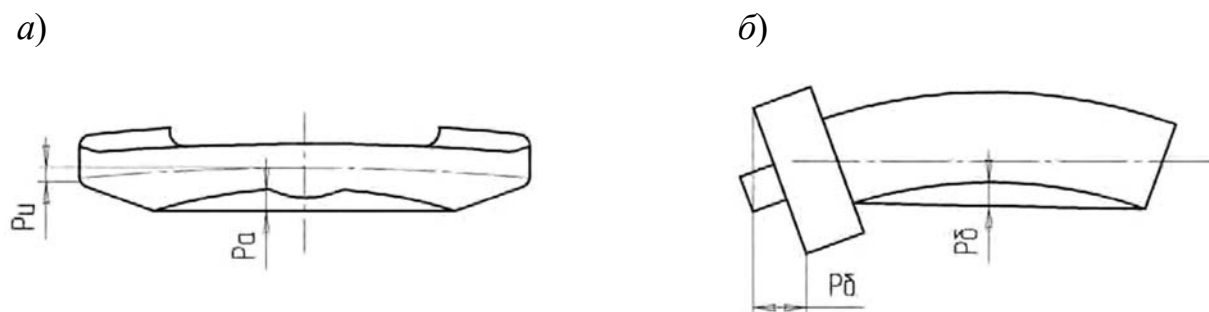


Рисунок 12 – Схема к определению изогнутости, отклонения от плоскостности (а) и прямолинейности (б)

2.2.7.3 Определение величины остаточного облоя и срезанной кромки.

Остаточный облой Γ – выступ, оставшийся на поковке после обрезки облоя или пробивки отверстия (рисунок 13, а).

Срезанная кромка Φ – кромка поковки, образовавшаяся при обрезке облоя или пробивке отверстия (рисунок 13, б).

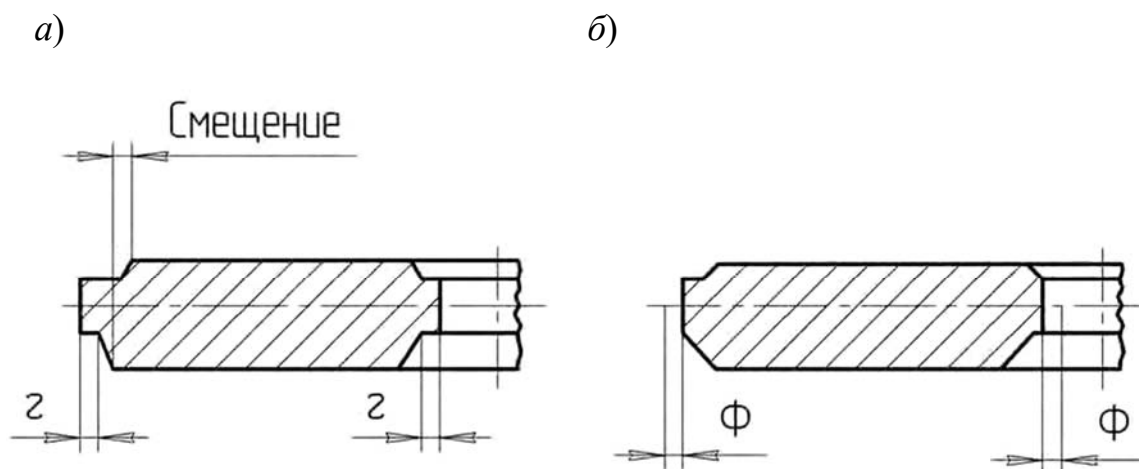


Рисунок 13 – Схема измерения остаточного облоя (а) и срезанной кромки (б)

Допускаемая величина остаточного облоя определяется по [1, таблица 10].

2.2.7.4 Определение высоты заусенца.

Заусенец к – выступ, образовавшийся на поверхности поковки в непредусматриваемых для размещения облоя местах сочленения частей штампа (зазорах), а также при обрезке облоя и пробивке отверстия и измеряемый по высоте (рисунок 14, а) – при безоблойной штамповке, (рисунок 14, б) – при штамповке в штампах с разъемными матрицами, (рисунок 14, в) – при обрезке облоя и пробивке отверстия.

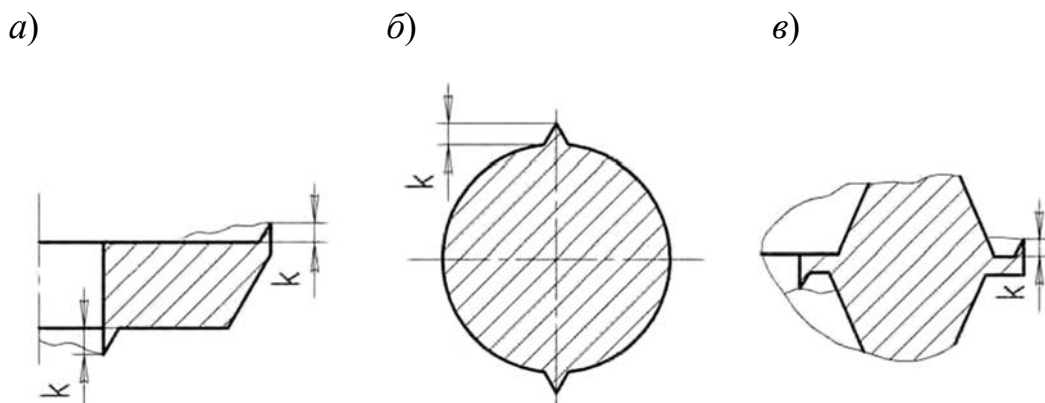


Рисунок 14 – Схема к определению заусенца

Допускаемая величина высоты заусенца на поковке по контуру обрезки облоя определяется согласно [1, п. 5.10].

Допускаемая величина заусенца, образовавшегося по контуру пуансона при штамповке в закрытых штампах (безоблойной), определяется по [1, таблица 11].

2.2.8 Выбор кузнечных напусков.

Под кузнечным напуском понимают дополнительный объем или слой металла на обрабатываемых или необрабатываемых резанием частях поверхности поковки, необходимый для осуществления формообразующих операций штамповки.

Кузнечные напуски на поковке могут быть образованы штамповочными уклонами, радиусами закруглений углов поковки и перемычками наметок отверстий, которые получают при дальнейшей обработке резанием. Все кузнечные напуски назначают сверх припуска на обработку резанием. Это повышает отход металла при механической обработке и утяжеляет поковку.

2.2.8.1 Выбор штамповочных уклонов.

Для облегчения заполнения рабочей полости штампа деформируемым металлом и извлечения из нее поковки на боковых поверхностях ручья штампа необходимы штамповочные уклоны. При горячей объемной штамповке эти уклоны для наружных поверхностей вследствие температурной усадки металла поковки назначаются меньшими, чем для внутренних поверхностей.

Необходимая величина штамповочных уклонов в соответствии с требо-

ваниями приведена в [1, таблица 18].

2.2.8.2 Определение штамповочных радиусов.

Все пересекающиеся поверхности поковок сопрягаются по радиусам. Это необходимо для лучшего заполнения внутренней полости штампа деформируемым металлом и предохранения его от преждевременного износа и поломок.

Различают внешние и внутренние радиусы скругления поковок.

Радиус закругления внутреннего угла $R_{\text{в}}$ – радиус закругления в сечении вогнутого участка поверхности поковки (рисунок 15).

Радиус закругления наружного угла $R_{\text{н}}$ – радиус закругления в сечении выпуклого участка поверхности поковки (см. рисунок 15).

Внешние радиусы назначают в зависимости от массы поковки и глубины прилегающей рабочей полости штампа по [1, таблица 7].

Величина внутренних штамповочных радиусов примерно в 3–4 раза больше соответствующих внешних радиусов. Значения радиусов закруглений рекомендуется выбирать из ряда: 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30.

2.2.9 Подготовка наметки под прошивку отверстия.

Если осуществляется конструирование поковки, в чертеже готовой детали которой имеются отверстия с диаметром не менее 30 мм, а оси этих отверстий параллельны направлению движения подвижной части штампа, то в местах расположения отверстий делают наметку.

Под наметкой понимают два углубления высотой h , выштампованные в месте расположения отверстия и разделенные перемычкой небольшой толщины S (рисунок 16). Толщина поковки в месте пробивки должна быть не больше диаметра пробиваемого отверстия. Перемычка впоследствии удаляется на пробивном штампе (эта операция называется прошивкой отверстия).

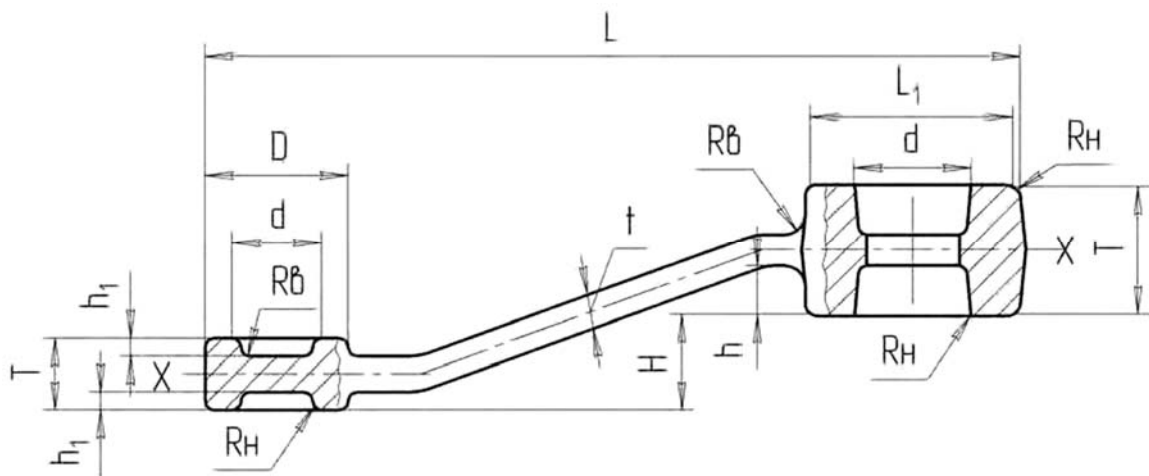


Рисунок 15 – Внешние и внутренние размеры поковки

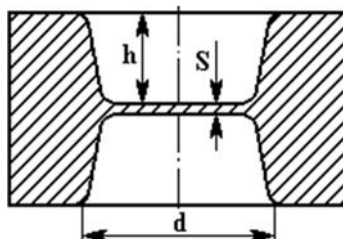


Рисунок 16 – Схема наметки отверстия

Наметки отверстий получают при условии, что диаметр отверстия детали не менее 30 мм. Типы поковок с наметками показаны на рисунке 17.

На практике возможно получение наметок с диаметром $d_{\text{осн}}$ более 24 мм. Этот размер можно вычислить по следующей эмпирической формуле:

$$d_{\text{осн}} = 24 + 0,0625 \cdot D_{\text{п}}, \quad (9)$$

где $D_{\text{п}}$ – диаметр поковки, мм (см. рисунок 17, d). Рассмотрим некоторые правила проектирования наметок.

2.2.9.1 Наметка с плоской перемычкой.

Плоская перемычка (рисунок 17, d) наиболее проста по конфигурации и позволяет использовать относительно несложные в изготовлении штампы с коническими знаками. Поэтому таким перемычкам отдают предпочтение, и они находят наибольшее применение.

Рекомендуется плоскую перемычку смещать несколько ниже середины высоты поковки, т. е. наметка образуется верхним знаком штампа глубиной $h_{\text{в}} \leq d_{\text{осн}}$; нижним знаком – глубиной $h_{\text{н}} \leq 0,8 d_{\text{осн}}$.

Наибольший диаметр наметки определяется по формуле

$$d_{\text{осн}} = D_{\text{д}} - 2 Z_{\text{ном}}, \quad (10)$$

где $D_{\text{д}}$ – диаметр детали, мм;

$Z_{\text{ном}}$ – номинальный припуск на обработку, мм.

Диаметр прошиваемого отверстия наметки $d_{\text{отв}}$ выбирается меньше требуемого диаметра отверстия детали $D_{\text{д}}$ с учетом припуска на механическую обработку $Z_{\text{ном}}$ и радиуса закругления у перемычки r , штамповочного уклона β и высоты наметки $h_{\text{в}}$:

$$d_{\text{отв}} = d_{\text{осн}} - 2 [(h_{\text{в}} - S / 2) \operatorname{tg} \beta + r]. \quad (11)$$

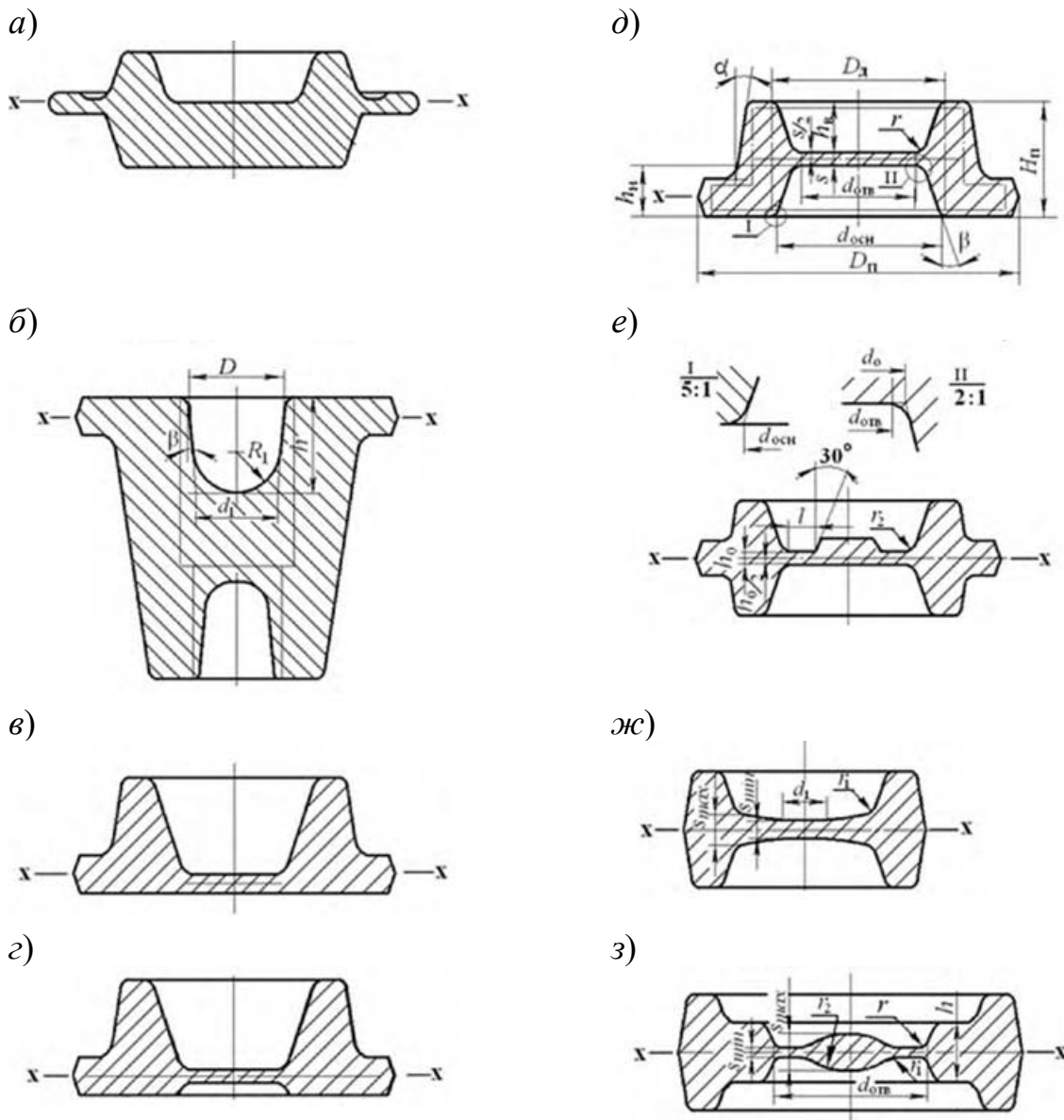
Радиус закругления у перемычки определяется по формуле

$$r = R_{\text{в}} + 0,1 h_{\text{в}} + 2, \quad (12)$$

где $R_{\text{в}}$ – внутренний радиус закругления поковок.

Толщина плоской перемычки может быть найдена по следующей формуле:

$$S = 0,45\sqrt{d_{\text{осн}} - 0,25h_{\text{в}} - 5} + 0,6\sqrt{h_{\text{в}}}. \quad (13)$$



а, б – глухая; *в–д* – плоская; *е* – с магазином; *ж* – с раскосом; *з* – с карманом; $d_{\text{осн}}$ – диаметр основания перемычки (наибольший диаметр наметки); $d_{\text{отв}}$ – диаметр прошиваемого отверстия; d_0 – наименьший диаметр наметки в плоскости разреза штампа; $h_{\text{в}}$ – глубина верхней наметки; $h_{\text{н}}$ – глубина нижней наметки; α – наружный штамповочный уклон; β – внутренний штамповочный уклон; S – толщина перемычки; $D_{\text{д}}$ – диаметр отверстия детали; r – радиус закругления у перемычки; $D_{\text{п}}$ – наибольший размер поковки в плоскости разреза

Рисунок 17 – Перемычки в наметках отверстий

Затем рассчитывается наименьший диаметр наметки d_0 во внутренней плоскости разреза штампа по формуле

$$d_0 = d_{\text{отв}} + 2r. \quad (14)$$

Наметку сквозных отверстий с последующей прошивкой перемычки производят, если их диаметр больше или равен высоте поковки, но не менее 30 мм, т. е.

$$D_d \geq H_n \geq 30 \text{ мм.} \quad (15)$$

2.2.9.2 Глухая наметка.

Если углубление наметки (рисунок 17, б) $h > 0,85D_d$ и после назначения радиуса закругления наметки R_1 , вычисленного по формуле (16), не останется плоского участка, то прошивка отверстия не выполняется. В этом случае ограничиваются односторонней или двухсторонней так называемой «глухой наметкой» (см. рисунок 17, б) без последующей прошивки отверстия.

Наибольший диаметр глухой наметки $d_{\text{оч}}$ вычисляется по формуле (10).

Радиус закругления глухой наметки R_1 определяется по формуле

$$R_1 = \frac{d_{\text{оч}}}{2 \operatorname{tg}(45^\circ - \beta / 2)}. \quad (16)$$

Зная D , β и R_1 , можно конструктивно оформить конфигурацию глухой наметки.

2.2.9.3 Наметка с перемычкой с раскосом.

Наметка с перемычкой с раскосом (рисунок 17, ж) рекомендуется при соотношении размеров поковки $h / d_{\text{отв}} < 0,4$. Часто используется для предварительных (черновых) ручьев. Перемычка с раскосом имеет участки с разной толщиной $S_{\text{min}} = 0,65 S$ и $S_{\text{max}} = 1,35 S$.

Диаметр плоской части перемычки d_1 определяют по формуле

$$d_1 = 0,12 d_{\text{отв}} + 3. \quad (17)$$

Радиус закругления при перемычке с раскосом r_1 можно найти из выражения

$$r_1 = R_{\text{вн}} + 0,1 h_{\text{в}} + 2. \quad (18)$$

Значения толщины перемычки S , глубины наметок $h_{\text{в}}$ и $h_{\text{н}}$, диаметра пробиваемого отверстия в поковке $d_{\text{отв}}$ определяются аналогично случаю с плоской перемычкой.

2.2.9.4 Наметка с перемычкой с карманом.

Наметка с перемычкой с карманом (рисунок 17, з) используется при штамповке низких поволоков ($H_d / D_d < 0,4$) для окончательных ручьев, если в предварительном ручье применялась наметка с плоской перемычкой. Выбор окончательного ручья с такой наметкой позволяет снизить усилия штамповки и приводит к повышению стойкости знаковых частей штампа. Толщина перемычки также имеет два размера:

$$S_{\text{min}} = 0,4 \sqrt{d_{\text{отв}}} ; S_{\text{max}} = 5 S. \quad (19)$$

Радиус закругления r_2 подбирается графически, а r_1 вычисляют по формуле

$$r_1 = 5 h. \quad (20)$$

2.2.9.5 Наметка с перемычкой с магазином.

Поковки с такой перемычкой (рисунок 17, *е*) получаются в окончательном ручье штампа в случае, если в предварительном ручье поковка штамповалась с перемычкой с раскосом. Наличие магазина во внутренней полости ручья штампа желательно и в том случае, если по каким-либо причинам будет затруднено вытеснение металла заготовки в облой при окончательной штамповке. Перемещение металла во внутреннюю полость проходит без особых затруднений. С целью экономии металла вместо магазина в перемычке можно штамповать небольшие поковки, вмещающиеся в отверстие основной. Причем величина радиуса закругления r_2 должна быть вдвое меньше соответствующего радиуса в предварительном ручье. Эту величину можно брать равной внутреннему радиусу закругления поковок $R_{вн}$. Размеры $h_0 / 2$ определяют так же, как и нормальной облойной канавки штампа для данной поковки.

Ширина кольцевой части перемычки l (см. рисунок 17, *е*) зависит от ширины мостика штампа b_3 (рисунок 18 и таблица 6) и определяется как

$$l = (1,25 \dots 1,5) b_3. \quad (21)$$

После назначения припусков, штамповочных уклонов и радиусов закруглений, определения конфигурации перемычки рассчитываются размеры поковки и окончательно уточняется ее масса.

2.2.10 Оформление чертежа штампованной заготовки.

Чертеж поковки по ГОСТ 3.1126–88 и в соответствии с рекомендациями ГОСТ 7505–89 выполняется, как правило, в масштабе изображения чертежа детали, преимущественно в масштабе 1:1. Поковки простой формы или с размерами более 500 мм можно представлять в другом масштабе (1:2 и менее), но сложные сечения лучше представлять в натуральную величину. Поковки сложной формы с размерами менее 50 мм желательно изображать в масштабе 2:1 и более, особенно сечения сложных элементов.

Чертеж поковки располагают на листе в том положении, в каком находится готовая поковка в штампе. В случаях, когда поворот чертежа поковки может привести к усложнению его чтения, нерациональному использованию формата бумаги, допускается изображать поковку в соответствии с расположением чертежа детали.

Чертеж поковки выполняют в соответствии с требованиями стандарта ЕСКД, а контур детали на чертеже поковки наносят тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками.

На чертеже поковки поверхность разъема штампа изображают тонкой штрихпунктирной линией, на концах которой изображают знак «х», а место вырезки образцов для испытаний (проб) указывают тонкой сплошной линией с

простановкой габаритных и координатных (относительно поверхности поковки) размеров.

На чертеже поковки следует также указать исходные базы для механической обработки. В качестве баз рекомендуется выбирать поверхности поковки простой формы (цилиндры, плоскости), участки с минимальными штамповочными уклонами и допусками. Такие поверхности должны быть удобными для установки и фиксации в приспособлениях при механической обработке. В некоторых случаях для этой цели на поковке делаются специальные выступы (напуски).

Размеры на чертеже поковки указываются от ее базовых поверхностей. При этом желательно проставлять размеры таким образом, чтобы они соответствовали методике простановки на чертеже детали, а в некоторых случаях – условиям контроля размеров согласно технологии механической обработки.

Следует избегать простановки размеров от линии разъема, если она не совпадает с осью детали. Размерные линии для простановки размеров поверхностей с уклонами проводят от вершин уклонов, т. е. размеры без учета напусков на уклоны. При простановке штамповочных уклонов и радиусов закруглений целесообразно указывать их минимальное количество, а все повторяющиеся значения приводить в технических требованиях.

Шероховатость поверхностей поковки указывают в правом верхнем углу формата чертежа в соответствии с ГОСТ 2.309–73.

Разработка технических требований.

В технических требованиях к поковке в нижнем правом углу формата чертежа указываются:

- 1) способ штамповки;
- 2) группа стали (М1...М3), степень сложности (С1...С4), класс точности поковки (Т1...Т5) и ГОСТ 7505–89;
- 3) неуказанные (на чертеже) радиусы закруглений R_H , R_B , мм;
- 4) неуказанные штамповочные уклоны α и β , град;
- 5) допускаемое смещение по плоскости разъема, мм;
- 6) допускаемая величина остаточного облоя, мм;
- 7) допускаемая величина заусенца, мм;
- 8) вид термообработки и твердость НВ в определенном интервале значений (например, НВ 185...200);
- 9) место (на поле чертежа) и способ клеймения;
- 10) допускаемые виды и величины внешних дефектов.

Допуски формы и расположения поверхностей можно указывать на поле чертежа условными обозначениями или текстом в технических требованиях согласно ГОСТ 2.308–79.

Если технические условия предусматривают испытания образцов (проб) на растяжение, ударный изгиб и т. п., зоны вырезки образцов вычерчивают на поле чертежа поковки или выносят на свободное поле формата, а методы испытаний, типы образцов (проб) и нормируемые значения механических свойств (σ_B , δ , КСИ и т. п.) указывают текстом в технических требованиях.

2.2.11 Расчет исходной заготовки.

2.2.11.1 Определение размеров облойной канавки.

При конструировании облойной канавки необходимо рассчитать высоту заусенца h_3 , мм. Она определяется по эмпирической зависимости

$$h_3 = 0,018\sqrt{F_{\Pi}}, \quad (22)$$

где F_{Π} – площадь проекции поковки на плоскость разреза штампа, мм².

После расчета величины h_3 по ней выбираются один из вариантов облойной канавки и площадь ее поперечного сечения F_3 согласно таблице 6. Размеры облойной канавки показаны на рисунке 18.

Таблица 6 – Размеры облойной канавки

Номер канавки	h_3 , мм	h_1 , мм	R , мм	b_3 , мм	b_1 , мм	F_3 , мм ²	F_M , мм ²
1	1	3	0,5	7,5	22	80	7,5
2	1,6	3,5	1	8	22	102	12,5
3	2	4	1,5	9	25	136	18
4	3	5	3	10	28	201	30
5	4	6	4	11	30	266	44
6	5	7	6	12	32	343	60

Например, если расчетное значение h_3 примерно равно 1 мм, выбирается третий вариант облойной канавки ($F_3 = 80$ мм²).

2.2.11.2 Определение формы и размеров исходной заготовки.

Форма исходной заготовки может быть различной и зависит от сложности формы получаемой поковки, используемого оборудования и штампового инструмента (рисунок 19).

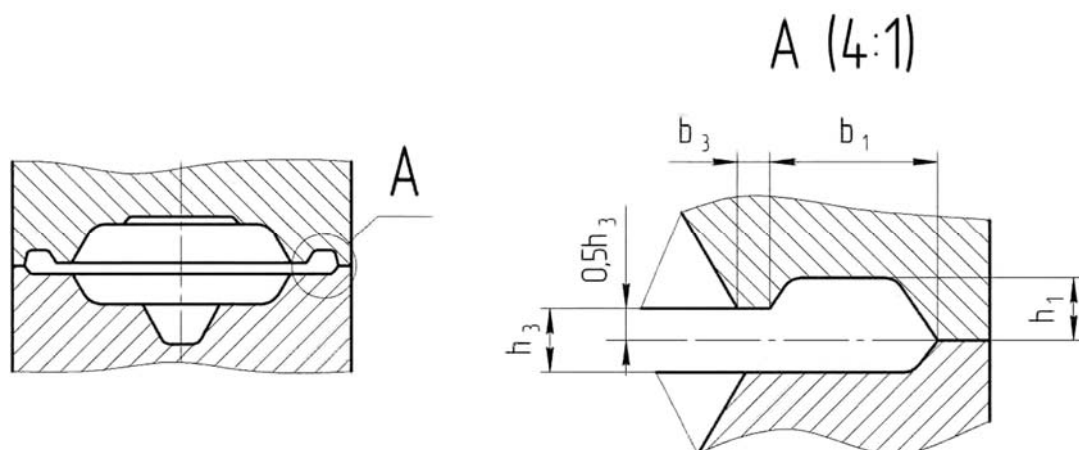


Рисунок 18 – Схема облойной канавки

2.2.11.3 Определение формы и размеров исходной заготовки.

Форма исходной заготовки может быть различной и зависит от сложности формы получаемой поковки, используемого оборудования и штампового

инструмента (рисунок 19).

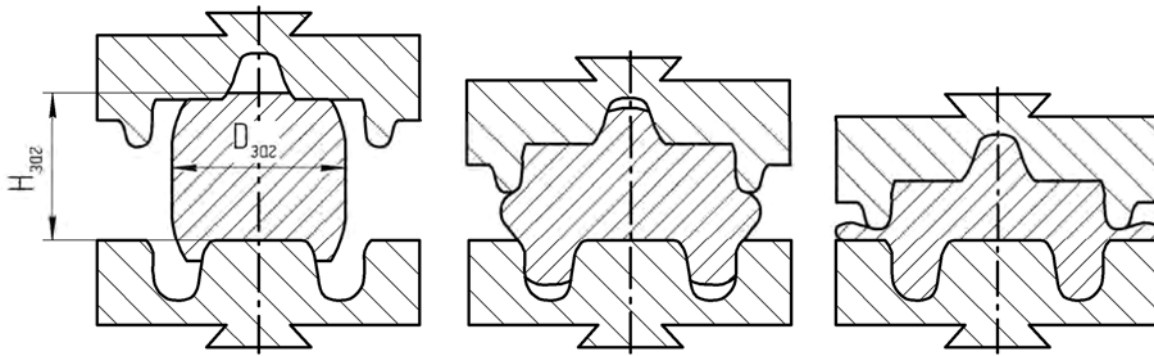


Рисунок 19 – Пример формообразования поковки из исходной заготовки

После разработки чертежа поковки и определения ее объема V_n можно рассчитать объем исходной заготовки $V_{исх}$, который будет больше объема поковки на величину объема следующих отходов: облоя $V_{об}$, удаляемых перемычек $V_{пер}$, клещевины $V_{кл}$, а также на угар (окалину) $V_{уг}$:

$$V_{исх} = V_n + V_{уг} + V_{об} + V_{пер} + V_{кл}. \quad (23)$$

Потери металла на угар $V_{уг}$ зависят от способа нагрева и учитываются коэффициентом угара $K_{уг}$ относительно объема поковки V_n :

$$V_{уг} = K_{уг} \cdot V_n / 100. \quad (24)$$

При нагреве в пламенных печах $K_{уг} = 1 \% \dots 2 \%$, а для безокислительного нагрева $K_{уг} = 0,5 \% \dots 1 \%$.

Площадь поперечного сечения самого облоя $F_{об}$ выбирается для прессов в z раз больше площади поперечного сечения мостика F_m :

$$F_{об} = z \cdot F_m, \quad (25)$$

где z – коэффициенты заполнения облойной канавки, большие значения которых соответствуют более сложным поковкам (группа С4), а меньшие – простым поковкам (группа С1), $z = 1,5 \dots 2,5$.

Для штампов КГШП главной характеристикой облойной канавки служит площадь поперечного сечения мостика, определяемая по формуле

$$F_m = b_3 \cdot h_3. \quad (26)$$

Объем облоя находится по формуле

$$V_{об} = F_{об} \cdot \Pi, \quad (27)$$

где Π – периметр поковки в плоскости разреза штампа (в плане), который определяется как сумма внешних частей периметров элементарных фигур Π_ϕ

в плане,

$$\Pi = \sum_{i=1}^n \Pi_{\phi_{ni}}. \quad (28)$$

Клещевина, как искусственное увеличение исходной заготовки, предусматривается в специальных случаях для удобства захвата поковки клещами при переносе из одного ручья штампа в другой.

Объем перемычки отверстия $V_{\text{пер}}$ необходимо учесть в балансе металла и можно найти по формуле

$$V_{\text{пер}} = S_{\text{пер}} \cdot S, \quad (29)$$

где $S_{\text{пер}}$ – площадь перемычки в плане;

S – толщина перемычки.

После определения значений $V_{\text{уч}}$, $V_{\text{об}}$, $V_{\text{пер}}$, $V_{\text{кл}}$ по формуле (23) рассчитывается объем исходной заготовки $V_{\text{исх}}$. Затем вычисляются размеры исходной заготовки, т. е. ее диаметр и длина.

Размеры исходной заготовки в зависимости от способа штамповки и наличия тех или иных ручьев рассчитывают по-разному. При штамповке осадкой в торец (вдоль оси) выбор размеров исходной заготовки обусловлен следующими соображениями:

- во-первых, учитывая удобство резки заготовок на прессножницах или хладноломах, принимают отношение высоты заготовки $H_{\text{заг}}$ к ее диаметру $D_{\text{заг}}$ больше на 1,25;

- во-вторых, учитывают возможность продольного изгиба заготовки, т. к. заготовку устанавливают в штамп вертикально.

Чтобы избежать продольного изгиба, отношение $H_{\text{заг}} / D_{\text{заг}}$ (коэффициент устойчивости K) при штамповке на КГШП должно быть не более 2,8. Обычно отношение

$$K = H_{\text{заг}} / D_{\text{заг}} = 2 \dots 2,3. \quad (30)$$

Зная это отношение и объем заготовки $V_{\text{заг}}$, легко определить диаметр исходной заготовки как

$$D_{\text{заг}} = (0,8 \dots 1)^3 \sqrt{V_{\text{заг}} / K}. \quad (31)$$

После определения диаметра заготовки $D_{\text{заг}}$ по формуле (32) вычисляют длину заготовки. Затем по сортаменту ГОСТ 2590–88 *Сталь горячекатаная круглая* выбирают ближайший больший диаметр. По выбранному диаметру рассчитывается площадь сечения заготовки $F_{\text{заг}}$, мм².

Длина заготовки определяется по формуле

$$L_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} / F_{\text{заг}}. \quad (32)$$

2.2.12 Расчет усилия штамповки.

Расчет усилия, возникающего в процессе объемной штамповки, проводится с целью выбора оборудования, оптимально удовлетворяющего условиям процесса штамповки.

Необходимое усилие штамповки для получения заданной поковки определяется по формуле

$$P = \sigma_s \left[\left(1,5 + 0,5 \cdot \frac{b_3}{h_3} \right) \cdot F_3 + \left(0,5 \cdot \frac{b_3}{h_3} + 0,08 \cdot \frac{D_n}{h_3} \cdot F_n \right) \right], \quad (33)$$

где σ_s – напряжение текучести металла;

b_3 – толщина перемычки, мм (см. таблицу 6);

h_3 – толщина заусенца, мм (см. таблицу 6);

F_n – площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа, мм²;

F_3 – площадь поперечного сечения облойной канавки, мм² (см. таблицу 6).

В таблице 7 представлены технические характеристики кривошипных горячештамповочных прессов.

Таблица 7 – Технические характеристики кривошипных горячештамповочных прессов

Параметр	Модель								
	КА8538	КД8040	КТ8042	КД8044	КБ8046	КТ8046	К8549.02	К8550	К8552
	Норма								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная сила, кН	6300	10000	16000	25000	40000	63000	80000	100000	160000
Частота непрерывных ходов, мин ⁻¹	100	90	85	55	50	40	40	36	32
Частота одиночных ходов, мин ⁻¹	26	26	18	18	14	12	8	6	4
Ход ползуна, мм	200	280	300	350	400	460	480	500	600
Закрытая высота, мм	600	710	660	995	1200	1350	1590	1800	1900
Регулировка ползуна, мм	10	10	10	15	10	12	13	20	20
Размеры ползуна, мм:									
длина	650	800	860	1350	1470	1900	1900	2210	2650
ширина	700	980	910	1380	2000	1850	1800	2800	3450
Размеры стола, мм:									
длина	760	930	1050	1750	1680	2100	2100	2150	2300
ширина	850	1000	1200	1450	1620	1950	1950	2800	3500
Расстояние между стойками, мм	860	1000	1080	1970	1770	2200	2200	2510	3040
Масса поковки, кг	До 1	1...2,5	2,5...4	7...12	18...22	30...50	60...80	100...150	Св. 160

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Габаритные размеры пресса, мм:									
длина	4350	5080	4850	6690	6628	8400	8560	9200	10300
ширина	3215	3585	3515	4800	5700	5750	5955	7800	7700
высота	4785	5780	5570	7740	7830	8950	9620	9800	10900

2.2.13 Проектирование поковки, штампуемой в открытом штампе.

Проектирование поковки, штампуемой на КГШП (открытый штамп), выполняем на основании данных, приведенных на чертеже детали (рисунок 20).

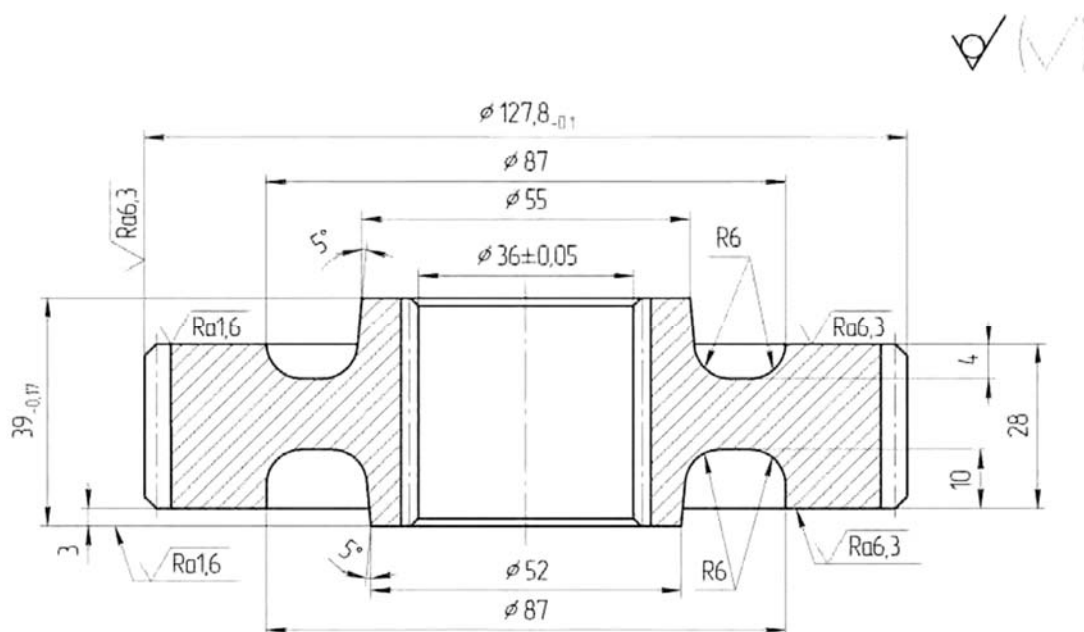


Рисунок 20 – Эскиз детали

Исходные данные для расчета.

Материал детали – сталь 45ХН2МФА (по ГОСТ 4543–71) с содержанием 0,42 %...0,5 % С; 0,17 %...0,37 % Si; 0,5 %...0,8 % Mn; 0,8 %...0,11 % Cr; 1,3 %...1,8 % Ni; 0,2 %...0,3 % Mo; 0,10 %...0,18 % V.

Масса детали – 1,83 кг. Нагрев – индукционный.

1 Расчетная масса поковки

$$M_{\text{п}} = 1,83 \cdot 1,8 = 3,28 \text{ кг.}$$

2 Класс точности – Т4 [1, таблица 19].

3 Группа стали – М2 [1, таблица 1], т. к. средняя массовая доля углерода в стали 45ХН2МФА составляет 0,46 % и находится в интервале 0,35 %...0,65 %, а суммарная массовая доля легирующих элементов – 3,81 % и находится в интервале 2,0 %...5,0 %.

4 Для определения степени сложности поковки необходимо найти отношение (5).

Размеры описывающей поковку фигуры (цилиндра): диаметр $127,8 \cdot 1,05 = 134,2$ мм; высота $39 \cdot 1,05 = 41$ мм.

Масса описывающей фигуры составляет 4,55 кг.

Отношение $M_{\text{п}} / M_{\text{ф}} = 3,29 / 4,55 = 0,72$. Следовательно, степень сложности поковки С1 [1, приложение 2].

5 Конфигурация поверхности разъема штампа – П (плоская).

6 Исходный индекс – 12 [1, таблица 2].

7 Основные припуски на размеры поковки [1, таблица 3]. Основные припуски на размеры поковки представлены в таблице 8.

8 Дополнительные припуски, учитывающие:

- смещение по поверхности разъема штампа – 0,3 мм [1, таблица 4];
- отклонение от плоскостности – 0,4 мм [1, таблица 5].

Таблица 8 – Основные припуски на размеры поковки

Размер поверхности детали, мм	Ra, мкм	Припуск, мм
Диаметр 127,8	6,3	1,8
Диаметр 36	6,3	1,6
Толщина 39	1,6	1,7
Толщина 28	6,3	1,7

9 Размеры поковки:

- диаметр $d^{127,8} = 127,8 + 2(1,8 + 0,3) = 132$ мм. Принимаем 132 мм;
- диаметр $d^{36} = 36 + 2(1,6 + 0,3) = 32,2$ мм. Принимаем 32 мм;
- толщина $d^{39} = 39 + 2(1,7 + 0,4) = 43,2$ мм. Принимаем 43 мм;
- толщина $d^{28} = 28 + 2(1,7 + 0,4) = 32,2$ мм. Принимаем 32 мм.

10 Допускаемые отклонения по [1, таблица 8]:

- диаметр $132^{+1,6}_{-0,9}$; ; толщина $43^{+1,4}_{-0,8}$; ;
 диаметр $32^{+0,7}_{-1,3}$; ; толщина $32^{+1,3}_{-0,7}$.

11 Неуказанные предельные отклонения размеров принимаем равными 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями (например, $\varnothing 87 \pm 1,6$ мм).

12 Штамповочные уклоны на наружной поверхности принимаем равными 5°, на внутренней – 7° [1, таблица 18].

13 Допускаемая величина смещения плоскости разъема штампа – 0,7 мм [1, таблица 9].

14 Допускаемое отклонение от концентричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки – 1,0 мм [1, таблица 12].

15 Допускаемое отклонение от плоскостности – 0,8 мм [1, таблица 13].

16 Допускаемая высота заусенца по плоскости разъема – 3,0 мм [1, п. 5.10].

17 Допускаемая величина остаточного облоя – 0,9 мм [1, таблица 10].

18 Радиус закруглений наружных углов принимаем равным 3,0 мм (минимальный радиус, согласно [1, таблица 7], равен 2 мм).

Величину внутренних штамповочных радиусов принимаем 10 мм.

19 Неуказанные допуски радиусов закругления определяем по [1, таблица 17]: $R3^{+1}$ мм, $R6^{+2}$ мм.

Эскиз заготовки шестерни представлен на рисунке 21.

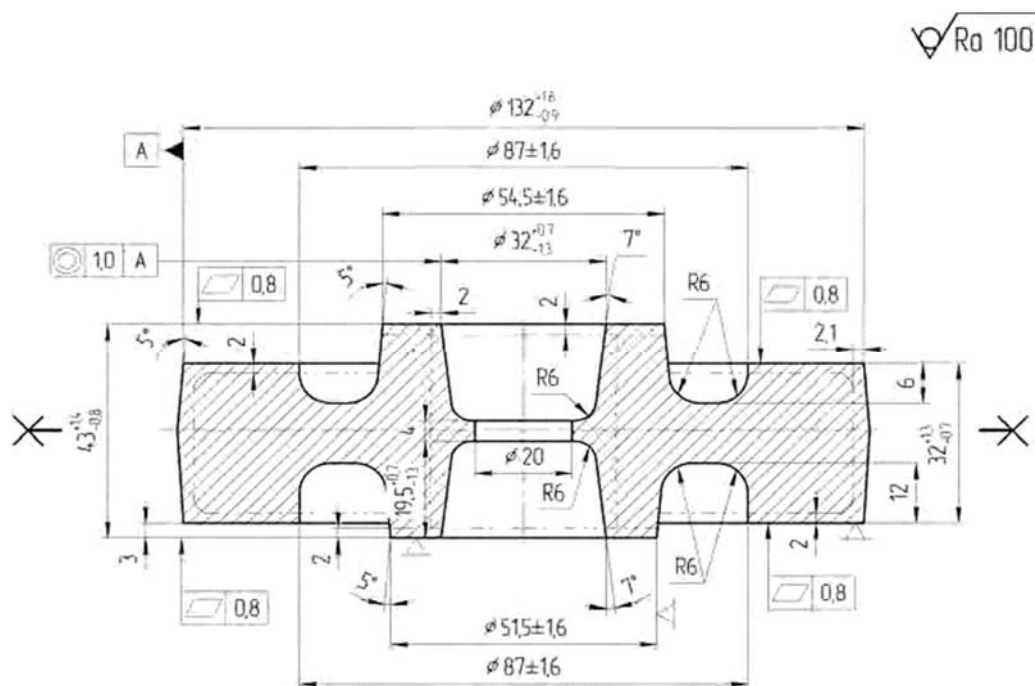


Рисунок 21 – Эскиз поковки, штампуемой в открытом штампе

2.2.14 Проектирование поковки, штампуемой в закрытом штампе.

Проектирование поковки, штампуемой на КГШП (закрытый штамп), выполняем на основании данных, приведенных на чертеже детали (см. рисунок 20), и при исходных данных предыдущей задачи.

Пункты 1–15 соответствуют пунктам предыдущей задачи.

16 Допускаемая величина остаточного облоя при штамповке в закрытых штампах не определяется.

17 Допускаемая величина заусенца, образовавшегося по контуру пуансона, равна 3,0 мм [1, таблица 11].

18 Радиус закруглений наружных углов принимаем равным 3,0 мм (минимальный радиус, согласно [1, таблица 7], равен 2,5 мм). Величину внутренних штамповочных радиусов принимаем 10 мм.

19 Неуказанные допуски радиусов закругления определяем по [1, таблица 17]: $R3^{+1}$ мм, $R6^{+2}$ мм.

Эскиз заготовки шестерни представлен на рисунке 22.

Индивидуальные задания

Разработать согласно варианту (таблица 9) чертеж поковки. Припуски назначить табличным методом по ГОСТ 7505–89 *Поковки стальные штампованные*. Штамповочное оборудование – КГШП. Эскизы деталей представлены

на рисунках 23–26.

Таблица 9 – Исходные данные

Номер варианта	Номер рисунка	Масса детали, кг	Материал детали	Нагрев заготовок
1	23	5,65	Сталь 40Х ГОСТ 4543–71	Индукционный
2	24	8,85	Сталь 45 ГОСТ 1050–2013	Пламенный газовый
3	25	14,2	Сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543–71	Индукционный
4	26	11	Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543–71	Пламенный газовый

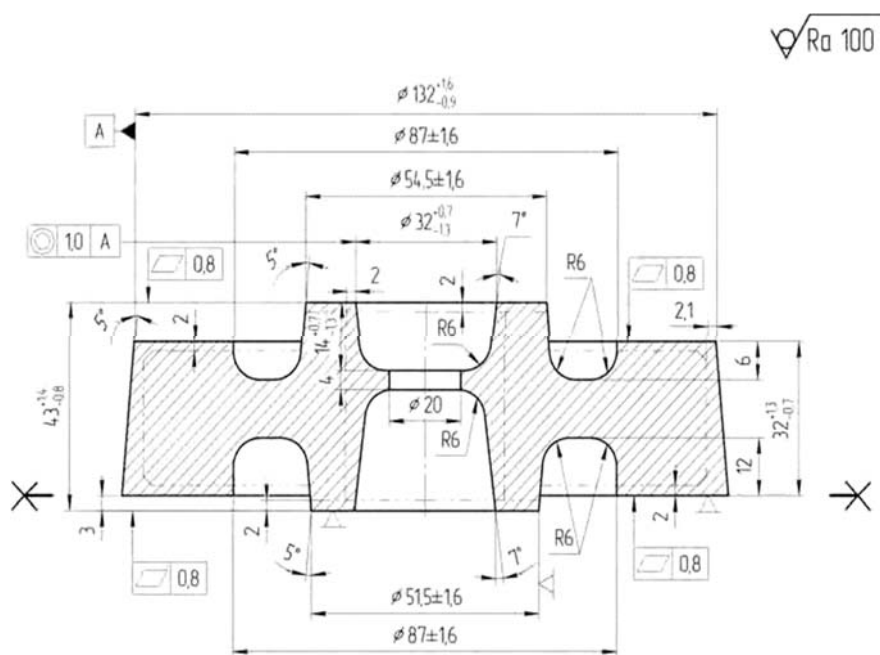


Рисунок 22 – Эскиз поковки, штампуемой в закрытом штампе

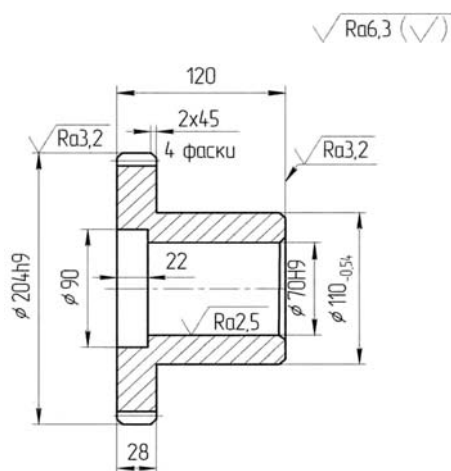


Рисунок 23 – Эскиз втулки

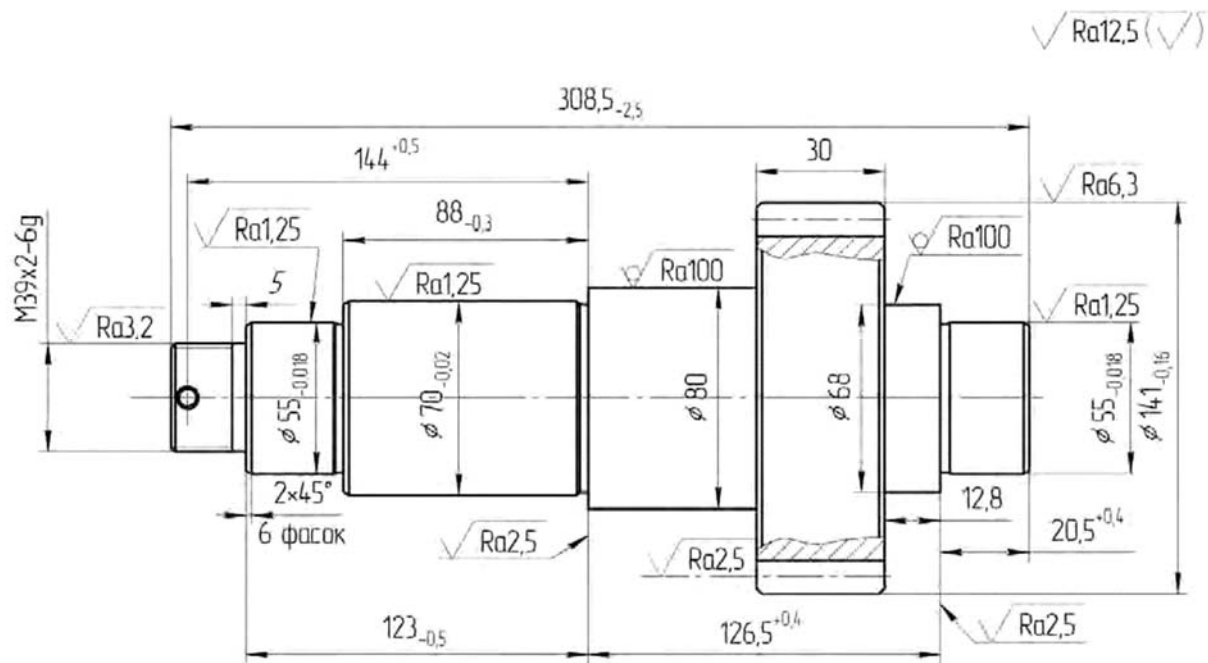


Рисунок 26 – Эскиз вала ведомого

3 Разработка чертежа заготовки и типовой схемы технологического процесса ее изготовления на горизонтально-ковочных машинах

3.1 Общие сведения о штамповке на горизонтально-ковочных машинах

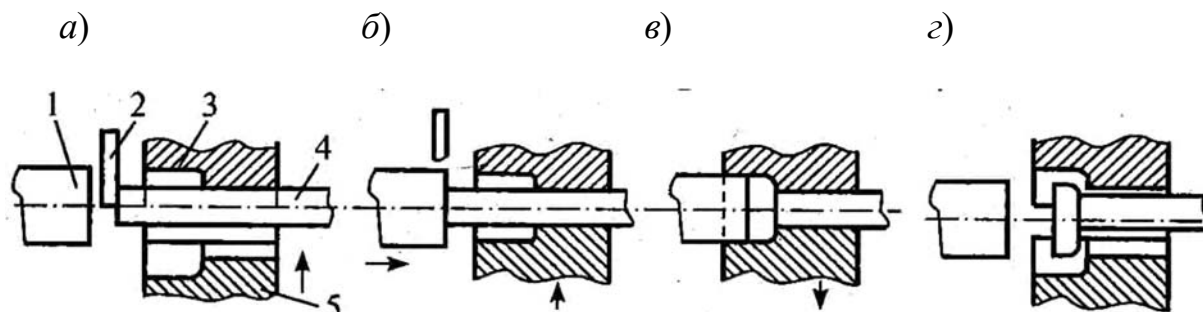
Горизонтально-ковочные машины (ГКМ) предназначены для штамповки поковок в многоручьевых штампах. Номенклатура поковок несколько уже, чем на КГШП. Поковки, штампуемые на горизонтально-ковочных машинах, обычно имеют форму тел вращения или близкую к ним с осью, совпадающей с осью исходного прутка. В большинстве случаев штампуют поковки как сплошные из прутков с круглым поперечным сечением, так и полые из труб.

Штамповку могут выполнять из штучных заготовок или непосредственно от прутка. Разница в том, что при штамповке от прутка потребуется последующая отрубка поковки от прутка. При штамповке из штучных заготовок этого не требуется.

В отличие от молотовых и прессовых штампы ГКМ имеют не одну, а две плоскости разъема, расположенные под углом 90°. Одна из них проходит между пуансонами и матрицами, другая – между половинками матриц. Набор металла при высадке производится в матрицах и в пуансонах. Поковки, получаемые в пуансонах, отличаются большей точностью. В них отсутствуют такие дефекты, как эллиптичность наружного диаметра, смещение, свойственные поковкам, изготовленным в матрицах.

Главными особенностями ГКМ являются:

- наличие в машине трех бойков;
- наличие в штампе двух плоскостей разреза во взаимно перпендикулярных направлениях;
- перемещение ползуна в горизонтальной плоскости. Схема штамповки на ГКМ представлена на рисунке 27.



а – подача заготовки; б – смыкание матриц; в – штамповка; г – размыкание матриц;
 1 – пуансон; 2 – упор; 3 – неподвижная часть матрицы; 4 – прутки; 5 – подвижная часть матрицы

Рисунок 27 – Схема штамповки на ГКМ

Достоинства горизонтально-ковочных машин:

- возможность штамповки поковок без облоя, что исключает необходимость применения обрезного пресса;
- отсутствие штамповочных уклонов на наружной поверхности поковки, что позволяет повысить коэффициент весовой точности (КВТ) и коэффициент использования металла (КИМ) при штамповке;
- выполнение рабочих инструментов в виде вставок в штампах позволяет повысить стойкость наиболее изнашиваемых частей, а также их быструю замену, что уменьшает стоимость инструмента и всего штампа в целом;
- возможность выполнять штамповку как из мерных заготовок, так и из прутка, что позволяет уменьшить расход металла.

Недостатки горизонтально-ковочных машин:

- необходимость применения проката повышенной точности;
- ограниченное число форм поковок (цилиндрические);
- относительно низкая стойкость ставок штампа;
- необходимость очистки прутка от окалины;
- относительно высокая стоимость машины (в 1,5 раза дороже КГШП аналогичного усилия).

3.2 Разработка чертежа заготовки, получаемой на горизонтально-ковочной машине

При составлении чертежа заготовки разрез между матрицами устанавливают в плоскости осевого сечения заготовки, а разрез между пуансоном и матрицей – в плоскости наибольшего поперечного сечения.

Расположение наиболее утолщенной части в матрице освобождает в этой части от штамповочных уклонов, но не исключает возможности сдвига ее фигуры в плоскости разъема матриц. Штамповка в пуансоне исключает возможность сдвига, но необходимо предусматривать уклоны со стороны пуансона. Штамповочные углы назначают на поверхности, располагающиеся перпендикулярно движению пуансона, а также поверхности выступов и углублений, располагающихся параллельно его движению и выполняемых пуансонами, и поверхности сквозных отверстий. Внешние штамповочные уклоны по ГОСТ 7505–89 составляют 5° , внутренние – 7° . Уклоны не требуются на наружных поверхностях заготовки, параллельных ее оси, если они оформляются в матрицах.

Глубокие полости следует разделять по высоте на несколько участков, чтобы уменьшить величину уклона.

Впадины и углубления в поковке, когда их оси параллельны плоскости разъема матриц, а диаметр не менее 30 мм, выполняют глубиной до трех диаметров.

Наружные уклоны принимают равными величине припуска на механическую обработку, а внутренние – в 1,5–2 раза большими.

Другие правила конструирования заготовок, получаемых на ГKM, и составления их чертежа являются такими же, как и для заготовок, получаемых штамповкой на прессах.

Примеры конструирования заготовок, получаемых на ГKM, приведены в ГОСТ 7505–89.

Индивидуальные задания

Разработать согласно варианту (таблица 10) чертеж поковки. Припуски назначить табличным методом по ГОСТ 7505–89 *Поковки стальные штампованные*. Штамповочное оборудование – ГKM. Эскизы деталей представлены на рисунках 28 и 29.

Таблица 10 – Исходные данные

Номер варианта	Номер рисунка	Масса детали, кг	Материал детали	Нагрев заготовок
1	18	9,8	Сталь 12ХНЗА ГОСТ 4543–71	Индукционный
2	19	8,85	Сталь 40ХН ГОСТ 4543–71	Пламенный газовый

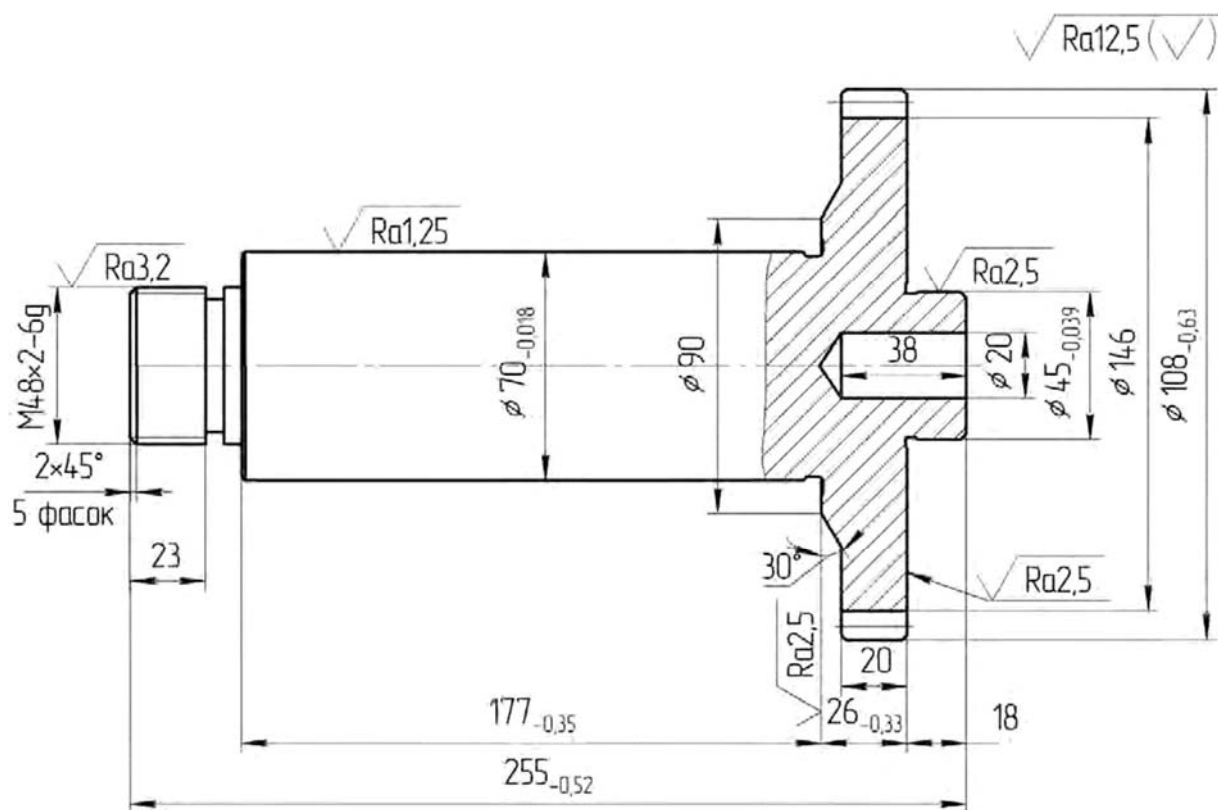


Рисунок 28 – Эскиз детали

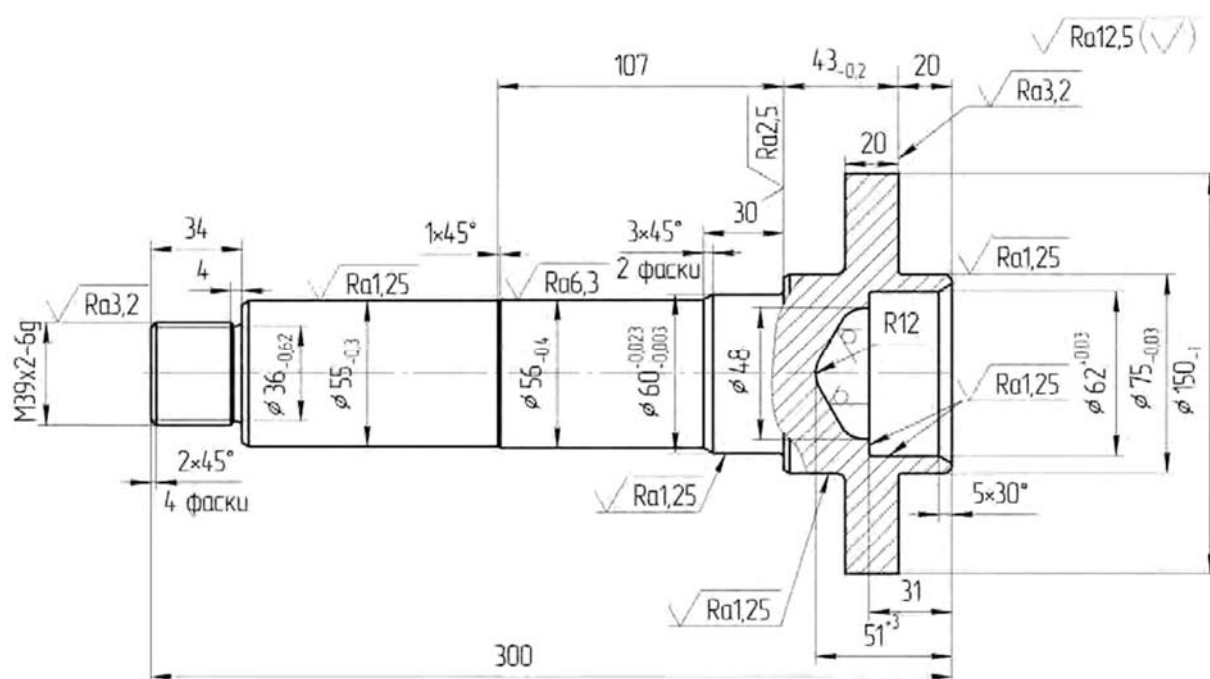


Рисунок 29 – Эскиз детали

Список литературы

- 1 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645–85. – Мн. : Изд-во стандартов, 1993. – 53 с.
- 2 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски : ГОСТ 7505–89. – Мн. : Изд-во стандартов, 1990. – 53 с.
- 3 Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 2 : Горячая объемная штамповка / под ред. Е. И. Семенова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2010. – 720 с.
- 4 Ковка и объемная штамповка стали : справочник / под ред. В. М. Сторожева. – М. : Машиностроение, 1967. – 436 с.
- 5 Руденко, П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении : учеб. пособие / П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач ; под общ. ред. В. М. Плескача. – Киев : Вища шк., 1991. – 247 с.
- 6 Дальский, А. М. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие / А. М. Дальский, В. С. Гаврилюк, Л. Н. Бухаркин. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.
- 7 Афонькин, М. Г. Производство заготовок в машиностроении / М. Г. Афонькин, М. В. Магницкая. – Л. : Машиностроение ; Ленингр. отд-ние, 1987. – 256 с.
- 8 Технологичность конструкций изделий : справочник / под ред. Ю. Д. Амирова. – М. : Машиностроение, 1985. – 368 с.
- 9 Технологическое обеспечение машиностроительного производства : учеб. пособие / под ред. Ж. А. Мрочека. – Мн. : РИВШ, 2021. – 560 с.