

Оглавление

Раздел 1. Исходные данные для проектирования технологического процесса	2
1.1. Служебное назначение и конструкция детали	2
1.2. Анализ технологичности детали	2
1.3. Химический состав, механические свойства и область применения материала детали	3
1.4. Определение годового выпуска и объема партии деталей	4
1.5. Обозначение обрабатываемых поверхностей детали	6
Раздел 2. Проектирование поковки	7
2.1. Выбор способа получения поковки	7
2.2. Эскиз поковки	7
2.3. Определение исходного индекса для поковки	8
2.4. Определение припусков	11
2.5. Расчет размеров поковки	12
2.6. Допуски и предельные отклонения размеров поковок	16
2.7. Результаты расчета	18
2.8. Чертеж поковки	19
Раздел 3. Технологический процесс изготовления детали	20
3.1. Методы и этапы механической обработки поверхности	20
3.2. Выбор методов и этапов механической обработки поверхностей для заданной детали	20
3.3. Маршрутное описание технологического процесса	21
3.4. Операционное описание технологического процесса	22
Раздел 4. Расчет припусков на поверхности с диаметральным и размерами табличным методом ..	31
4.1. Расчет припусков табличным методом для заданной детали	31
Библиографический список	44

Раздел 1. Исходные данные для проектирования технологического процесса

1.1. Служебное назначение и конструкция детали

Деталь «Упор» является частью регулятора давления, устанавливаемого в тормозной системе колес и служит для регулирования усилия пружины. В соответствии с рисунком 1.1 упор состоит из внутренних и наружных цилиндрических поверхностей. Поверхности с точными размерами выполнены по 7 квалитету и предназначены для посадки пружины. В конструкции упора нет фасонных поверхностей.

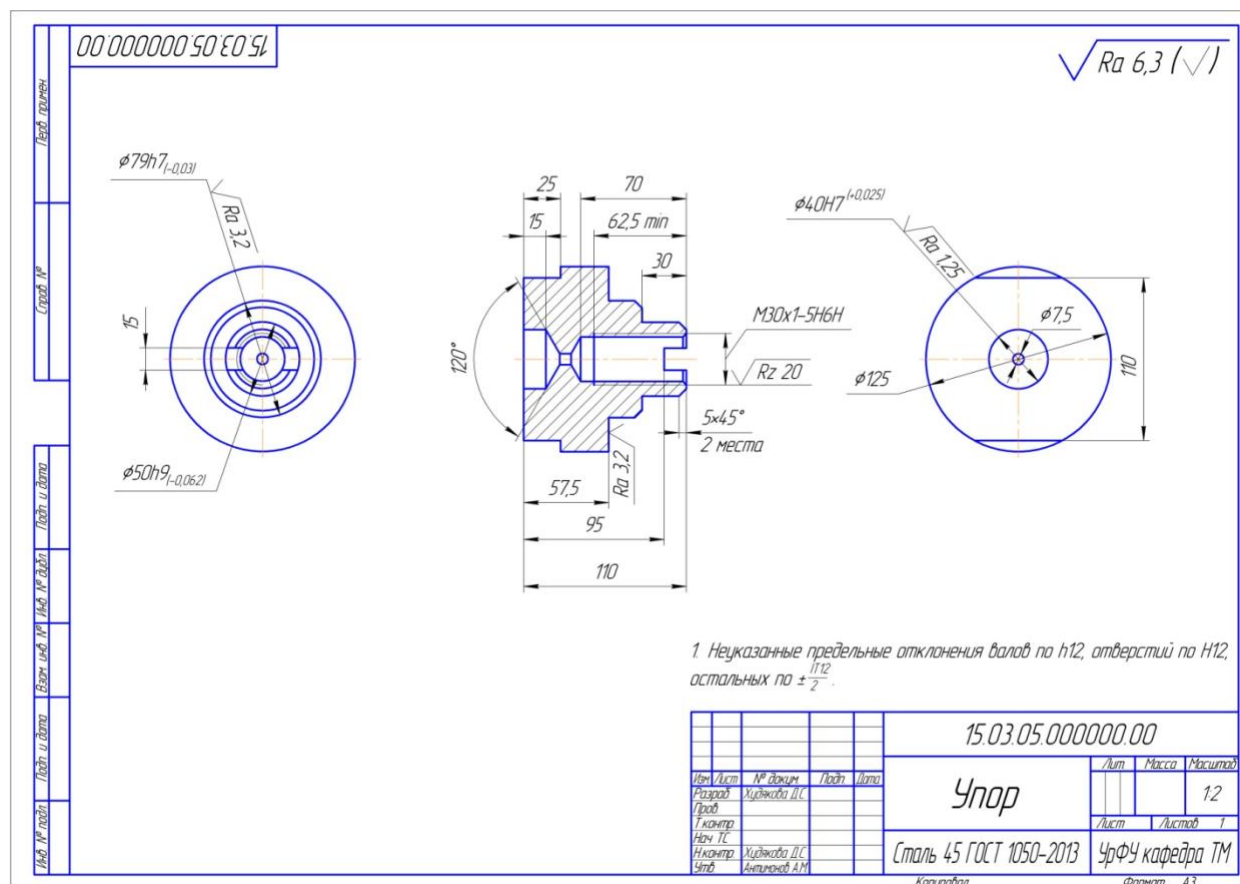


Рисунок 1.1 – Чертеж детали

1.2. Анализ технологичности детали

Технологичностью конструкции изделия по ГОСТ 14.205-83 называется совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению определенных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ. Иными словами, технологичность – это совокупность свойств изделия, обеспечивающих его простое, качественное, экономичное изготовление и эксплуатацию.

Согласно ГОСТ 14.205-83 основными количественным показателем технологичности являются материалоемкость и трудоемкость изготовления изделия. До выбора заготовки и разработки технологического процесса изготовления детали определить эти показатели не представляется возможным. Потому первоначально технологичность конструкции определяется качественно экспертным путем.

Конструкция детали в соответствии с рисунком 1.1 является типовой для деталей данного класса. Поэтому технологический процесс будет также типовым, состоящим из токарной, сверлильной и фрезерной операций. На токарной операции деталь следует обрабатывать за 2 установка. В этой связи необходимо проверить, чтобы линейные размеры на чертеже были проставлены от баз – торцевых поверхностей детали в соответствии с рисунком 1.2.

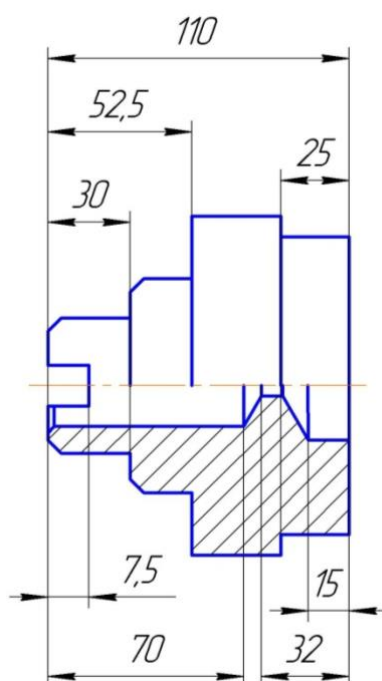


Рисунок 1.2 – Чертеж детали с линейными размерами, проставленными от баз

1.3. Химический состав, механические свойства и область применения материала детали

Сталь 45 относится к конструкционным углеродистым качественным сталям. Химический состав и механические свойства стали по ГОСТ 1050-2013 представлены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав сталь 45

Железо	Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Хром	Медь	Фосфор	Сера	Мышьяк
До 97	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	До 0,25	До 0,25	До 0,25	До 0,035	До 0,04	0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 45

Предел прочности $\sigma_{0,2}$ (МПа)	Предел текучести $\sigma_{\text{в}}$ (МПа)	Относительное удлинение δ_5 (%)	Относительное сужение ψ %	Ударная вязкость КСУ (кДж/м ²)	Твердость НВ
335	600	16	40	49	229

Из данной стали изготавливают оси, ступенчатые, коленчатые и распределительные валы, вал-шестерни, зубчатые колеса, шпиндели, цилиндры, кулачки и др. детали.

1.4. Определение годового выпуска и объема партии деталей

Согласно 14.004-83 в машиностроении различают три типа производства: единичное, серийное и массовое. При проектировании нового технологического процесса тип производства ориентировочно определяется в зависимости от массы и объема годового выпуска детали по таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Данные для ориентировочного определения типа производства

Масса детали, кг	Объем годового выпуска деталей N, шт. в зависимости от типа производства			
	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
<1	<2000	2000-75000	75000-200000	>200000
1-2,5	<1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5-5	<500	500-35000	35000-75000	>75000
5-10	<300	300-25000	25000-50000	>50000
>10	<200	200-10000	10000-25000	>25000

Определим годовой объем выпуска деталей для среднесерийного производства в зависимости от массы детали.

Масса детали определяется по формуле

$$m = V \cdot \rho,$$

где V – объем детали, ρ – плотность материала. Для стали $\rho = 7810$ кг/м³.

Для расчета объема детали ее разбивают на элементарные фигуры – цилиндрические и конические.

Тогда

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8$$

Таблица 1.4 – Результаты расчета массы детали

Номер фигуры	D, мм	li, мм	Vi, мм ³	mi, кг
1	125	57,5	705273,44	5,508
2	79	22,5	110231,66	0,861
3	50	30	58875	0,459
4	40	15	-18840	-0,147
5	7,5; 40	9,4	-4812,35	-0,037
6	7,5	9,1	-401,82	-0,003
7	7,5; 30	6,5	-2009,09	-0,015
8	30	70	-49455	-0,386
Сумма			798861,84	6,24

При массе детали 6,24 кг по таблице 1.3 для среднесерийного производства объем годового выпуска деталей составляет $N = 300-25000$ штук. Точное значение определяется по формуле

$$N = \frac{y_k(x_i - x_{k+1}) - y_{k+1}(x_i - x_k)}{x_k - x_{k+1}}, \text{ шт}$$

N – объем годового выпуска детали;

y_k и y_{k+1} - нижняя и верхняя границы интервала объема годового выпуска детали данной массы для среднесерийного производства;

x_i – масса детали;

x_k и x_{k+1} - нижняя и верхняя границы интервала, в пределах которого находится масса детали для среднесерийного производства.

$$N = \frac{300 * (6,24 - 10) - 25000 * (6,24 - 5)}{5 - 10} = \frac{-1128 - 31000}{-5} = 6425 \text{ шт}$$

Серийное производство характеризуется запуском деталей в производство партиями. Эту величину можно определить по формуле

$$n = \frac{a * N}{\Phi}$$

где a – число дней, на которое необходимо иметь запас деталей для бесперебойной работы сборочного цеха в соответствии с таблицей 1.5;

$\Phi = 250$ – количество рабочих дней в году при пятидневной рабочей неделе.

Таблица 1.5 – Запас деталей на складе

Характеристика деталей	Производство	
	мелкосерийное	среднесерийное и крупносерийное
Мелкие	10	5
Средние	5	3
Тяжелые	5	3

При производстве мелких деталей в условиях среднесерийного производства принимаем $a = 3$.

Тогда

$$n = \frac{3 * 6425}{250} = 77 \text{ штук}$$

1.5. Обозначение обрабатываемых поверхностей детали

Для определения размеров заготовки поверхности детали необходимо обозначить в соответствии с рисунком 1.5.

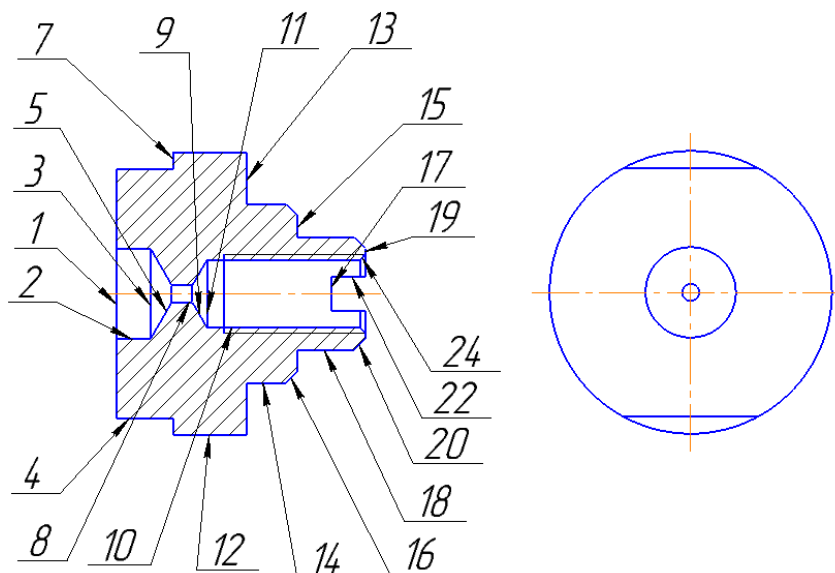


Рисунок 1.5 – Обозначение обрабатываемых поверхностей детали

Раздел 2. Проектирование поковки

2.1. Выбор способа получения поковки

Выбор способа получения поковки зависит от формы изделия, типа производства, материала изделия, его массы, точности и шероховатости поверхностей, трудоемкости и себестоимости заготовительного производства.

Основными способами получения поковок являются свободная ковка, штамповка в открытых и закрытых штампах, высадка на горизонтально-ковочных машинах. Наиболее универсальным и распространенным является штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) в открытых штампах. Эти штампы состоят из двух частей (половин) – верхней и нижней. Поковку штампуют в соответствии с рисунком 2.1.

Для заготовок с отверстиями диаметром более 30 мм намечают углубления с одной или с обеих сторон, глубиной не более 0,8 от диаметра намеченных отверстий. Перемычку между отверстиями пробивают, если ее толщина меньше, чем диаметр пробиваемого отверстия, который должен быть больше 30 мм. Внутренние и наружные поверхности поковки должны иметь штамповочные уклоны с углами не более 7 и 10 градусов соответственно. Поковки с уклонами легче удаляются из штампов.

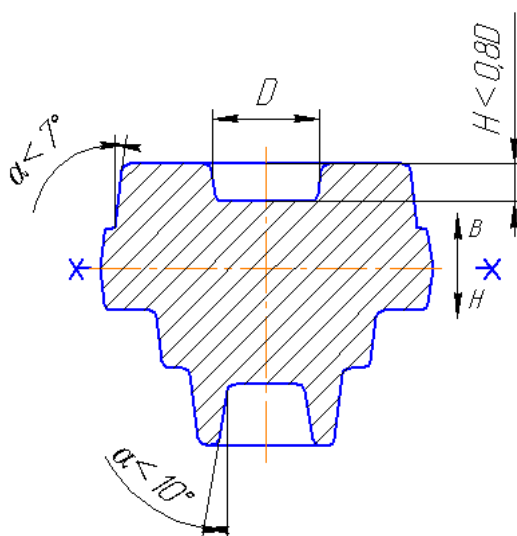


Рисунок 2.1 – Положение поковки в штампе

2.2. Эскиз поковки

Эскиз поковки выполняется основными линиями на чертеже детали в тонких линиях, с увеличением размеров отливки за счет припусков на обрабатываемых поверхностях и штамповочных уклонов. Штриховка производится по контуру поковки в соответствии с рисунком 2.2. Из контура поковки на эскизе следует исключить отверстия малого диаметра, канавки,

проточки, ступени между цилиндрическими поверхностями с небольшим перепадом диаметров и другие мелкие элементы, получить которые штамповкой трудно или невозможно. На эскизе поковки должны быть проставлены размеры и номера обрабатываемых поверхностей. Часть номеров для поверхностей мелких элементов пропускается. На эскизе специальными знакам должна быть указана плоскость разъема штампов и обозначен верх и низ от этой плоскости.

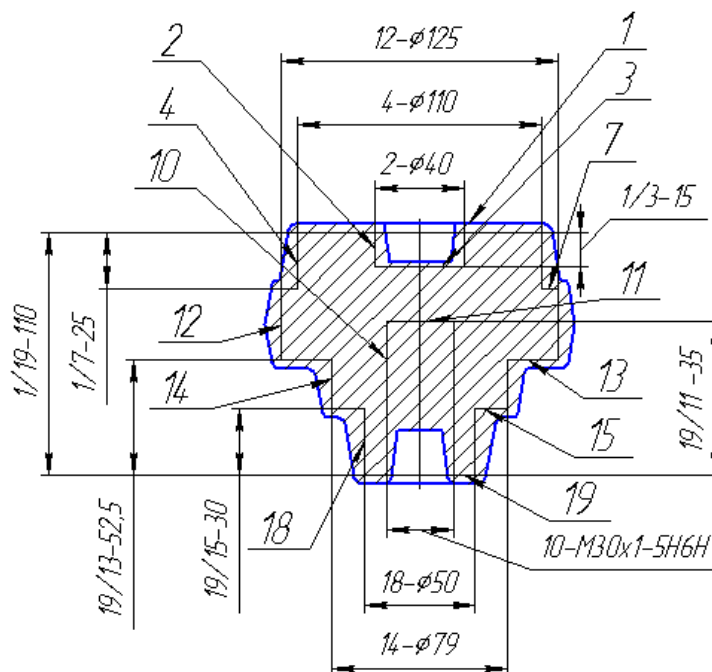


Рисунок 2.2 – Эскиз поковки

2.3. Определение исходного индекса для поковки

Исходный индекс необходим для назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений. Этот индекс зависит от массы поковки, группы стали, степени сложности класса точности поковки.

Масса поковки

$$M_{пр} = M_{д} * K_{р}$$

где $M_{д}$ – масса детали, кг;

$K_{р}$ – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с приложением 3, табл. 20, стр. 70 [1]. В данном случае масса детали равна 6,24 кг. Для круглых деталей типа фланцев $K_{р} = 1,5 - 1,8$. Примем $K_{р} = 1,65$. Тогда

$$M_{пр} = 6,24 * 1,65 = 10,296 \text{ кг}$$

Группа стали устанавливается в зависимости от ее химического состава по таблице 1, стр. 55 [1]. Деталь изготавливается из стали 45 с содержанием углерода 0,42 – 0,5%. Для данной стали – группа М2.

Степень сложности поковки определяется из отношения массы (объема) поковки к массе (объему) геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. (Приложение 2, стр.68 [1]). Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или правильной призмой. Расчет размеров геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки, производится увеличением в 1,05 раза габаритных размеров детали. Такой фигурой для заданной детали является цилиндр диаметром 125 мм и длиной 110 мм. Масса цилиндра с увеличением этих размеров в 1,05 раза равна

$$M_{ц} = \frac{\pi(D_{ц} * 1,05)^2}{4l_{ц} * 1,05 * \rho * 10^{-9}} = \frac{3,14 * (125 * 1,05)^2}{4 * 110 * 1,05 * 7810 * 10^{-9}} = 12,19 \text{ кг}$$

Отношение массы поковки к массе цилиндра:

$$\frac{M_{пр}}{M_{ц}} = \frac{10,296}{12,19} = 0,84$$

Тогда степень сложности поковки получим величину С1.

Класс точности поковки устанавливается по табл.19 приложения 1, стр.68.

Для открытой штамповки примем Т4. Таким образом для определения исходного индекса имеем следующие параметры: Мпр = 10,296; М2; С1 и Т4.

Исходный индекс определяется по рисунку 8. Движение начинается от точки для массы поковки 10,0-20,0 по горизонтали до вертикальной линии М1. В данном случае группа стали равна М2. Поэтому спускаемся по наклонной линии до пересечения с вертикальной линией М2. Затем перемещаемся по горизонтали до пересечения с вертикальной линией С1. В данном случае группа степень сложности С1. Далее перемещаемся по горизонтали до пересечения с вертикальной линией Т1. В данном случае класс точности поковки равен Т4, поэтому спускаемся по наклонной линии до пересечения с вертикальной линией Т4. Затем движением по горизонтали находим исходный индекс, который будет равен 14.

Определение исходного индекса

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 Включ.														1
св. 0,5 до 1,0 "														2
" 1,0 " 1,8 "														3
" 1,8 " 3,2 "														4
" 3,2 " 5,6 "														5
" 5,6 " 10,0 "														6
" 10,0 " 20,0 "														7
" 20,0 " 50,0 "														8
" 50,0 " 125,0 "														9
" 125,0 " 250,0 "														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Рисунок 2.3 – Исходный индекс

2.4. Определение припусков

Припуск – это слой материала, который удаляется с поверхности заготовки для получения заданных размером изделия. Для каждой поверхности поковки припуск состоит из основного и дополнительного.

Основные припуски зависят от исходного индекса поковки, размеров детали и шероховатости поверхности. Определяются по таблице 3, стр.58.

Припуски назначаются на одну сторону от номинального размера детали. В таблице 3 [1] все размеры детали делятся на 2 типа. К первому типу относятся размеры по признаку «Толщина». Ко второму типу отнесены размеры с признаком «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота». Для каждого признака имеется своя строка с интервалами размеров детали. Чтобы определить к какому признаку относится тот или иной размер, необходимо воспользоваться рисунком 7. если линейный или диаметральный размер пересекает плоскость разъема штампов, то этот размер относится к первому типу. Поверхности с таким размером штампуются в двух половинах штампа и припуск на них определяется по строке «Толщина». Если размер находится сверху или снизу от плоскости разъема штампов, то этот размер относится ко второму типу. Поверхности с таким размером штампуются в одной половине штампа и припуск на них определяется по строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота».

Таблица 2.1 – Основные припуски для поковки

Номер поверхности	Тип размера		Шероховатость, Ra, мкм	Припуск на сторону Z, мм
	Толщина, мм	Длина, диаметр, мм		
1/19	110	-	6,3/6,3	2,7/2,7
1/7	-	25	6,3/6,3	2,7/1,8
1/3	-	15	6,3/6,3	2,7/1,8
19/13	-	52,5	6,3/3,2	2,7/2,0
19/15	-	30	6,3/6,3	2,7/2,0
19/11	-	24	6,3/6,3	2,7/2,0
2	-	Ø40	1,25	2,2
4	-	Ø110	6,3	2,3
10	-	Ø29*	3,2	2,0
12	-	Ø125	6,3	2,3
14	-	Ø79	3,2	2,0

Дополнительные припуски назначают для учета смещения по поверхности разъема штампов, а также изогнутости, отклонения от плоскостности и прямолинейности (коробления). Припуск для учета смещения по поверхности разъема штампов назначают в зависимости от массы от и класса точности поковки. Припуск для учета изогнутости, отклонения от плоскостности и прямолинейности (коробления) назначают в зависимости от наибольшего размера поковки (детали) и класса точности поковки. Целесообразно назначать дополнительный припуск на каждую поверхность как сумму припусков от смещения и коробления

$$Z_{дп} = Z_{дпсм} + Z_{дпкор}$$

В нашем случае масса поковки 10,296 кг, наибольший размер поковки (детали) 125 мм, класс точности поковки Т4. Поверхность разъема – плоская. Для этих параметров будем иметь следующее значение для дополнительного припуска.

$$Z_{дп} = 0,4 + 0,4 = 0,8 \text{ мм}$$

Общий припуск равен сумме основного и дополнительного припусков

$$Z = Z_{оп} + Z_{дп}$$

2.5. Расчет размеров поковки

Линейные размеры. Этими размерами определяется расстояние между двумя поверхностями.

Расчет линейных размеров заготовки производится по формуле

$$L_{заг} = L_{дет} \pm Z_1 \pm Z_2$$

Где $L_{дет}$ – размер детали;

Z_1 и Z_2 – припуски на первой и второй поверхности. Знаки припусков в этой формуле определяются типом поверхности в соответствии с рисунком 9.

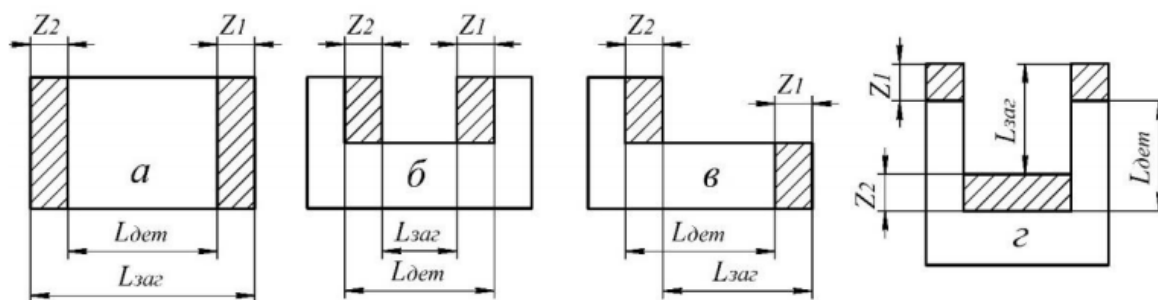


Рисунок 2.4 – Тип поверхности

А – наружная, б – внутренняя, в – ступенчатая, г – глухая.

Выбор знаков припусков представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Знаки припусков

Припуск	Тип поверхности			
	Наружная	Внутренняя	Ступенчатая	Глухая*
Z1	+	-	+	+
Z2	+	-	-	-

*используется для расчета размеров глубины глухих отверстий и пазов.

Линейный размер между поверхностями 1 и 19. Исходный индекс здесь и далее 14. $L_{дет} = 110$ мм в соответствии с рисунком 2.2. Тип поверхности наружная в соответствии с рисунком 2.4, а.

Основной припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{оп} = 2,7$ мм в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{дп} = 0,8$ мм.

Общий припуск

$$Z1 = Z2 = Z_{оп} + Z_{дп} = 2,7 + 0,8 = 3,5 \text{ мм.}$$

Размер поковки

$$L_{заг} = L_{дет} + Z1 + Z2 = 110 + 3,5 + 3,5 = 117 \text{ мм.}$$

Линейный размер между поверхностями 1 и 7. $L_{дет} = 25$ мм в соответствии с рисунком 2.2. Тип поверхности ступенчатая в соответствии с рисунком 2.4, в. Основной припуск на сторону для поверхности 1 $Z_{оп} = 2,7$ мм в соответствии с таблицей 2.1, для поверхности 7 $Z_{оп} = 1,8$ мм в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{дп} = 0,8$ мм.

Общий припуск для поверхности 1

$$Z1 = Z_{оп1} + Z_{дп} = 2,7 + 0,8 = 3,5 \text{ мм.}$$

Общий припуск для поверхности 7

$$Z2 = Z_{оп2} + Z_{дп} = 1,8 + 0,8 = 2,6 \text{ мм}$$

Размер поковки

$$L_{заг} = L_{дет} + Z1 - Z2 = 25 + 3,5 - 2,6 = 25,9 \text{ мм.}$$

Линейный размер между поверхностями 1 и 3. $L_{дет} = 15$ мм (рис.2.2). Тип поверхности глухая в соответствии с рисунком 2.4, г. Основной припуск на сторону для поверхности 1 $Z_{оп} = 2,7$ мм в соответствии с таблицей 2.1, для поверхности 3 $Z_{оп} = 1,8$ мм в соответствии с таблицей 2.1.

Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{дп} = 0,8$ мм.

Общий припуск для поверхности 1

$$Z1 = Z_{оп1} + Z_{дп} = 2,7 + 0,8 = 3,5 \text{ мм.}$$

Общий припуск для поверхности 7

$$Z2 = Z_{оп2} + Z_{дп} = 1,8 + 0,8 = 2,6 \text{ мм}$$

Размер поковки

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + Z_1 - Z_2 = 15 + 3,5 - 2,6 = 15,9 \text{ мм.}$$

Линейный размер между поверхностями 19 и 13. $L_{\text{дет}} = 52,5 \text{ мм}$ (рис.2.2). Тип поверхности ступенчатая в соответствии с рисунком 2.4, в. Основной припуск на сторону для поверхности 19 $Z_{\text{оп}} = 2,7 \text{ мм}$ в соответствии с таблицей 2.1, для поверхности 13 $Z_{\text{оп}} = 2,0 \text{ мм}$ в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{\text{дп}} = 0,8 \text{ мм}$.

Общий припуск для поверхности 1

$$Z_1 = Z_{\text{оп}1} + Z_{\text{дп}} = 2,7 + 0,8 = 3,5 \text{ мм.}$$

Общий припуск для поверхности 7

$$Z_2 = Z_{\text{оп}2} + Z_{\text{дп}} = 2,0 + 0,8 = 2,8 \text{ мм}$$

Размер поковки

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + Z_1 - Z_2 = 52,5 + 3,5 - 2,8 = 53,2 \text{ мм.}$$

Линейный размер между поверхностями 19 и 15. $L_{\text{дет}} = 30 \text{ мм}$ (рис.2.2). Тип поверхности ступенчатая в соответствии с рисунком 2.4, в. Основной припуск на сторону для поверхности 19 $Z_{\text{оп}} = 2,7 \text{ мм}$ в соответствии с таблицей 2.1, для поверхности 13 $Z_{\text{оп}} = 2,0 \text{ мм}$ в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{\text{дп}} = 0,8 \text{ мм}$.

Общий припуск для поверхности 1

$$Z_1 = Z_{\text{оп}1} + Z_{\text{дп}} = 2,7 + 0,8 = 3,5 \text{ мм.}$$

Общий припуск для поверхности 7

$$Z_2 = Z_{\text{оп}2} + Z_{\text{дп}} = 2,0 + 0,8 = 2,8 \text{ мм}$$

Размер поковки

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + Z_1 - Z_2 = 30 + 3,5 - 2,8 = 30,7 \text{ мм.}$$

Линейный размер между поверхностями 19 и 11. $L_{\text{дет}} = 24 \text{ мм}$ (рис.2.2). Тип поверхности глухая в соответствии с рисунком 2.4, г. Основной припуск на сторону для поверхности 19 $Z_{\text{оп}} = 2,7 \text{ мм}$ в соответствии с таблицей 2.1, для поверхности 11 $Z_{\text{оп}} = 2,0 \text{ мм}$ в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{\text{дп}} = 0,8 \text{ мм}$.

Общий припуск для поверхности 1

$$Z_1 = Z_{\text{оп}1} + Z_{\text{дп}} = 2,7 + 0,8 = 3,5 \text{ мм.}$$

Общий припуск для поверхности 7

$$Z_2 = Z_{\text{оп}2} + Z_{\text{дп}} = 2,0 + 0,8 = 2,8 \text{ мм}$$

Размер поковки

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + Z_1 - Z_2 = 24 + 3,5 - 2,8 = 24,7 \text{ мм.}$$

Диаметральные размеры заготовки определяются по формуле

$$D_{\text{заг}} = D_{\text{дет}} \pm 2Z$$

Припуск со знаком «плюс» принимается для наружной поверхности, а припуск со знаком «минус» для внутренней поверхности.

Поверхность 2. $D_{дет} = 40$ мм. Основной припуск на сторону для поверхности $Z_{оп} = 2,2$ мм в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{дп} = 0,8$ мм.

Общий припуск

$$Z = Z_{оп} + Z_{дп} = 2,2 + 0,8 = 3,0 \text{ мм.}$$

Размер поковки

$$D_{заг} = D_{дет} - 2Z = 40 - 2 \cdot 3,0 = 34 \text{ мм.}$$

Поверхность 4. $D_{дет} = 110$ мм. Основной припуск на сторону для поверхности $Z_{оп} = 2,3$ мм в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{дп} = 0,8$ мм.

Общий припуск

$$Z = Z_{оп} + Z_{дп} = 2,3 + 0,8 = 3,1 \text{ мм.}$$

Размер поковки

$$D_{заг} = D_{дет} + 2Z = 110 + 2 \cdot 3,1 = 116,2 \text{ мм}$$

Поверхность 10. Резьбовое отверстие. Внутренний диаметр резьбы $D_{дет} = 29$ мм. Основной припуск на сторону для поверхности $Z_{оп} = 2,0$ мм в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{дп} = 0,8$ мм.

Общий припуск

$$Z = Z_{оп} + Z_{дп} = 2,0 + 0,8 = 2,8 \text{ мм.}$$

Размер поковки

$$D_{заг} = D_{дет} - 2Z = 29 - 2 \cdot 2,8 = 23,4 \text{ мм}$$

Поверхность 12. $D_{дет} = 125$ мм. Основной припуск на сторону для поверхности $Z_{оп} = 2,3$ мм в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{дп} = 0,8$ мм.

Общий припуск

$$Z = Z_{оп} + Z_{дп} = 2,3 + 0,8 = 3,1 \text{ мм.}$$

Размер поковки

$$D_{заг} = D_{дет} + 2Z = 125 + 2 \cdot 3,1 = 131,2 \text{ мм}$$

Поверхность 14. $D_{дет} = 79$ мм. Основной припуск на сторону для поверхности $Z_{оп} = 2,0$ мм в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{дп} = 0,8$ мм.

Общий припуск

$$Z = Z_{оп} + Z_{дп} = 2,0 + 0,8 = 2,8 \text{ мм.}$$

Размер поковки

$$D_{\text{заг}} = D_{\text{дет}} + 2Z = 79 + 2 \cdot 2,8 = 84,6 \text{ мм}$$

Поверхность 18. $D_{\text{дет}} = 50$ мм. Основной припуск на сторону для поверхности $Z_{\text{оп}} = 2,0$ мм в соответствии с таблицей 2.1. Дополнительный припуск на сторону для каждой поверхности $Z_{\text{дп}} = 0,8$ мм.

Общий припуск

$$Z = Z_{\text{оп}} + Z_{\text{дп}} = 2,0 + 0,8 = 2,8 \text{ мм.}$$

Размер поковки

$$D_{\text{заг}} = D_{\text{дет}} + 2Z = 50 + 2 \cdot 2,8 = 55,6 \text{ мм}$$

2.6. Допуски и предельные отклонения размеров поковок

Линейный размер между поверхностями 1 и 19. Исходный индекс здесь и далее 14. Тип поверхности наружная в соответствии с рисунком 2.4, а. Размер поковки $L_{\text{заг}} = 117$ мм. По строке «Толщина» допуск размера 3,6 мм. Верхнее отклонение +2,4 мм. Нижнее отклонение -1,2 мм. Для наружной поверхности допуски не меняются. Тогда размер поковки $117^{+2,4}_{-1,2}$.

Линейный размер между поверхностями 1 и 7. Тип поверхности ступенчатая в соответствии с рисунком 2.4, в. Размер поковки $L_{\text{заг}} = 25,9$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,5 мм. Верхнее отклонение +1,6 мм. Нижнее отклонение -0,9 мм. Чтобы увеличить припуск на механическую обработку необходимо поменять знаки предельных отклонений. Верхнее отклонение +0,9 мм. Нижнее отклонение -1,6 мм. Тогда размер поковки $25,9^{+0,9}_{-1,6}$.

Линейный размер между поверхностями 1 и 3. Тип поверхности глухая в соответствии с рисунком 2.4, г. Размер поковки $L_{\text{заг}} = 15,9$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,5 мм. Верхнее отклонение +1,6 мм. Нижнее отклонение -0,9 мм. Чтобы увеличить припуск на механическую обработку необходимо поменять знаки предельных отклонений. Верхнее отклонение +0,9 мм. Нижнее отклонение -1,6 мм. Тогда размер поковки $15,9^{+0,9}_{-1,6}$.

Линейный размер между поверхностями 19 и 13. Тип поверхности ступенчатая в соответствии с рисунком 2.4, в. Размер поковки $L_{\text{заг}} = 53,2$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,8 мм. Верхнее отклонение +1,8 мм. Нижнее отклонение -1,0 мм. Чтобы увеличить припуск на механическую обработку необходимо поменять знаки предельных отклонений. Верхнее отклонение +1,0 мм. Нижнее отклонение -1,8 мм. Тогда размер поковки $53,2^{+1,0}_{-1,8}$.

Линейный размер между поверхностями 19 и 15. Тип поверхности ступенчатая в соответствии с рисунком 2.4, в. Размер поковки $L_{заг} = 30,7$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,5 мм. Верхнее отклонение +1,6 мм. Нижнее отклонение –0,9 мм. Чтобы увеличить припуск на механическую обработку необходимо поменять знаки предельных отклонений. Верхнее отклонение +0,9 мм. Нижнее отклонение –1,6 мм. Тогда размер поковки $30,7^{+0,9}_{-1,6}$.

Линейный размер между поверхностями 19 и 11. Тип поверхности глухая в соответствии с рисунком 2.4, г. Размер поковки $L_{заг} = 24,7$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,5 мм. Верхнее отклонение +1,6 мм. Нижнее отклонение –0,9 мм. Чтобы увеличить припуск на механическую обработку необходимо поменять знаки предельных отклонений. Верхнее отклонение +0,9 мм. Нижнее отклонение –1,6 мм. Тогда размер поковки $24,7^{+0,9}_{-1,6}$.

Поверхность 2. Тип поверхности внутренняя в соответствии с рисунком 2.4, б. Размер поковки $D_{заг} = 34$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,8 мм. Верхнее отклонение +1,8 мм. Нижнее отклонение –1,0 мм. Чтобы увеличить припуск на механическую обработку необходимо поменять знаки предельных отклонений. Верхнее отклонение +1,0 мм. Нижнее отклонение –1,8 мм. Тогда размер поковки $34^{+1,0}_{-1,8}$ $34+1,0-1,8$

Поверхность 4. Тип поверхности наружная в соответствии с рисунком 2.4, а. Размер поковки $D_{заг} = 116,2$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 3,2 мм. Верхнее отклонение +2,1 мм. Нижнее отклонение –1,1 мм. Для наружной поверхности допуски не меняются. Тогда размер поковки $116,2^{+2,1}_{-1,1}$.

Поверхность 10. Резьбовое отверстие. Тип поверхности – внутренняя в соответствии с рисунком 2.4, б. Размер поковки $D_{заг} = 23,4$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,5 мм. Верхнее отклонение +1,6 мм. Нижнее отклонение –0,9 мм. Чтобы увеличить припуск на механическую обработку необходимо поменять знаки предельных отклонений. Верхнее отклонение +0,9 мм. Нижнее отклонение –1,6 мм. Тогда размер поковки $23,4^{+0,9}_{-1,6}$.

Поверхность 12. Тип поверхности наружная в соответствии с рисунком 2.4, а. Размер поковки $D_{заг} = 131,2$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 3,2 мм. Верхнее отклонение +2,1 мм. Нижнее отклонение –1,1 мм. Для наружной поверхности допуски не меняются. Тогда размер поковки $131,2^{+2,1}_{-1,1}$.

Поверхность 14. Тип поверхности наружная в соответствии с рисунком 2.4, а. Размер поковки $D_{заг} = 84,6$ мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,8 мм.

Верхнее отклонение +1,8 мм. Нижнее отклонение –1,0 мм. Для наружной поверхности допуски не меняются. Тогда размер поковки $84,6^{+1,8}_{-1,0}$.

Поверхность 18. Тип поверхности наружная в соответствии с рисунком 2.4, а. Размер поковки Дзаг = 55,6 мм. По строке «Длина, ширина, диаметр, глубина и высота» допуск размера 2,8 мм. Верхнее отклонение +1,8 мм. Нижнее отклонение –1,0 мм. Для наружной поверхности допуски не меняются. Тогда размер поковки $55,6^{+1,8}_{-1,0}$.

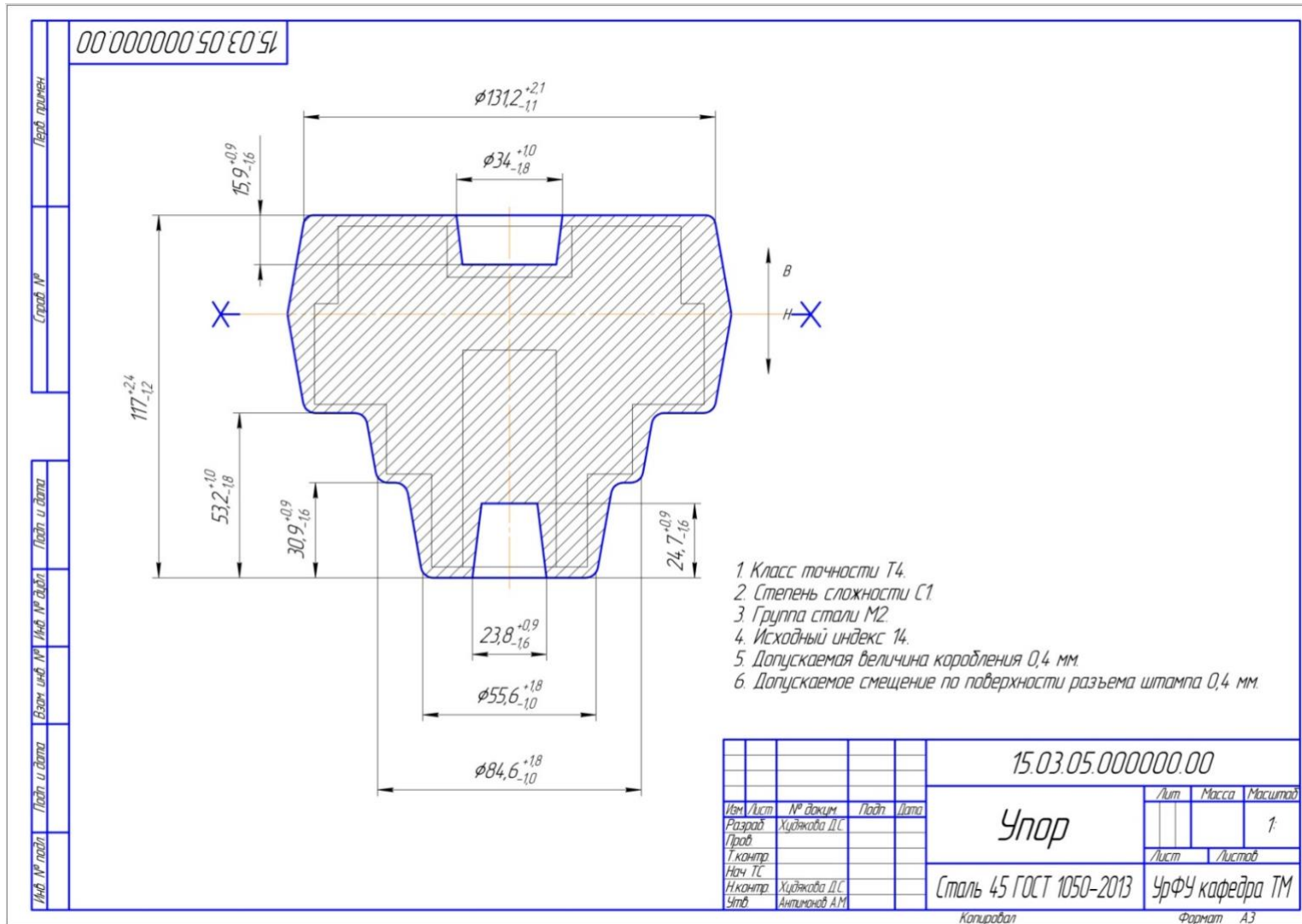
2.7. Результаты расчета

Результаты расчета для поковки представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Результаты расчета для поковки

Номер поверхности	Тип размера		Шероховатость Ra, мкм	Припуски на сторону, мм			Допуск, мм	Отклонения, мм		Размер, мм
	Толщина, мм	Длина, диаметр, мм		Основной	Дополнительный	Общий		Верхнее	Нижнее	
1/19	110	-	6,3/6,3	2,7/2,7	0,8	3,5/3,5	3,6	+2,4	-1,2	$117^{+2,4}_{-1,2}$
1/7	-	25	6,3/6,3	2,7/1,8	0,8	3,5/2,6	2,5	+1,6	-0,9	$25,9^{+0,9}_{-1,6}$
1/3	-	15	6,3/6,3	2,7/1,8	0,8	3,5/2,6	2,5	+1,6	-0,9	$15,9^{+0,9}_{-1,6}$
19/13	-	52,5	6,3/3,2	2,7/2,0	0,8	3,5/2,8	2,8	+1,8	-1,0	$53,2^{+1,0}_{-1,8}$
19/15	-	30	6,3/6,3	2,7/2,0	0,8	3,5/2,8	2,5	+1,6	-0,9	$30,7^{+0,9}_{-1,6}$
19/11	-	24	6,3/6,3	2,7/2,0	0,8	3,5/2,8	2,5	+1,6	-0,9	$24,7^{+0,9}_{-1,6}$
2	-	Ø40	1,25	2,2	0,8	3,0	2,8	+1,8	-1,0	$34^{+1,0}_{-1,8}$
4	-	Ø110	6,3	2,3	0,8	3,1	3,2	+2,1	-1,1	$116,2^{+2,1}_{-1,1}$
10	-	Ø30	3,2	2,0	0,8	2,8	2,5	+1,6	-0,9	$23,4^{+0,9}_{-1,6}$
12	-	Ø125	6,3	2,3	0,8	3,1	3,2	+2,1	-1,1	$131,2^{+2,1}_{-1,1}$
14	-	Ø79	3,2	2,0	0,8	2,8	2,8	+1,8	-1,0	$84,6^{+1,8}_{-1,0}$
18	-	Ø50	6,3	2,0	0,8	2,8	2,8	+1,8	-1,0	$55,6^{+1,8}_{-1,0}$

2.8. Чертеж поковки



Раздел 3. Технологический процесс изготовления детали

3.1. Методы и этапы механической обработки поверхности

На каждую поверхность заданной детали необходимо назначить метод (методы) и этапы механической обработки. Этап обработки назначается по качеству или шероховатости в зависимости какой из этих параметров является определяющим. Так для поверхности, обработанной по 12 качеству с шероховатостью Ra 3,2 определяющим, является параметр шероховатости, а для поверхности, обработанной по 11 качеству с шероховатостью Ra 6,3 определяющим, является качество. В обоих случаях поверхность обрабатывается за два этапа. Фаски, канавки для выхода шлифовального круга, проточки (канавки) для выхода резьбы, мелкие отверстия и другие конструктивные элементы с точностью размеров по 12-14 качеству обрабатываются за один этап, если только к ним не предъявляются особые требования по шероховатости. Чертеж детали представлен на рис. 1.1 раздела 1. Поверхности детали обозначены на рис. 1.5 раздела 1.

3.2. Выбор методов и этапов механической обработки поверхностей для заданной детали

Методы и этапы механической обработки для каждой поверхности заданной детали приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Методы и этапы механической обработки поверхностей для заданной детали

Поверхность			Первый черновой		Второй получистовой		Третий чистовой		Четвертый отделочный		Кол-во этапов
№	Квалитет	Шероховатость, Ra	12 – 14 кв.	$Ra \geq 6,3$	9 – 11 кв.	$2,5 \leq Ra < 6,3$	7 – 8	$1,25 \leq Ra < 2,5$	5 – 6	$Ra < 1,25$	
1	12	6,3	Подрезать торец								1

2	7	1,25	Сверлить отверстие	Расточить отверстие предварительно	Шлифовать отверстие		3
4	12	6,3	Фрезеровать лыску				1
6	12	6,3	Фрезеровать лыску				1
7	12	6,3	Подрезать торец				1
8	12	6,3	Сверлить отверстие				1
10	12	3,2	Сверлить отверстие	Нарезать резьбу			2
12	12	6,3	Точить поверхность				1
13	11	3,2	Подрезать торец предварительно	Подрезать торец окончательно			2
14	7	3,2	Точить поверхность предварительно	Точить поверхность окончательно	Шлифовать поверхность		3
15	12	6,3	Подрезать торец				1
16	12	6,3	Точить фаску				1
17	12	6,3	Фрезеровать поверхность				1
18	9	6,3	Точить поверхность предварительно	Точить поверхность окончательно			2
19	12	6,3	Подрезать торец				1
20	12	6,3	Точить фаску				1
22	12	6,3	Фрезеровать паз				1
24	12	6,3	Расточить фаску				1
Всего этапов							29

3.3. Маршрутное описание технологического процесса

Технологический маршрут для обработки заданной детали представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Технологический маршрут для обработки заданной детали

Номер операции	Наименование операции	Номер обрабатываемой поверхности
005	Заготовительная	-
010	Токарно-винторезная	12,1
015	Токарная с ЧПУ	8,9,10,11,13,14,15,16,18,19,20,24 2,3,5
020	Горизонтально-фрезерная	4,6,7,17,20
025	Круглошлифовальная	14

030	Внутришлифовальная	2
035	Контрольная	-

При обработке резанием сначала обрабатываются поверхности (базы), на которые затем устанавливается заготовка для обработки других поверхностей. В табл. 3.2 подготовка баз выполняется на 010 операции. Очередность обработки поверхностей с различной точностью устанавливается так, чтобы в первую очередь обрабатываются наименее точные поверхности, а в последнюю очередь наиболее точные.

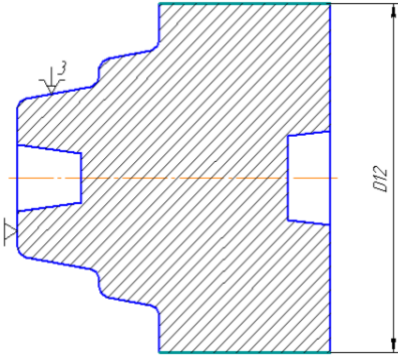
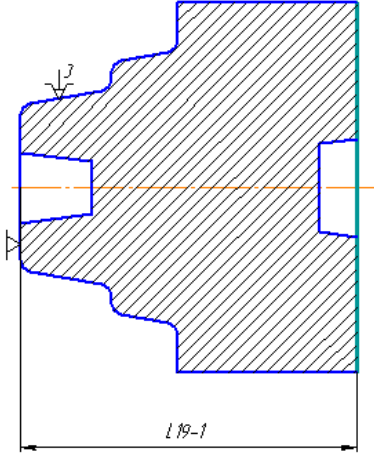
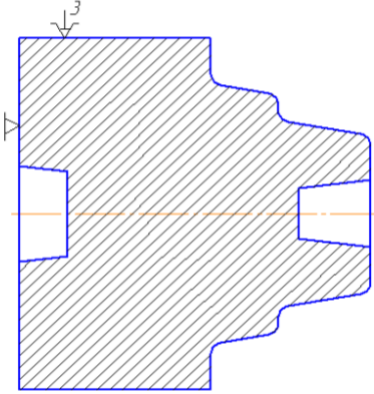
3.4. Операционное описание технологического процесса

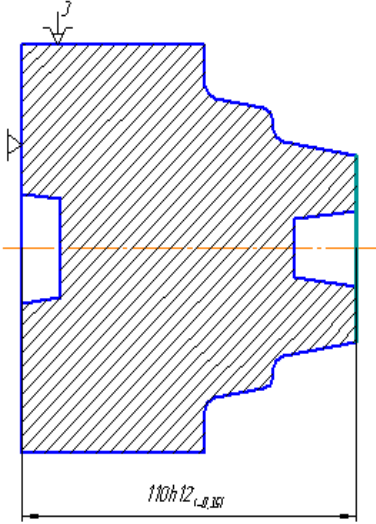
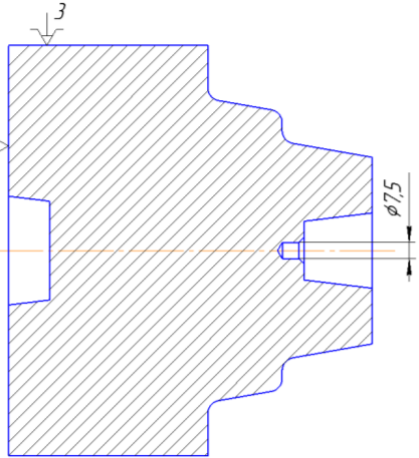
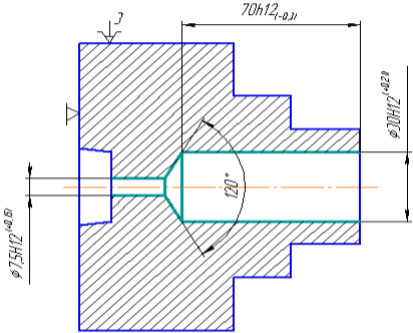
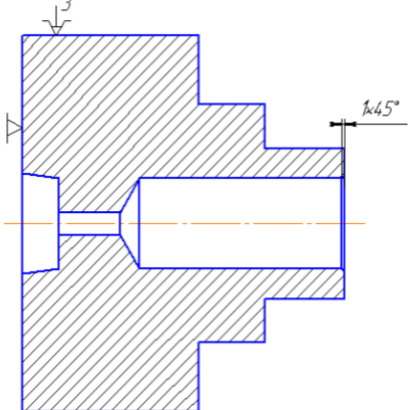
В рамках этого раздела операционное описание технологического процесса выполняется с указанием только переходов с записью их содержания и графическим изображением схемы установки на эскизе.

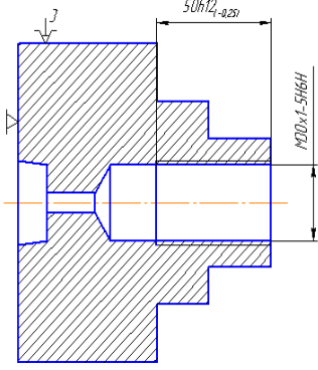
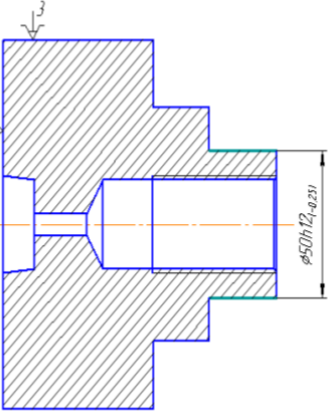
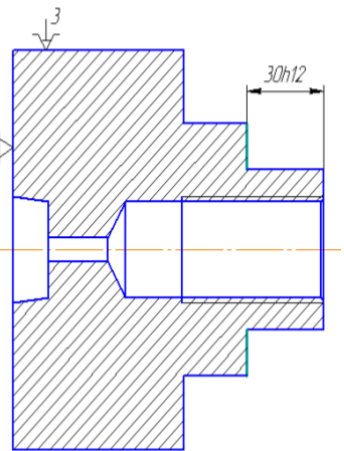
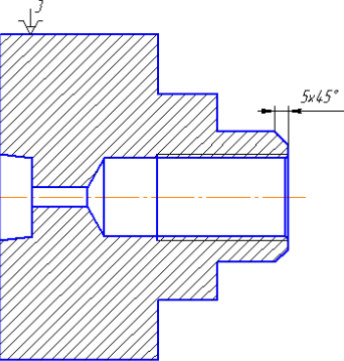
Количество переходов обработки поверхности должно соответствовать этапам обработки этой поверхности в табл. 3.1. Операционное описание технологического процесса обработки резанием заданной детали представлено в табл. 3.3.

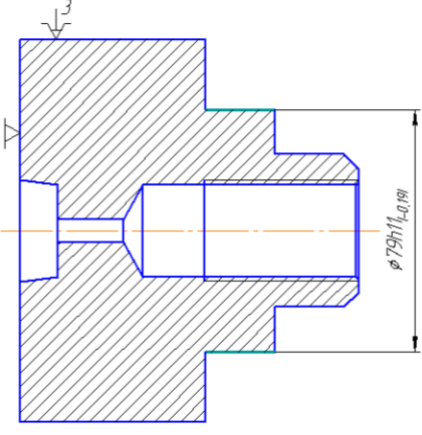
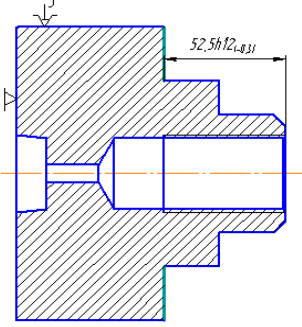
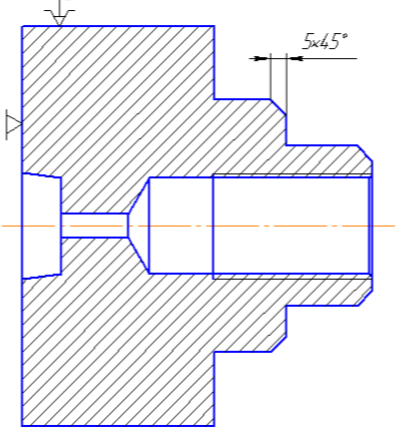
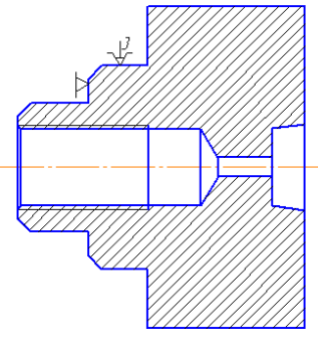
Таблица 3.3 – Операционное описание технологического процесса

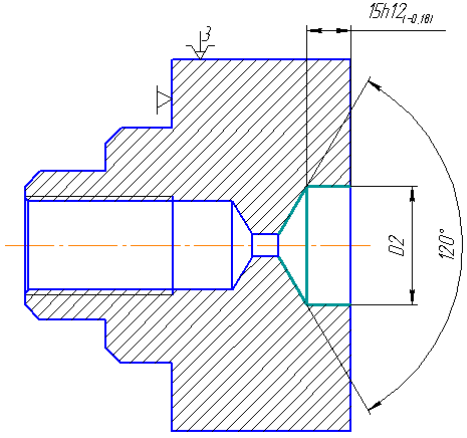
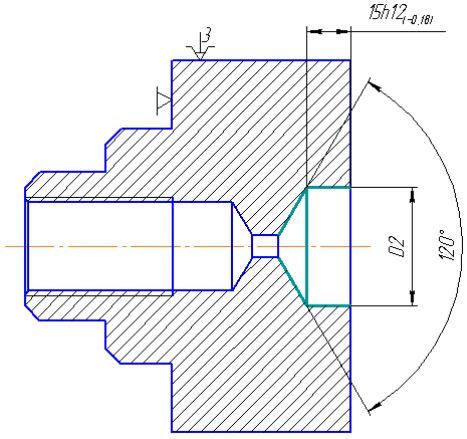
Номер перехода	Схема установка	Содержание перехода
Операция 010 – Токарно-винторезная		
1		Установить и закрепить.

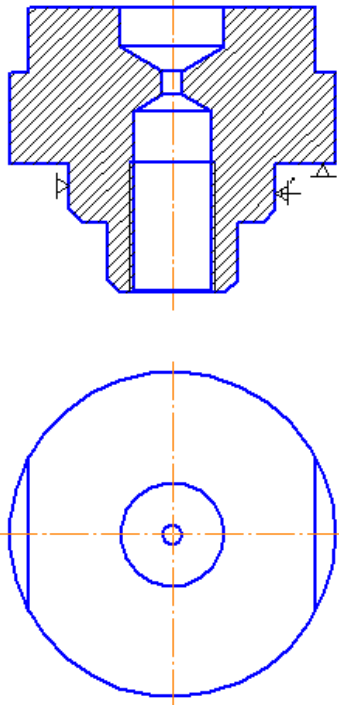
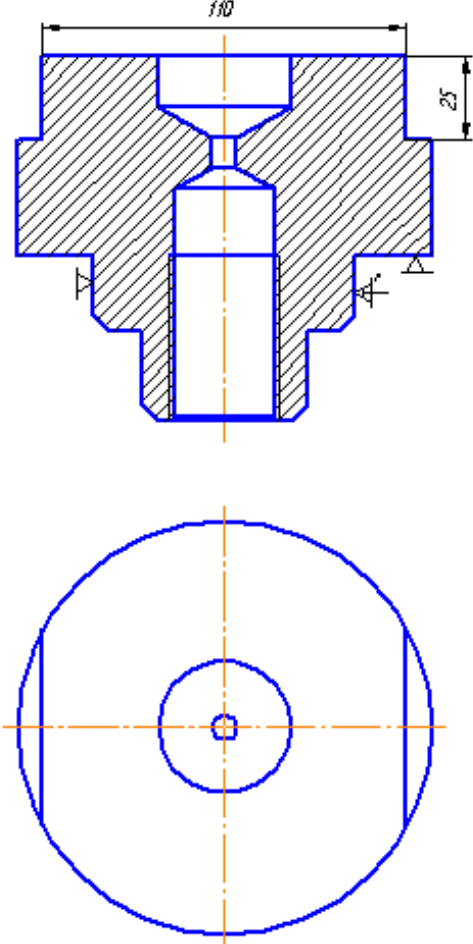
2	 <p>Technical drawing of a part with a diameter of 12 and a chamfered edge. The drawing shows a cross-section of a part with a diameter of 12. The part has a chamfered edge on the left side, indicated by a dimension of 3. The part is shaded with diagonal lines.</p>	Точить поверхность 12.
3	 <p>Technical drawing of a part with a chamfered edge and a length of 19-1. The drawing shows a cross-section of a part with a diameter of 12. The part has a chamfered edge on the left side, indicated by a dimension of 3. The part is shaded with diagonal lines. The length of the part is indicated as 19-1.</p>	Подрезать торец 1.
Операция 015 – Токарная с ЧПУ		
Установ А		
1	 <p>Technical drawing of a part with a chamfered edge. The drawing shows a cross-section of a part with a diameter of 12. The part has a chamfered edge on the left side, indicated by a dimension of 3. The part is shaded with diagonal lines.</p>	Установить и закрепить.

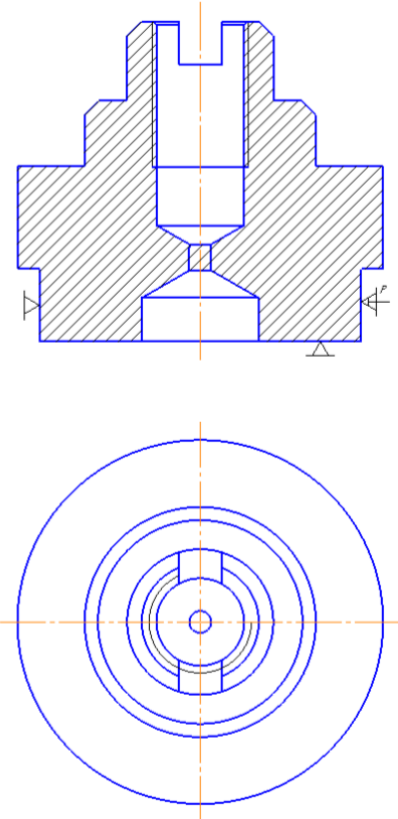
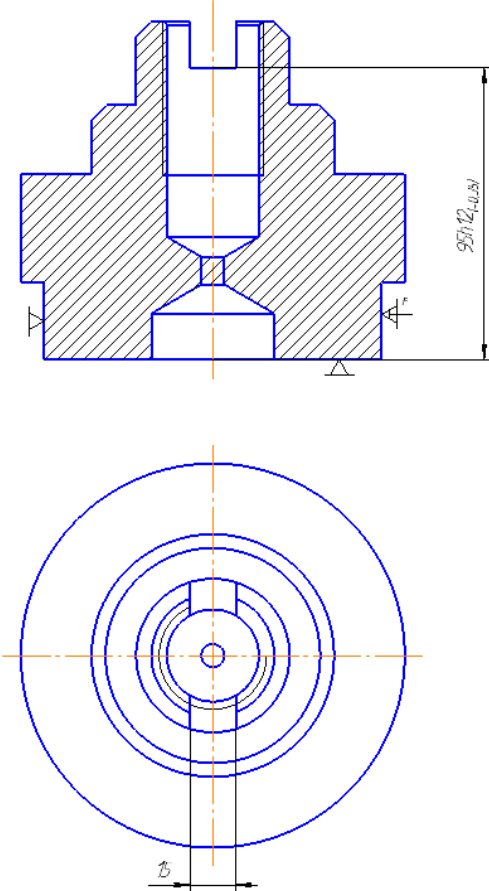
2		Подрезать торец 19
3		Центровать отверстие $\varnothing 7,5$ мм.
4		Сверлить отверстия 8 и 10 согласно эскизу.
5		Расточить фаску 24 согласно эскизу

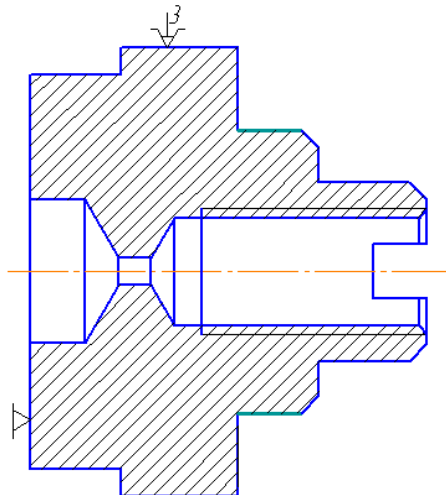
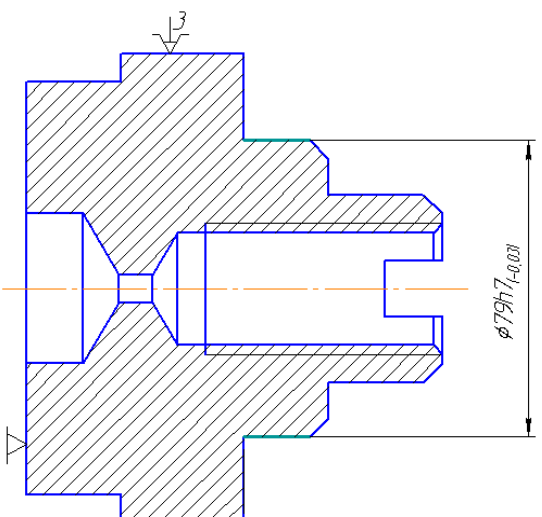
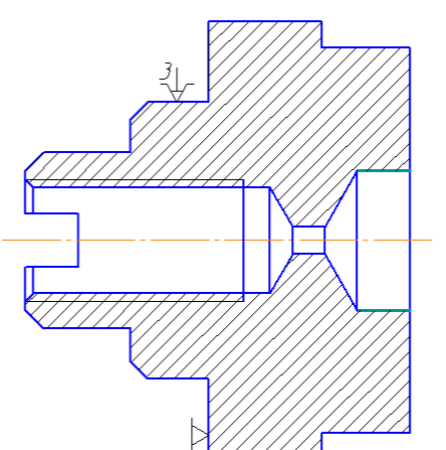
6		Нарезать резьбу в отверстии 10 согласно эскизу
7		Точить поверхность 18 согласно эскизу
8		Подрезать торец 15 согласно эскизу
9		Точить фаску 20 согласно эскизу

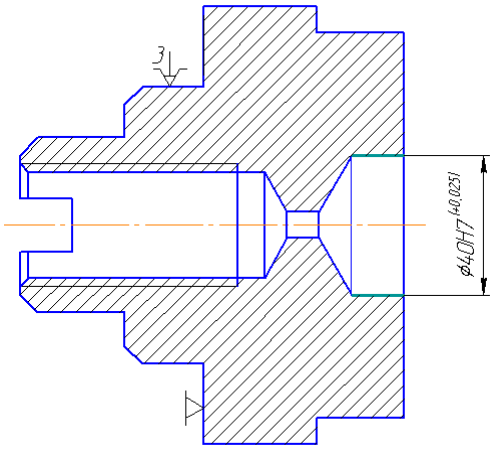
10,11		Точить поверхность 14 предварительно и окончательно согласно эскизу
12		Подрезать торец 13 предварительно и окончательно согласно эскизу
13		Точить фаску 16 согласно эскизу
Установ Б		
14		Переустановить и закрепить.

<p>15</p>		<p>Сверлить отверстие 2</p>
<p>16</p>		<p>Расточить отверстие 2 предварительно</p>
<p>020 Горизонтально-фрезерная</p>		

<p>1</p>		<p>Установить и закрепить</p>
<p>2</p>		<p>Фрезеровать поверхности 4 и 7 согласно эскизу</p>

<p>3</p>		<p>Переустановить и закрепить</p>
<p>4</p>		<p>Фрезеровать поверхности 17 и 20 согласно эскизу</p>

	025 Круглошлифовальная	
1		Установить и закрепить
2		Шлифовать поверхность 14 согласно эскизу
	030 Внутришлифовальная	
1		Установить и закрепить

2		Шлифовать поверхность 2 согласно эскизу.
---	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

Раздел 4. Расчет припусков на поверхности с диаметральными и размерами табличным методом

4.1. Расчет припусков табличным методом для заданной детали

Чертеж поковки при вертикальном положении представлены на стр.19 раздела 2. Эскиз поковки для этого положения дан на рис. 2.7.

Поверхность 2

Внутренняя поверхность. Обрабатывается за 3 этапа.

Составить схему для расчета припусков, определить промежуточные припуски и технологические размеры при обработке отверстия диаметром $D_{дет} = \text{Ø}40H7^{+0,025}$ мм с шероховатостью поверхности $Ra = 1,25$. Допуск $TD_{дет} = 0,025$ Нижнее отклонение $EID_{дет} = 0$. Верхнее отклонение

$ESD_{дет} = +0,025$ Заготовкой является поковка $D_{дет} = \text{Ø}34^{+1,0}_{-1,8}$ мм. Допуск

$TD_{заг} = 2,8$ Нижнее отклонение $EID_{заг} = -1,8$ Верхнее отклонение $ESD_{заг} = +1,0$

Заготовка обрабатывается за три технологических перехода (этапа) – рассверливание, растачивание.

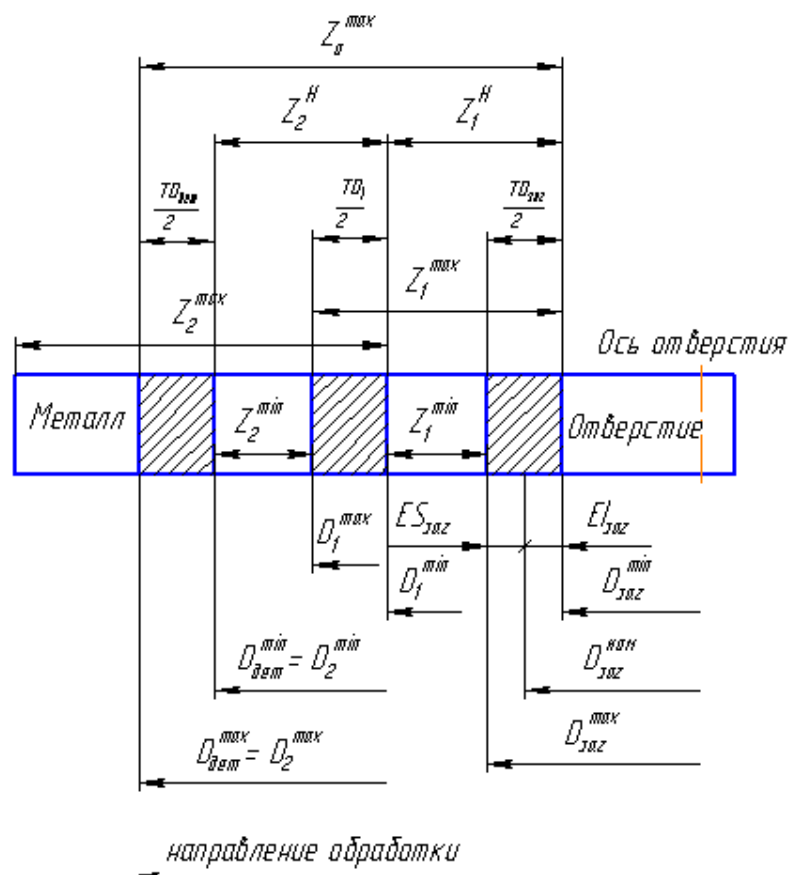


Рисунок 4.2 – Схема для расчета припусков

1. Квалитеты по этапам соответственно 12, 9 и 7.
2. Допуски размеров по этапам обработки в зависимости от качества (табл. 4.1), [5, стр. 170, табл. П.5.1].

$$TD_1 = 0,25; TD_2 = 0,062, TD_3 = 0,025.$$

3. Минимальный припуск на втором и третьем этапах

$$2Z_2^{min} = 0,62 \text{ мм}, 2Z_3^{min} = 0,25 \text{ мм}$$

Примечание: припуски назначены увеличением допуска в 10 раз

4. Номинальный припуск на втором и третьем этапах

$$2Z_i^H = 2Z_i^{min} + TD_{i-1}, \text{ где } i - \text{ номер этапа.}$$

$$2Z_2^H = 2Z_2^{min} + TD_1 = 0,62 + 0,25 = 0,87 \text{ мм};$$

$$2Z_3^H = 2Z_3^{min} + TD_2 = 0,25 + 0,062 = 0,312 \text{ мм.}$$

5. Номинальный припуск на первом этапе

Минимальный размер детали

$$D_{\text{дем}}^{min} = D_{\text{дем}}^H + EID_{\text{дем}} = 40 + 0 = 40 \text{ мм.}$$

Минимальный размер заготовки

$$D_{заг}^{\min} = D_{заг}^H + EID_{заг} = 34 - 1,8 = 32,2 \text{ мм.}$$

$$2Z_1^H = D_{дет}^{\min} - D_{заг}^{\min} - 2Z_2^H - 2Z_3^H = 40 - 32,2 - 0,87 - 0,312 = 6,618 \text{ мм.}$$

где $D_{заг}^{\min}; D_{дет}^{\min}; D_{заг}^H; D_{дет}^H$ – минимальные и номинальные размеры заготовки и детали; $EID_{заг}; EID_{дет}$ – нижние отклонения размеров заготовки и детали.

6. Минимальный припуск на первом этапе

$$2Z_1^{\min} = 2Z_1^H - TD_{заг} = 6,618 - 2,8 = 3,818 \text{ мм.}$$

7. Технологические размеры по этапам

Расчет ведется от размеров детали к размерам заготовки

$$D_3^{\max} = D_{дет}^{\max} = D_{дет}^H + ESD_{дет} = 40 + 0,025 = 40,025 \text{ мм}$$

$$D_3^{\min} = D_{дет}^{\min} = D_{дет}^{\max} - TD_{дет} = 40,025 - 0,025 = 40 \text{ мм;}$$

$$D_2^{\max} = D_3^{\min} - 2Z_3^{\min} = 40 - 0,25 = 39,75 \text{ мм;}$$

$$D_2^{\min} = D_2^{\max} - TD_2 = 39,75 - 0,062 = 39,688 \text{ мм;}$$

$$D_1^{\max} = D_2^{\min} - 2Z_2^{\min} = 39,688 - 0,62 = 39,068 \text{ мм;}$$

$$D_1^{\min} = D_1^{\max} - TD_1 = 39,068 - 0,25 = 38,818 \text{ мм.}$$

8. Максимальные припуски по этапам

$$2Z_i^{\max} = D_i^{\max} - D_{i-1}^{\min}. \text{ Проверка } Z_i^{\max} = 2Z_i^H + Td_i$$

$$\text{Третий этап } 2Z_2^{\max} = D_3^{\max} - D_2^{\min} = 40,025 - 39,688 = 0,337 \text{ мм.}$$

$$\text{Проверка } 2Z_3^{\max} = 2Z_3^H + TD_3 = 0,312 + 0,025 = 0,337 \text{ мм.}$$

$$\text{Второй этап } 2Z_2^{\max} = D_2^{\max} - D_1^{\min} = 39,75 - 38,818 = 0,932 \text{ мм.}$$

$$\text{Проверка } 2Z_2^{\max} = 2Z_2^H + TD_2 = 0,87 + 0,062 = 0,932 \text{ мм.}$$

$$\text{Первый этап } 2Z_1^{\max} = D_1^{\max} - D_{заг}^{\min} = 39,068 - 32,2 = 6,868 \text{ мм.}$$

$$\text{Проверка } 2Z_1^{\max} = 2Z_1^H + TD_1 = 6,618 + 0,25 = 6,868 \text{ мм.}$$

9. Проверка результатов расчета по предельным размерам и допуску заготовки

Размеры заготовки

$$D_{заг}^{\max} = D_1^{\min} - 2Z_1^{\min} = 38,818 - 3,818 = 35 \text{ мм};$$

$$D_{заг}^{\min} = D_{дет}^{\min} - 2\sum_{i=1}^n Z_i^H = D_{дет}^{\min} - 2Z_1^H - 2Z_2^H - 2Z_3^H = 40 - 6,618 - 0,87 - 0,312 = 32,2 \text{ мм}$$

$$TD_{заг} = D_{заг}^{\max} - D_{заг}^{\min} = 35 - 32,2 = 2,8 \text{ мм}$$

Поверхность 10.

Внутренняя резьбовая поверхность. Обрабатывается за один этап.

Составить схему для расчета припусков при обработке резьбового отверстия М30х1 – 6Н. Размеры, допуск и предельные отклонения резьбы определены по ГОСТ 24705 – 2004 и ГОСТ 16093 – 2004). Шаг резьбы – 1 мм, номинальный внутренний диаметр внутренней резьбы $D_1 = D_{дет}^H = 28,917$ мм (таблица 1, стр. 7, ГОСТ 24705 – 2004). Для резьбы с допуском 6Н на внутренний диаметр внутренней резьбы D_1 нижнее отклонение $EID_{дет} = 0$ Верхнее отклонение $ESD_{дет} = +0,236$ (таблица А2, стр. 32, ГОСТ 16093 – 2004). Допуск $TD_{дет} = ESD_{дет} - EID_{дет} = 0,236 - 0 = 0,236$

Заготовкой является поковка $D_{заг} = \text{Ø}23,8$ мм. Допуск $TD_{заг} = 2,5$. Нижнее отклонение $EID_{заг} = -1,6$ Верхнее отклонение $ESD_{заг} = +0,9$ Заготовка обрабатывается за один технологический переход (этап) рассверливанием. Определить припуски и технологические размеры.

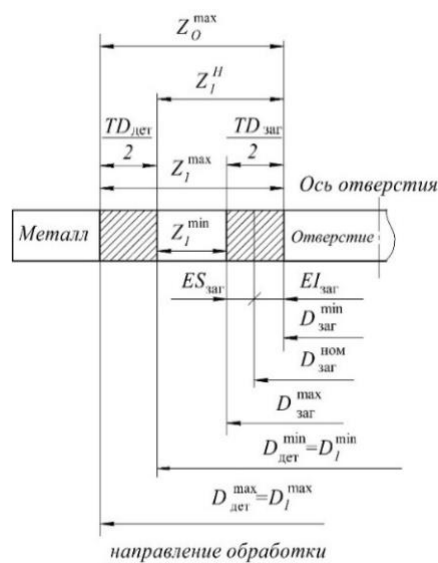


Рисунок 4.3 – Схема расчета припусков

1. Допуск на внутренний диаметр внутренней резьбы соответствует 12 качеству TD1 = 0,236.

2. Припуск удаляется за один этап

Минимальный размер детали.

$$D_{дет}^{min} = D_{дет}^H + EID_{дет} = 28,917 + 0 = 28,917 \text{ мм}$$

Максимальный размер заготовки

$$D_{заг}^{max} = D_{заг}^H + ESD_{заг} = 23,8 + 0,9 = 24,7 \text{ мм}$$

Минимальный размер заготовки

$$D_{заг}^{min} = D_{заг}^H + EID_{заг} = 23,8 - 1,6 = 22,2 \text{ мм}$$

Минимальный припуск

$$2Z_1^{min} = D_{дет}^{min} - D_{заг}^{max} = 28,917 - 24,7 = 4,217$$

3. Номинальный припуск

$$2Z_i^H = 2Z_i^{min} + TD_{i-1}, \text{ где } i - \text{ номер этапа.}$$

$$2Z_1^H = 2Z_1^{min} + TD_{заг} = 4,217 + 2,5 = 6,717 \text{ мм}$$

4. Технологические размеры по этапам

При удалении припуска за один технологический этап технологические размеры совпадают с конструкторскими, т.е. с размерами детали.

$$D_2^{max} = D_{дет}^{max} = D_{дет}^H + ESD_{дет} = 28,917 + 0,236 = 29,153 \text{ мм};$$

$$D_2^{min} = D_{дет}^{min} = D_{дет}^{max} - TD_{дет} = 29,153 - 0,236 = 28,917 \text{ мм};$$

5. Максимальные припуски по этапам

$$2Z_i^{max} = D_i^{max} - D_{i-1}^{min}. \text{ Проверка } Z_i^{max} = 2Z_i^H + TD_i$$

$$2Z_1^{max} = D_{дет}^{max} - D_{заг}^{min} = 29,153 - 22,2 = 6,953 \text{ мм.}$$

$$\text{Проверка } 2Z_1^{max} = 2Z_1^H + TD_{дет} = 6,717 + 0,236 = 6,953 \text{ мм.}$$

6. Проверка результатов расчета по предельным размерам и допуску заготовки

Размеры заготовки

$$D_{заг}^{max} = D_{дет}^{min} - 2Z_1^{min} = 28,917 - 4,217 = 24,7 \text{ мм};$$

$$D_{заг}^{\min} = D_{дет}^{\min} - 2 \sum_{i=1}^n Z_i^H = D_{дет}^{\min} - 2Z_1^H = 28,917 - 6,717 = 22,2 \text{ мм}$$

Допуск

$$TD_{заг} = D_{заг}^{\max} - D_{заг}^{\min} = 24,7 - 22,2 = 2,5 \text{ мм}$$

Поверхность 12

Наружная поверхность. Обрабатывается за один этап.

Составить схему для расчета припусков, определить промежуточные припуски и технологические размеры при обработке наружной поверхности диаметром $d_{дет} = \varnothing 125h12_{-0,4}$ мм с шероховатостью поверхности $Ra = 6,3$. Допуск $Td_{дет} = 0,4$ Нижнее отклонение $eid_{дет} = -0,40$. Верхнее отклонение $esd_{дет} = 0$. Заготовкой является поковка $d_{заг} = \varnothing 131,2_{-1,1}^{+2,1}$ мм. Допуск $Td_{заг} = 3,2$ Нижнее отклонение $eid_{заг} = -1,1$ Верхнее отклонение $esd_{заг} = +2,1$ Заготовка обрабатывается точением за один переход (этап).

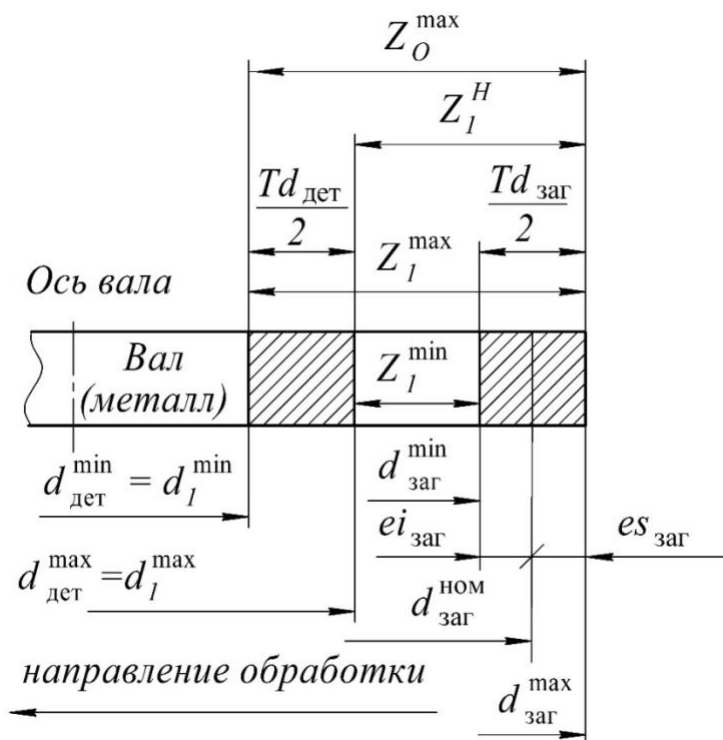


Рисунок 4.4 – Схема для расчета припуска

1. Допуски размера
 $Td_1 = 0,40$ мм
2. Припуск удаляется за один этап

Минимальный размер заготовки

$$d_{заг}^{\min} = d_{заг}^H - eid_{заг} = 131,2 - 1,1 = 130,1 \text{ мм.}$$

Максимальный размер детали

$$d_{дет}^{\max} = d_{дет}^H + esd_{дет} = 125 + 0 = 125 \text{ мм.}$$

Минимальный припуск

$$2Z_1^{\min} = d_{заг}^{\min} - d_{дет}^{\max} = 130,1 - 125 = 5,1 \text{ мм.}$$

3. Номинальный припуск

$$2Z_i^H = 2Z_i^{\min} + TD_{i-1}, \text{ где } i - \text{ номер этапа.}$$

$$2Z_1^H = 2Z_1^{\min} + Td_1 = 5,1 + 3,2 = 8,3 \text{ мм;}$$

4. Технологические размеры

Технологические размеры при удалении припуска за один этап совпадают с конструкторскими размерами, т.е. с размерами детали

$$d_1^{\min} = d_{дет}^{\min} = d_{дет}^H - eid_{дет} = 125 - 0,40 = 124,6 \text{ мм;}$$

$$d_1^{\max} = d_{дет}^{\max} = d_1^{\min} + Td_{дет} = 124,6 + 0,40 = 125 \text{ мм.}$$

5. Максимальный припуск

$$2Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min}. \text{ Проверка } Z_i^{\max} = 2Z_i^H + Td_i$$

Максимальный размер заготовки

$$d_{заг}^{\max} = d_{заг}^H + esd_{заг} = 131,2 + 2,1 = 133,3 \text{ мм.}$$

Минимальный размер заготовки

$$d_{дет}^{\min} = d_{дет}^H - eid_{дет} = 125 - 0,4 = 124,6 \text{ мм.}$$

$$2Z_i^{\max} = d_{заг}^{\max} - d_{дет}^{\min} = 133,3 - 124,6 = 8,7 \text{ мм.}$$

Проверка

$$Z_1^{\max} = 2Z_1^H + Td_1 = 8,3 + 0,4 = 8,7 \text{ мм.}$$

6. Проверка результатов расчета по предельным размерам и допуску заготовки

Размеры заготовки

$$d_{заг}^{\min} = d_{дет}^{\max} + 2Z_1^{\min} = 125 + 5,1 = 130,1 \text{ мм;}$$

$$d_{заг}^{\max} = d_{дет}^{\max} + 2 \sum_{i=1}^n Z_i^H = d_{дет}^{\max} + 2Z_1^H = 125 + 8,3 = 133,3 \text{ мм}$$

$$Td_{заг} = d_{заг}^{\max} - d_{заг}^{\min} = 133,3 - 130,1 = 3,2 \text{ мм}$$

Поверхность 14

Наружная поверхность. Обрабатывается за три этапа.

Составить схему для расчета припусков, определить промежуточные припуски и технологические размеры при обработке наружной поверхности диаметром $d_{дет} = \text{Ø}79h7_{-0,03}$ мм с шероховатостью поверхности $Ra = 3,2$. Допуск $Td_{дет} = 0,03$ Нижнее отклонение $eid_{дет} = -0,03$ Верхнее отклонение $esd_{дет} = 0$. Заготовкой является поковка $d_{заг} = \text{Ø}84,6_{-1,0}^{+1,8}$ мм. Допуск $Td_{заг} = 2,8$ Нижнее отклонение $eid_{заг} = -1,0$ Верхнее отклонение $esd_{заг} = +1,8$ Заготовка обрабатывается черновым и получистовым точением и шлифованием за три перехода (этапа).

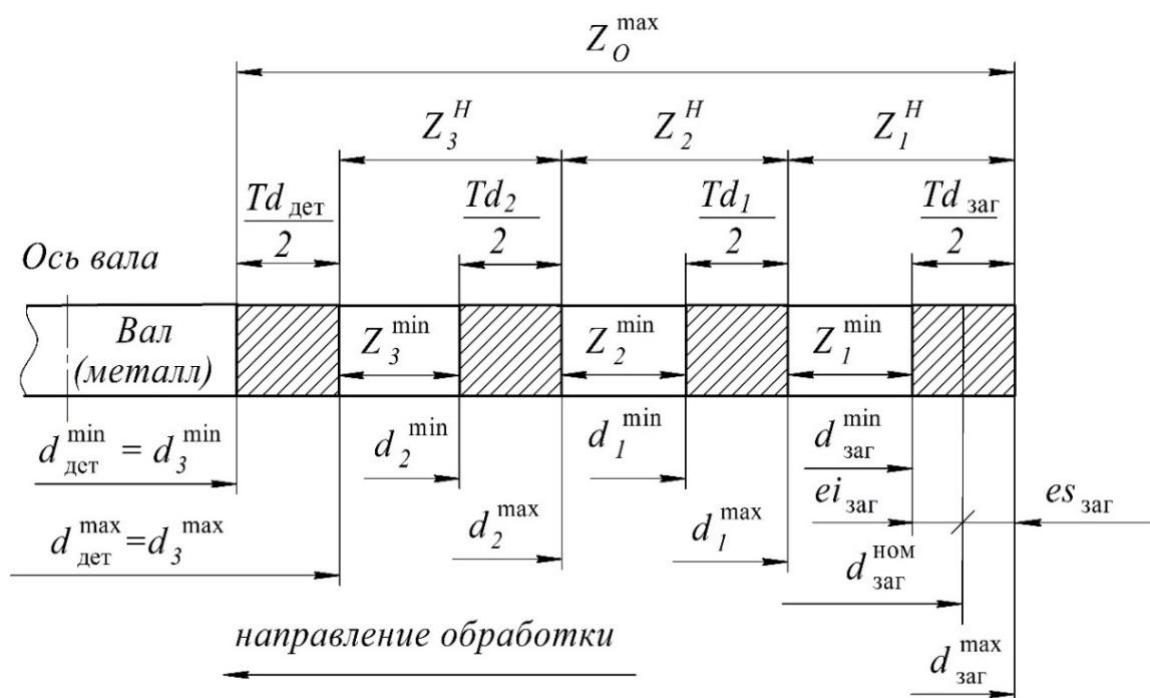


Рисунок 4.5 – Схема для расчета припуска

1. Квалитеты по этапам соответственно 12, 9, 7.
2. Допуски размеров по этапам обработки в зависимости от качества (табл.4.1), [5, стр. 170, табл. П.5.1.].

$$Td_1 = 0,30; Td_2 = 0,074; Td_3 = 0,030.$$

3. Минимальные припуски на втором и третьем этапе

$$2Z_2^{\min} = 0,74 \text{ мм}; 2Z_3^{\min} = 0,30 \text{ мм}$$

Примечание: припуски назначены увеличением допуска в 10 раз.

4. Номинальные припуски на втором и третьем этапах

$$2Z_i^H = 2Z_i^{\min} + TD_{i-1}, \text{ где } i - \text{ номер этапа.}$$

$$2Z_2^H = 2Z_2^{\min} + Td_1 = 0,74 + 0,30 = 1,04 \text{ мм};$$

$$2Z_3^H = 2Z_3^{\min} + Td_2 = 0,30 + 0,074 = 0,374 \text{ мм.}$$

5. Номинальный припуск на первом этапе

Максимальный размер детали

$$d_{дет}^{\max} = d_{дет}^H + esd_{дет} = 79 + 0 = 79 \text{ мм.}$$

Максимальный размер заготовки

$$d_{заг}^{\max} = d_{заг}^H + esd_{заг} = 84,6 + 1,8 = 86,4 \text{ мм.}$$

$$2Z_1^H = d_{заг}^{\max} - d_{дет}^{\max} - 2Z_2^H - 2Z_3^H = 86,4 - 79 - 1,04 - 0,374 = 5,986 \text{ мм,}$$

где $d_{заг}^{\max}$; $d_{дет}^{\max}$; $d_{заг}^H$; $d_{дет}^H$ – максимальные и номинальные размеры заготовки и детали; $esd_{заг}$; $esd_{дет}$ – верхние отклонения размеров заготовки и детали.

6. Минимальный припуск на первом этапе

$$2Z_1^{\min} = 2Z_1^H - Td_{заг} = 5,986 - 2,8 = 3,186 \text{ мм,}$$

где $Td_{заг}$ – допуск размера заготовки.

7. Технологические размеры по этапам

Расчет ведется от размеров детали к размерам заготовки

$$d_3^{\min} = d_{дет}^{\min} = d_{дет}^H - eid_{дет} = 79 - 0,030 = 78,970 \text{ мм};$$

$$d_3^{\max} = d_{дет}^{\max} = d_3^{\min} + Td_{дет} = 78,970 + 0,030 = 79 \text{ мм};$$

$$d_2^{\min} = d_3^{\max} + 2Z_3^{\min} = 79 + 0,30 = 79,3 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} = d_2^{\min} + Td_2 = 79,3 + 0,074 = 79,374 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = d_2^{\max} + 2Z_2^{\min} = 79,374 + 0,74 = 80,114 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = d_1^{\min} + Td_1 = 80,114 + 0,3 = 80,414 \text{ мм.}$$

8. Максимальные припуски по этапам

$$2Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min}. \text{ Проверка } 2Z_i^{\max} = 2Z_i^H + Td_i.$$

$$\text{Третий этап } 2Z_3^{\max} = d_2^{\max} - d_3^{\min} = 79,374 - 78,970 = 0,404 \text{ мм}$$

$$\text{Проверка } 2Z_3^{\max} = 2Z_3^H + Td_3 = 0,374 + 0,030 = 0,404$$

$$\text{Второй этап } 2Z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\min} = 80,414 - 79,3 = 1,114 \text{ мм};$$

$$\text{Проверка } 2Z_2^{\max} = 2Z_2^H + Td_2 = 1,04 + 0,074 = 1,114 \text{ мм};$$

$$\text{Первый этап } 2Z_1^{\max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_1^{\min} = 86,4 - 80,114 = 6,286 \text{ мм};$$

$$\text{Проверка } 2Z_1^{\max} = 2Z_1^H + Td_1 = 5,986 + 0,3 = 6,286 \text{ мм.}$$

9. Проверка результатов расчета по предельным размерам и допуску заготовки

Размеры заготовки

$$d_{\text{заг}}^{\min} = d_1^{\max} + 2Z_1^{\min} = 80,414 + 3,186 = 83,6 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}}^{\max} = d_{\text{дем}}^{\max} + 2\sum_{i=1}^n Z_i^H = d_{\text{дем}}^{\max} + 2Z_1^H + 2Z_2^H + 2Z_3^H = 79 + 5,986 + 1,04 + 0,374 = 86,4 \text{ мм}$$

Допуск

$$Td_{\text{заг}} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{заг}}^{\min} = 86,4 - 83,6 = 2,8 \text{ мм}$$

Поверхность 18

Наружная поверхность. Обрабатывается за два этапа.

Составить схему для расчета припусков, определить промежуточные припуски и технологические размеры при обработке наружной поверхности диаметром $d_{\text{дем}} = \text{Ø}50h9_{(-0,062)}$ мм. Допуск $Td_{\text{дем}} = 0,062$ мм. Нижнее отклонение $eid_{\text{дем}} = -0,062$. Верхнее отклонение $esd_{\text{дем}} = 0$. Заготовкой является поковка $d_{\text{заг}} = \text{Ø}55,6_{-1,0}^{+1,8}$ мм. Допуск $Td_{\text{заг}} = 2,8$. Нижнее отклонение $eid_{\text{дем}} = -1,0$. Верхнее отклонение $esd_{\text{дем}} = 1,8$. Заготовка обрабатывается черновым и чистовым точением за два перехода (этапа).

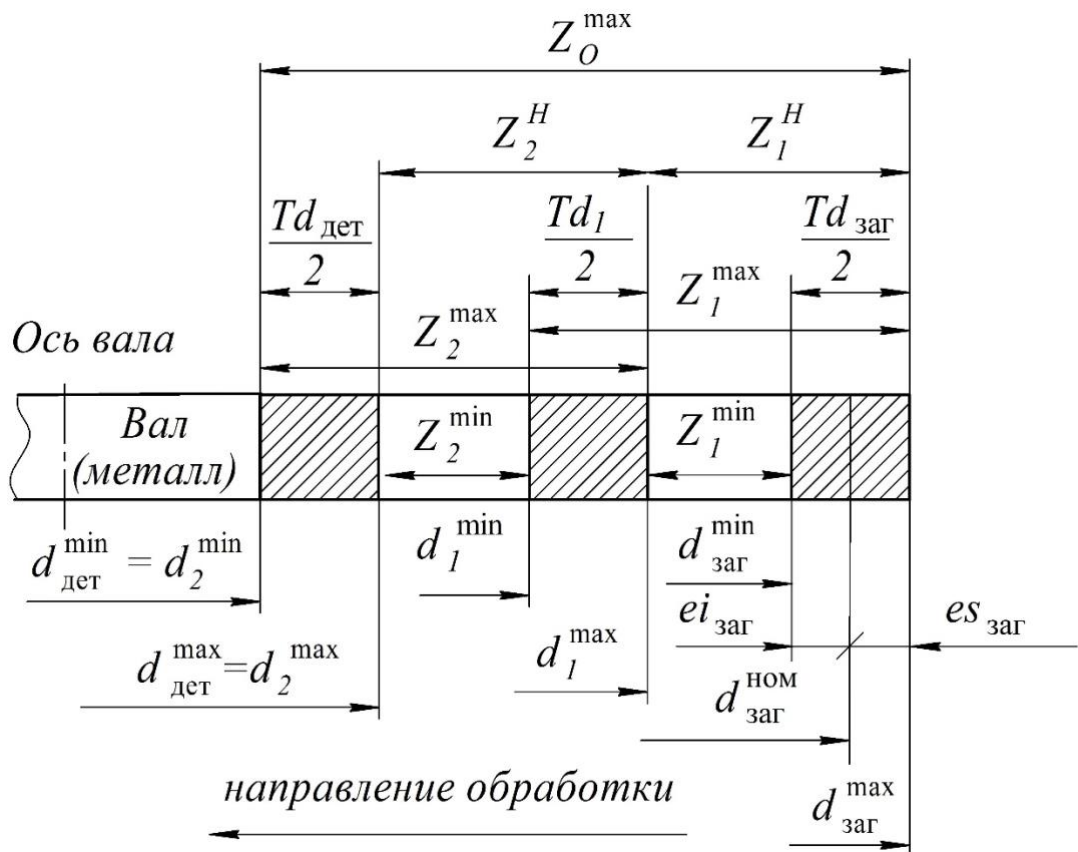


Рисунок 4.6 – Схема для расчета припусков

1. Квалитеты по этапам соответственно 12 и 9.
2. Допуски размеров по этапам обработки в зависимости от квалитета (табл. 4.1), [5, стр. 170, табл. П.5.1].

$$Td_1 = 0,25 ; Td_2 = 0,062$$

3. Минимальный припуск на втором этапе

$$2Z_2^{min} = 0,62 \text{ мм}$$

Примечание: припуски назначены увеличением допуска в 10 раз

4. Номинальный припуск на втором этапе

$$2Z_2^H = 2Z_2^{min} + Td_1 = 0,62 + 0,25 = 0,87 \text{ мм};$$

5. Номинальный припуск на первом этапе

Максимальный размер детали

$$d_{дет}^{max} = d_{дет}^H + es_{дет} = 50 + 0 = 50 \text{ мм.}$$

Максимальный размер заготовки

$$d_{заг}^{max} = d_{заг}^H + es_{заг} = 55,6 + 1,8 = 57,4 \text{ мм.}$$

$$2Z_1^H = d_{заг}^{\max} - d_{дет}^{\max} - 2Z_2^H = 57,4 - 50 - 0,87 = 6,53 \text{ мм},$$

где $d_{заг}^{\max}$; $d_{дет}^{\max}$; $d_{заг}^H$; $d_{дет}^H$ – максимальные и номинальные размеры заготовки и детали; $esd_{заг}$; $esd_{дет}$ – верхние отклонения размеров заготовки и детали.

6. Минимальный припуск на первом этапе

$$2Z_1^{\min} = 2Z_1^H - Td_{заг} = 6,53 - 2,8 = 3,73 \text{ мм},$$

где $Td_{заг}$ – допуск размера заготовки.

7. Технологические размеры по этапам

Расчет ведется от размеров детали к размерам заготовки

$$d_2^{\min} = d_{дет}^{\min} = d_{дет}^H - eid_{дет} = 50 - 0,062 = 49,938 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} = d_{дет}^{\max} = d_2^{\min} + Td_{дет} = 49,938 + 0,062 = 50 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = d_2^{\max} + 2Z_2^{\min} = 50 + 0,62 = 50,62 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = d_2^{\min} + Td_1 = 50,62 + 0,25 = 50,87 \text{ мм}.$$

8. Максимальные припуски по этапам

$$2Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min}. \text{ Проверка } 2Z_i^{\max} = 2Z_i^H + Td_i.$$

$$\text{Второй этап } 2Z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\min} = 50,87 - 49,938 = 0,932 \text{ мм};$$

$$\text{Проверка } 2Z_2^{\max} = 2Z_2^H + Td_{дет} = 0,87 + 0,062 = 0,932 \text{ мм};$$

$$\text{Первый этап } 2Z_1^{\max} = d_{заг}^{\max} - d_1^{\min} = 57,4 - 50,62 = 6,78 \text{ мм};$$

$$\text{Проверка } 2Z_1^{\max} = 2Z_1^H + Td_1 = 6,53 + 0,25 = 6,78 \text{ мм}.$$

9. Проверка результатов расчета по предельным размерам и допуску

заготовки

Размеры заготовки

$$d_{заг}^{\min} = d_1^{\max} + 2Z_1^{\min} = 50,87 + 3,73 = 54,6 \text{ мм}$$

$$d_{заг}^{\max} = d_{дет}^{\max} + 2 \sum_{i=1}^n Z_i^H = d_{дет}^{\max} + 2Z_1^H + 2Z_2^H = 50 + 6,53 + 0,87 = 57,4 \text{ мм}$$

Допуск

$$Td_{заг} = d_{заг}^{\max} - d_{заг}^{\min} = 57,4 - 54,6 = 2,8 \text{ мм}$$

Результаты расчета припусков представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты расчета припусков

Номер поверхности, тип	Номинальный размер детали	Номинальный размер заготовки	№ этапа, перехода	Содержание перехода	Квалитет	Допуск	Номинальный припуск	Минимальный припуск	Максимальный припуск	Минимальный размер	Максимальный размер
2 внутренняя	40	34	0	Заготовка	-	2,8	-	-	-	32,2	35
			1	Сверлить отверстие	12	0,25	6,618	3,818	3,868	38,818	39,068
			2	Расточить предварительно	9	0,062	0,87	0,62	0,932	39,688	39,75
			3	Шлифовать отверстие	7	0,025	0,312	0,25	0,337	40	40,025
12 наружная	125	131,2	0	Заготовка	-	3,2	-	-	-	124,6	133,3
			1	Точить предварительно	12	0,4	8,3	5,1	8,7	124,6	125
14 наружная	79	84,6	0	Заготовка	-	2,8	-	-	-	83,6	86,4
			1	Точить предварительно	12	0,3	5,986	3,186	6,286	80,114	80,414
			2	Точить окончательно	9	0,074	1,04	0,74	1,114	79,3	79,374
			3	Шлифовать	7	0,030	0,374	0,3	0,404	78,97	79
18 наружная	79	84,6	0	Заготовка	-	2,8	-	-	-	54,6	57,4
			1	Точить предварительно	12	0,25	6,53	3,73	6,78	49,938	50
			2	Точить окончательно	9	0,062	0,87	0,62	0,932	50,62	50,87

Библиографический список

1. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартами, 1990. – 52 с.
2. ГОСТ 3.1702-79 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1982. – 21 с.
3. ГОСТ 3.1107-81 Опоры, зажимы и установочные устройства. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1982. – 8 с.
4. ГОСТ 7.32-2001 Отчет о научно-исследовательской работе. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 21 с.
5. Галкин М. Г., Коновалова И. В., Ашихмин В. Н., Смагин А. С. Проектирование механической обработки деталей типа тел вращения: учебное пособие / М. Г. Галкин, И. В. Коновалова, В. Н. Ашихмин, А. С. Смагин. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 264 с.