

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
(ЛФ ПНИПУ)

Кафедра Технических дисциплин

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология кузнечно-штамповочного производства»

основной профессиональной образовательной программы

высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации и выполнению курсового проекта

Лысьва 2025 г.

Составитель Т.В. Пашкина

При составлении Методических указаний по организации выполнения курсового проекта по дисциплине Технология кузнечно-штамповочного производства по направлению 22.03.02 «Металлургия» всех форм обучения за основу приняты Методические указания к домашнему заданию по курсу «технология и автоматизацияковки». - М: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный индустриальный университет, 2006. - 39.

Протокол заседания кафедры ТД от «01» сентября 2025 г, протокол № 1.

Содержание

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	4
1 СОСТАВЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ.....	5
1.1 Назначение основных и дополнительных припусков и допусков на диаметры	5
1.2 Назначение припусков и предельных отклонений на размеры по длине	5
1.3 Проверка возможности выполнения уступов и выемок.	6
1.4 Окончательное уточнение размеров поковки и составление ее чертежа.....	10
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ И РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ.....	11
2.1 Расчет массы поковки.....	11
2.2 Расчет массы исходной заготовки	11
2.3 Выбор слитка и предварительный расчет баланса металла.....	13
3 НАЗНАЧЕНИЕ УКОВА	15
4 НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ СЛИТКА	17
5 ВЫБОР КУЗНЕЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	21
6 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ, ИНСТРУМЕНТА	24
7 УТОЧНЕНИЕ БАЛАНСА МЕТАЛЛА, КОЭФФИЦИЕНТОВ ТОЧНОСТИ ЗАГОТОВКИ И КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА МЕТАЛЛА	32
Список используемых источников	
Приложение А	
Исходные данные	35
Приложение Б	
Время нагрева заготовок и слитков.....	37
Приложение В	
ПРИМЕР РАСЧЕТА.....	45

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Тема:

Разработка технологического процессаковки детали Вал ступенчатый

Исходные данные для разработки приведены в Приложении 1.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

ВВЕДЕНИЕ

1 СОСТАВЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ

1.1 Назначение основных и дополнительных припусков и допусков на диаметры

1.2 Назначение припусков и предельных отклонений на размеры по длине

1.3 Проверка возможности выполнения уступов и выемок

1.4 Окончательное уточнение размеров поковки и составление ее чертежа

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ И РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ

2.1 Расчет массы поковки

2.2 Расчет массы исходной заготовки

2.3 Выбор слитка и предварительный расчет баланса металла

3 НАЗНАЧЕНИЕ УКОВА

4 НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ СЛИТКА

5 ВЫБОР КУЗНЕЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

6 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ, ИНСТРУМЕНТА

7 УТОЧНЕНИЕ БАЛАНСА МЕТАЛЛА, КОЭФФИЦИЕНТОВ ТОЧНОСТИ ЗАГОТОВКИ И КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА МЕТАЛЛА

8 МЕРОПРИЯТИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА КУЗНЕЧНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Список используемых источников

Объем пояснительной записки курсового проекта составляет 15-20 листов формата А4. Текст пояснительной записки печатается на одной стороне нелинованной бумаги формата А4, шрифтом TimesNewRoman, размер шрифта не менее 12 пт, через 1,5-интервал, поля: левое – 3,0 см, правое – 1,5 см, верхнее и нижнее – 2,0 см.

Пояснительная записка оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

Графическая часть курсового проекта содержит:

- чертеж детали;
- чертеж поковки в соответствии с ГОСТ 7062-79;
- технологическая операционная картаковки.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КОВКИ ВАЛА С УСТУПАМИ

1 СОСТАВЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ

1.1 Назначение основных и дополнительных припусков и допусков на диаметры

Основные припуски δ и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$ выбирают по табл. 2 ГОСТ 7062-90 в зависимости от общей длины детали на каждый конкретный диаметр.

Дополнительные припуски на диаметры всех сечений, кроме основного, выбирают по табл.4 ГОСТ 7062-90 в зависимости от разности диаметров основного и рассматриваемого сечения детали. Для валов с одним или двумя уступами и валов с выемкой при выборе основного сечения следует руководствоваться п.12.4 ГОСТ 7062-90 и табл. 1 ГОСТ 7062-90.

Для валов, имеющих более двух уступов или сочетание уступов и выемок, основным считается сечение максимального диаметра.

Данные расчетов диаметров поковки сводим в таблицу 1.

Допускается расчетные номинальные размеры поволовок округлять до чисел, оканчивающихся на 5 или 0. Номинальные размеры округляют в меньшую сторону, если они оканчиваются на 1, 2, 6 и 7 и в большую сторону, если они оканчиваются на 3, 4, 8 и 9.

Таблица 1 – Расчет припусков и отклонений на диаметры поковки

Диаметр детали, мм	$\delta \pm \frac{\Delta}{2}$, мм	$D_{\text{осн}} - D$, мм	Дополнительный припуск	Диаметр поковки, мм	
				расчетный	округленный

1.2 Назначение припусков и предельных отклонений на размеры по длине

Припуски и предельные отклонения на общую длину и размеры от единой базы до выступов и уступов выбирают в соответствии с черт. 6 ГОСТ 7062-90 или рисунком 1.

За базу выбирают торец выступа наибольшего сечения, не являющегося торцом поковки.

Отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$ на длину выемки не выбирают. Фактический размер выемки должен обеспечить получение годной детали.

Допускается простановка размеров поковки, отличающаяся от указанной на черт. 6 ГОСТ 7062-90

Данные расчетов длин поковки сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет припусков на длину поковки

Длина элементов детали, мм	Припуск, мм	Предварительная длина элемента поковки, мм

После назначения основных и дополнительных припусков на диаметр и припусков на длину составляем расчетный чертеж поковки (рис.1).

Чертеж поковки разрабатывается на основе чертежа детали.

Контур детали выполняется сплошной тонкой линией, контур поковки – основной.

Указываем линейные размеры буртов, уступов, выступов, выемок и фланцев после назначения на них припусков. Наносим размерные линии поковки. В скобках под размерными линиями указываем номинальные размеры готовой детали.

1.3 Проверка возможности выполнения уступов и выемок.

Минимальные размеры высот и длин уступов и выемок поволоков приведены соответственно в табл.5 и 6 ГОСТ 7062-90. При этом нужно также руководствоваться следующими указаниями:

1. Промежуточные уступы l_2 , l_6 и т.п. (см. рис.2) выполняются при условии, если их длина равна или более 0,5 значений, полученных по табл.6 ГОСТ 7062-90.

2. Если уступ l_2 имеющийся на детали (см.рис.2), на поковке не выполняется, то для определения значения соседнего уступа l_1 в расчет не принимается суммарная высота уступов детали $h_1 + h_2$.

Если уступ l_1 (см.рис.2) на поковке не выполняется, то для определения значения соседнего уступа h_2 в расчет принимается только высота уступа и т.д.

3. При высоте уступа h_1 , h_2 , h_5 , h_6 или выемки h_3 , h_4 менее 40 мм минимально допустимую длину, определяемую по табл.6 ГОСТ 7062-90, увеличивают на 25%.

4. При определении выполняемости выемки по табл.6 ГОСТ 7062-90 берется наименьший диаметр D_3 или D_5 , примыкающий к выемке.

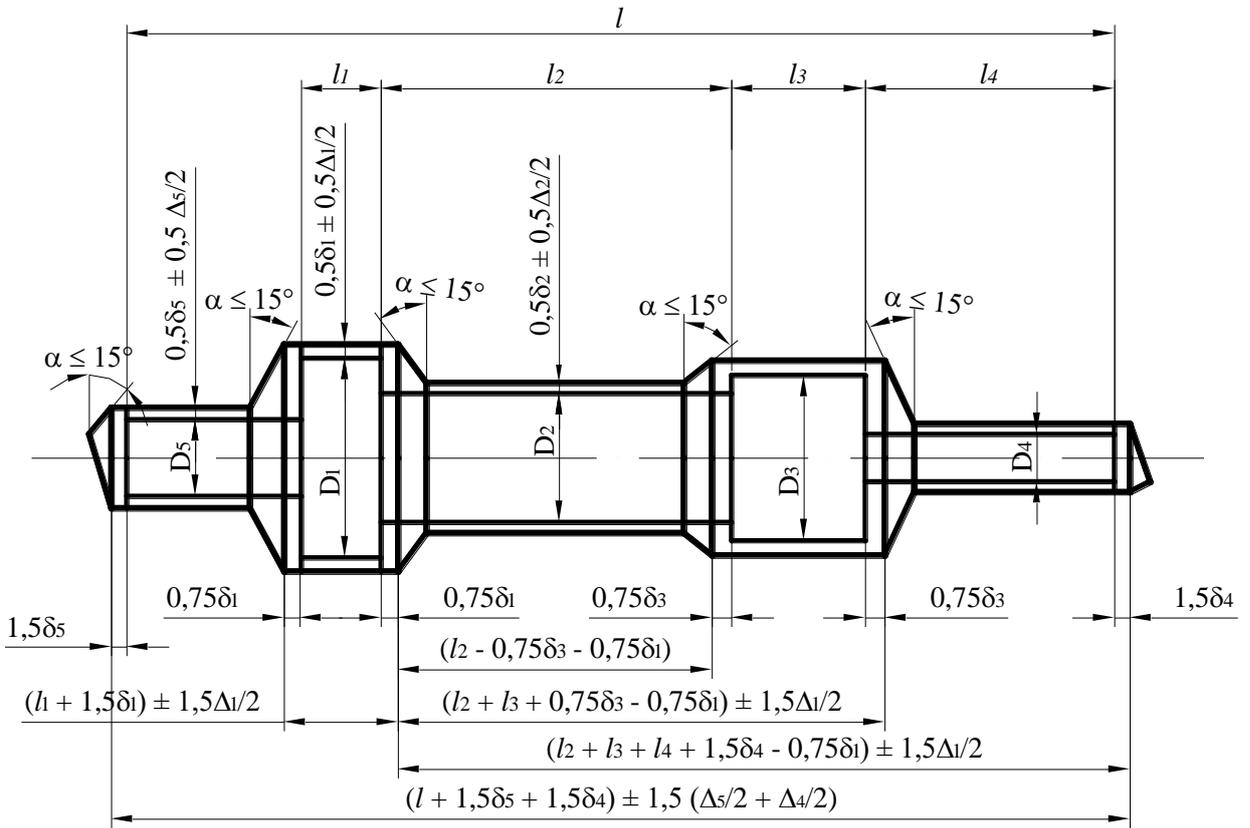


Рисунок 1

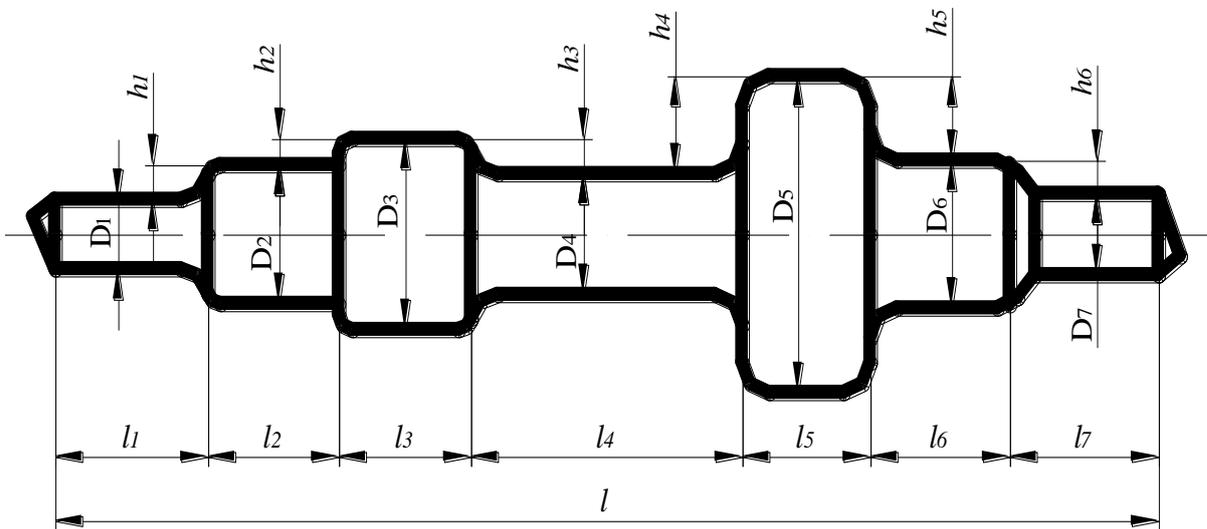


Рисунок 2

Проверка возможности выполнения буртов и фланцев. Бурты и фланцы на поковках выполняются в соответствии с рис.4 и табл.7 ГОСТ 7062-90. При этом необходимо также руководствоваться следующими указаниями:

1. Если длина бурта, определяемая с учетом припусков и указанная в расчетном чертеже поковки, будет меньше значений, полученных по табл.7 ГОСТ 7062-90, то она увеличивается до размеров, определенных по табл.7.

2. Минимальная поковочная длина фланцев (т.е. концевых участков вала; увеличенного диаметра, у которого длина $l \leq 0,3D$, где D – диаметр фланца) должна быть на 50% больше, чем минимальная длина буртов, определенных по табл.7 ГОСТ 7062-90.

3. Разницу в длинах между значениями, определенными по табл.7 ГОСТ 7062-90 и указанными в расчетном чертеже поковки, прибавляет у фланцев со стороны уступа, а у буртов со стороны уступа большего диаметра.

4. В случае, если прибавление указанной в п.3 разницы со стороны уступа большего диаметра приводит к невозможности выполнения уступа или выемки, то со стороны уступа большего диаметра прибавляется та часть разницы в длине, которая не препятствует образованию выемки или уступа.

5. При увеличении длины фланца или бурта согласно п.1 значение отрицательного отклонения на этой длине должно быть соответственно увеличено.

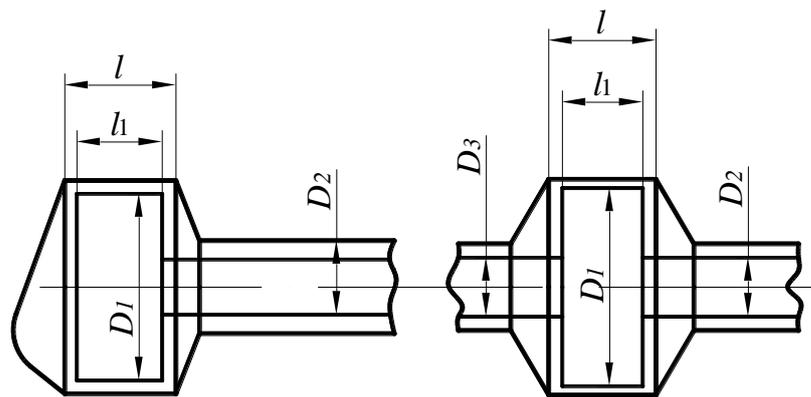


Рисунок 3

Чтобы пояснить проверку возможности выполнения буртов и фланцев, которая может встретиться при выполнении различных вариантов задания, приведены дополнительные примеры. На рис.4 показан пример определения возможности выполнения бурта, а на рис.5 – пример возможности выполнения поковки фланца.

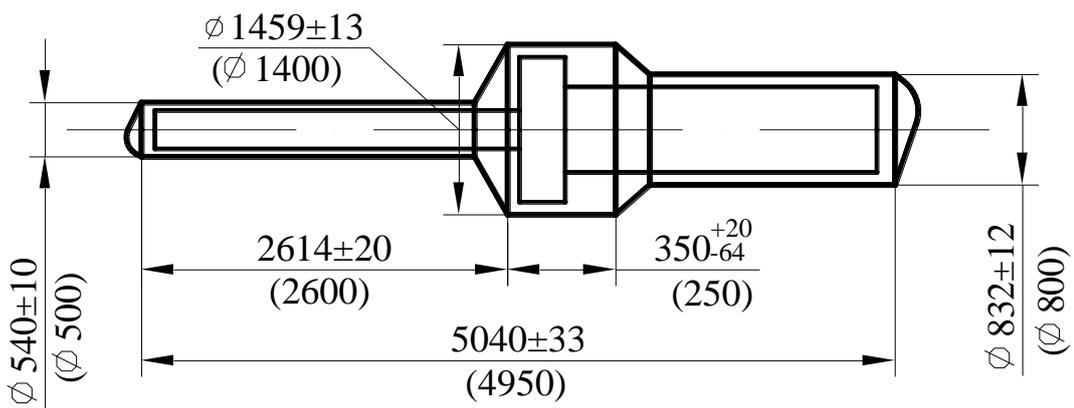
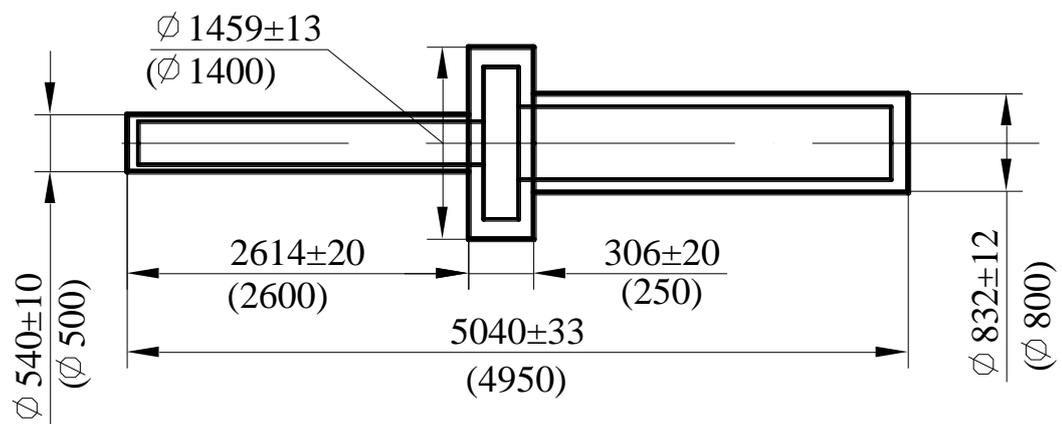


Рисунок 4

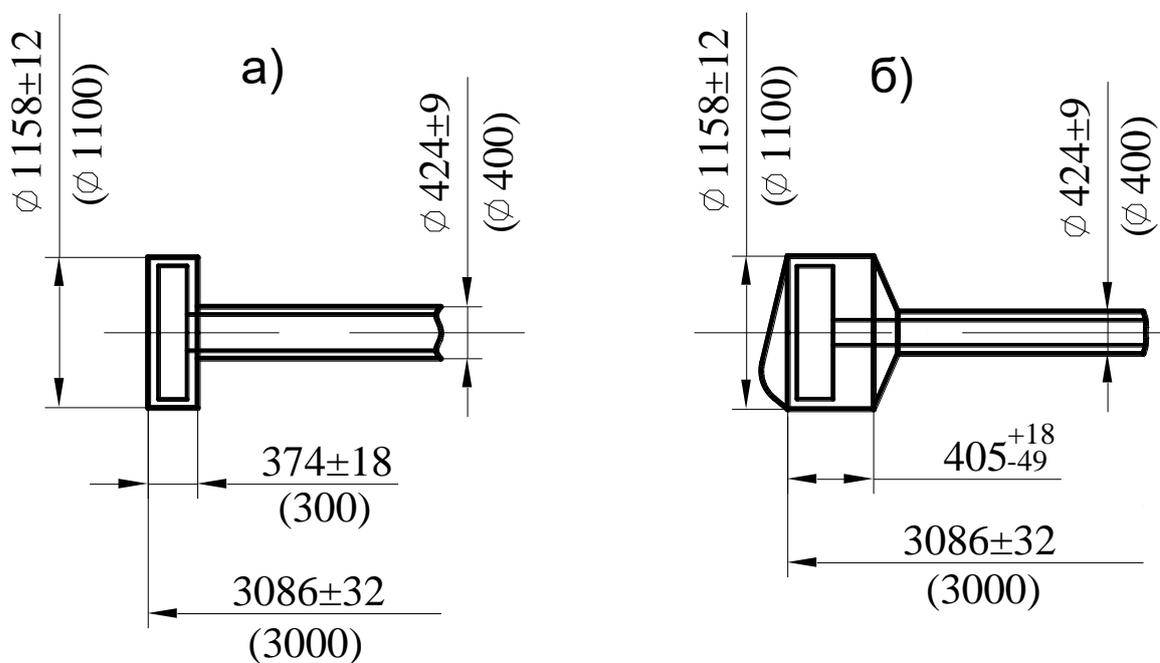


Рисунок 5

Уточняем данные расчетов размеров поковки по длине от единой базы и сводим в таблицу 3.

Таблица 3

Размер элемента длины детали, мм	Припуск и допуск, мм	Длина элементов поковки, мм	
		расчетная	округленная

1.4 Окончательное уточнение размеров поковки и составление ее чертежа

После проверки выполнимости элементов поковки разрабатываем окончательный чертеж поковки сплошного вала с уступами. Данные расчетов размеров поковки по длине проставляем от единой базы (см. рисунок 6).

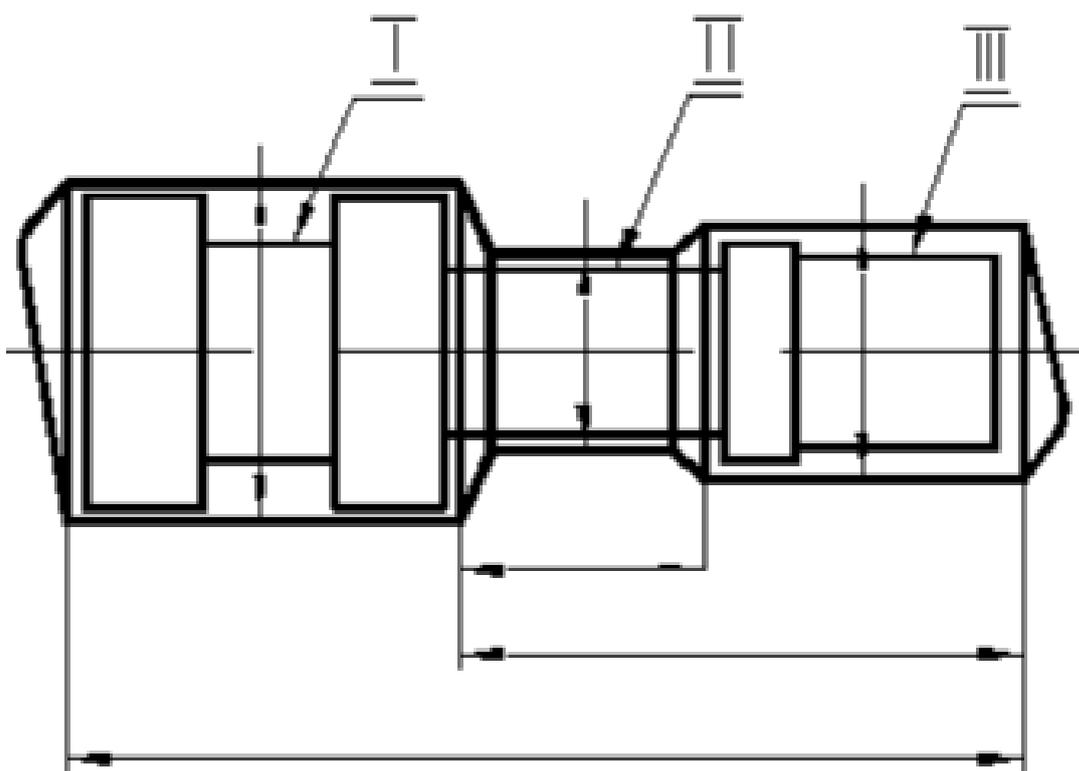


Рисунок 6

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ И РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ

2.1 Расчет массы поковки

Объем поковки определяют как сумму объемов отдельных ее частей (представляющих собой простые геометрические фигуры) по номинальным поковочным размерам. Умножение объема поковки на плотность металла дает массу поковки. Объемы поковок, изготавливаемых под прессами, удобно определять в кубических дециметрах.

При расчете массы поковки необходимо учитывать объем металла в галтелях - P_r при переходе одного сечения в другое, а также массу напусков на скосах после рубки - P_c .

Масса напуска P_r (в кг) на скосах между уступами (галтели)

$$P_r = 0,18(D_{1п} - D_{2п})^2 (D_{1п} + 2D_{2п}), \quad (1)$$

где $D_{1п}$ и $D_{2п}$ – диаметры смежных участков поковки, дм;

$$D_{1п} > D_{2п}.$$

Масса напуска P_c (в кг) на скосах после рубки (с одной стороны поковки)

$$P_c = 0,28D_{п}^3, \quad (2)$$

где $D_{п}$ – диаметр поковки, дм;

Масса поковки:

$$G_{пок} = (V_I + V_{II} + \dots V_n) \rho + P_{r(I-II)} + P_{r(II-III)} + \dots P_{rn} + P_{c(I)} + P_{c(n)}, \text{ кг}$$

где V_n - объем элементов поковки, дм³

$\rho = 7,85 \text{ кг/дм}^3$ – плотность стали.

2.2 Расчет массы исходной заготовки

Отходы на угар $G_{уг}$.

При нагреве холодных слитков или заготовок (с температурой посадки в печь ниже 650°C) из углеродистой или среднелегированной стали до температур 1200–1250°C потери металла от угара в среднем составляют 2–2,5% от нагреваемой массы. При каждом подогреве отход на угар составляет 1,5%. Для расчета потерь на угар в общем случае необходимо знать количество подогревов заготовки в процессековки. Размеры поковок в различных вариантах задания в основном выбраны таким образом, что для осуществления технологического процессаковки достаточен один нагрев с подогревом перед операциейосадки. Потеря на угар в задании определяются как

$$G_{уг} = 0,035G_{заг}.$$

Отходы на прибыльную часть $G_{\text{приб}}$.

Для слитков, отливаемых сверху с утепленной надставкой, масса прибыльной части составляет 18–25% от массы слитка для конструкционной углеродистой стали и 25–30% от массы слитка для конструкционной легированной стали.

При использовании сортамента восьмигранных нормальных слитков НКМЗ [2] можно принять

$$G_{\text{приб}} = 0,2G_{\text{заг}}.$$

Отходы на донную часть $G_{\text{дон}}$.

Масса донной части слитка составляет для углеродистой стали 3–7% от массы слитка, для легированной – 7–10%.

При использовании сортамента восьмигранных нормальных слитков НКМЗ [2] можно принять

$$G_{\text{дон}} = 0,05G_{\text{заг}}.$$

Отходы на обрубку $G_{\text{обр}}$.

При ковке на прессах отходы на концевые обрубки могут быть подсчитаны по формуле

$$G_{\text{обр}} = 0,21D_{\text{пок}}^3 \rho,$$

где $D_{\text{пок}}$ – диаметр концевой части поковки, с которой производится рубка, дм;

Отходы на выдру $G_{\text{в}}$

должны учитываться только при ковке поковок, подвергаемых операциями прошивки.

$G_{\text{г.ос}}$ – масса годного остатка, которая при расчете требуемой массы заготовки не учитывается и является разностью между фактической массой корпуса слитка, обрабатываемого при ковке, и расчетной массой корпуса слитка, необходимого для получения поковки с учетом отходов на обрубку.

Таким образом, при ковке сплошного вала с уступами можно принять

$$\begin{aligned} G_{\text{отх}} &= 0,035G_{\text{заг}} + 0,2G_{\text{заг}} + 0,05G_{\text{заг}} + G_{\text{обр}} = \\ &= 0,285G_{\text{заг}} + G_{\text{обр}}; \end{aligned}$$

Тогда масса исходной заготовки будет определяться как

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{пок}} + 0,285G_{\text{заг}} + G_{\text{обр}};$$

$G_{\text{пок}}$ – определена ранее п.2.1;

После преобразований масса исходной заготовки

$$G_{заг} = \frac{G_{пок} + G_{обр}}{0,715}, кг.$$

2.3 Выбор слитка и предварительный расчет баланса металла

По сортаменту восьмигранных нормальных слитков НКМЗ [2] Таблица 4 рисунок 7 выбираем слиток ближайший к расчетной массе заготовки. Выписываем все размеры слитка.

Масса, кг				Размеры, мм						
Слиток	Тело слитка	Поддон	Прибыль	C ₁	C	H	h	H ₁	d ₁	d _H

Выполняем чертеж слитка и проставляем на нем размеры (рис.7).

Рассчитываем массу годного остатка $G_{г.ост.}$.

При этом следует учесть потери на угар в корпусе слитка $G_{уг.к.}$, равные

$$G_{уг.к.} = 0,035 G_{к.сл.}, кг,$$

где $G_{к.сл.}$ – масса корпуса (тела) слитка по Таблице 4.

Тогда масса годного остатка

$$G_{г.ост.} = G_{к.сл.} - G_{уг.к.} - (G_{пок} + G_{обр}), кг.$$

Рассчитываем общие потери от угара с учетом того, что после билети-ровки слитка следует рубка донной части и при подогреве перед осадкой заготовка будет подогреваться без донной части:

$$G_{уг} = G_{сл.} \cdot 0,02 + (G_{сл.} - G_{дон}) \cdot 0,015, кг.$$

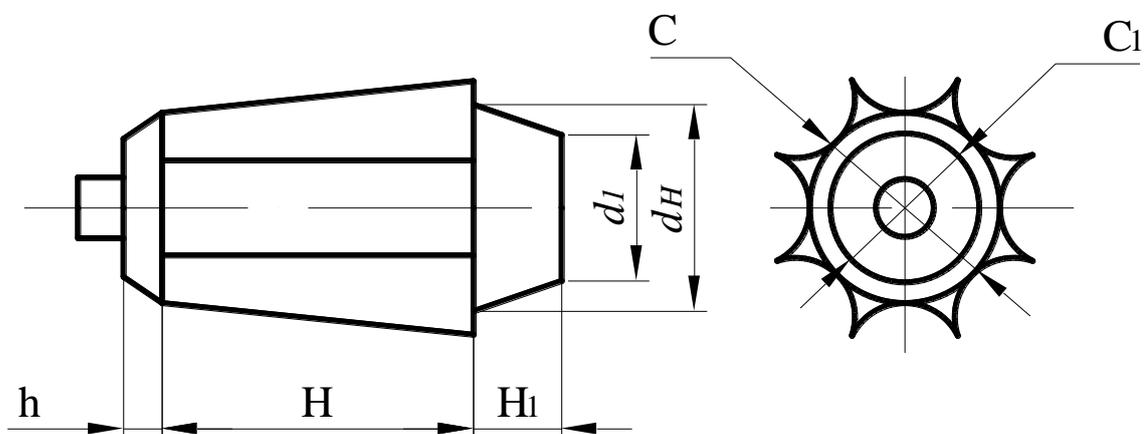


Рисунок 7

Таблица 4 – Сортамент восьмигранных нормальных слитков НКМЗ им В.И.Ленина

Масса, кг				Размеры, мм						
Слиток	Тело слитка	Поддон	Прибыль	C ₁	C	H	h	H ₁	d ₁	d _H
3000	2350	130	520	510	518	1280	130	435	454	548
5000	3870	200	930	618	618	1450	170	490	554	655
7000	5470	220	1310	695	750	1070	170	530	530	740
9700	7400	250	2050	818	875	1710	170	640	725	858
11200	8700	400	2110	818	876	1920	190	640	726	858
13300	10400	450	2450	864	924	2080	190	680	764	904
15900	12400	500	3000	924	988	2200	190	710	822	968
19500	15100	700	3700	980	1048	2375	240	765	872	1028
23150	18100	700	4250	1052	1122	2470	240	780	942	1102
27600	21600	800	5200	1116	1192	2635	240	815	1006	1172
31750	24700	1050	6000	1166	1245	2750	270	850	1054	1226
35950	28400	1150	6400	1224	1307	2750	270	885	1106	1295
42150	33200	1200	7750	1294	1383	2940	270	915	1174	1360
52450	40900	1950	9600	1388	1488	3210	340	965	1270	1466
62850	49400	2150	11300	1478	1587	3430	340	1020	1352	1560
79190	60400	2300	13490	1574	1086	3675	340	1070	1445	1644
87600	68200	3150	16250	1670	1790	3720	390	1080	1548	1785
119400	94300	3500	27600	1852	1984	4155	390	1220	1712	1958
145000	113700	4700	26600	1964	2100	4440	475	1300	1812	2074
170600	134800	5000	30800	2078	2226	4700	475	1355	1926	2200

Составляем баланс металла и сводим в таблицу 5

Таблица 5 – Баланс металла

Составляющая	Масса, кг	Масса, %
Слиток		100
Поковка		
Годный остаток		
Прибыль		
Донная часть		
Концевые обрубки		
Угар в корпусе слитка		
<i>Общий угар</i>		

3 НАЗНАЧЕНИЕ УКОВА

Проработка структуры слитка при протяжке зависит от ее исходного состояния и укова y , равного отношению первоначальной площади поперечного сечения к конечной площади. В свою очередь, исходная структура слитка зависит от его массы. При изменении массы слитка от 1 до 200 т из углеродистой и среднелегированной стали достаточный уков меняется в пределах от 2,5 до 3,75. В среднем можно принимать $y = 3$

Общий уков $y = y_б \cdot y_1 \cdot y_2 \cdot \dots \cdot y_n$,

где $y_б$ – уков при биллетировке;

$y_1 \dots y_n$ – уковы на отдельных переходах протяжки, рекомендуемый уков при протяжке $y_{пр} = 2$.

При биллетировке слитков нормальной формы уков биллетировки $y_б = 1,1 \div 1,2$. В среднем можно принять $y_б = 1,15$.

Рассмотрим, каким образом заданный уков y может быть обеспечен с учетом различных соотношений максимального диаметра поковки $D_{пок.мах}$ и диаметра слитка после биллетирования $D_б$.

Уков от протяжки на максимальный диаметр поковки

$$y = y_б \cdot y_{пр},$$

где $y_{пр}$ – уков при протяжке биллета на максимальный диаметр поковки.

Проверяем выполнение условия:

если $y_{пр} \geq y / y_б$, то ковка ведется без операции осадки.

если $y_{пр} < y / y_б$, то операция осадки необходима.

Обычно оказывается, что $y_{пр} < y / y_б$ и операция осадки необходима.

В практике встречаются случаи, когда одной осадки будет недостаточно для обеспечения данного укова в максимальном сечении поковки. Это связано с тем, что выполнять осадку со степенью деформации $\varepsilon_h > 0,7$ не рекомендуется, так как усилие осадки при этом резко возрастает и, кроме того, появляются сложности при последующей протяжке, так как осаженная заготовка имеет малую высоту (длину) при большом диаметре.

Определим, какой максимальный относительный диаметр $\bar{D}_м = \frac{D_{п\max}}{D_б}$

можно получить, используя одну осадку (где $D_{п\max}$ – диаметр поковки максимальный, $D_б$ – диаметр биллета).

Для этого выразим степень деформации ε_h при осадке через диаметры поковки и биллета:

$$\varepsilon_h = \frac{H_6 - H_{oc}}{H_6}, \quad \varepsilon_h = 1 - \frac{D_6^2}{D_{oc}^2}$$

$$\frac{D_{п\max}}{D_{oc}} \leq \sqrt{\frac{y_6}{(1 - \varepsilon_h)y}}$$

В нашем случае при принятых $y = 3$; $y_6 = 1,15$; $\varepsilon_h = 0,7$ имеем максимальный относительный диаметр $\bar{D}_M \leq 1,109$.

Проверяем условия:

если $\bar{D}_M = \frac{D_{п\max}}{D_6} < 1,109$, то необходима одна осадка.

если $\bar{D}_M > 1,109$, следует выполнить две или более осадок.

Если количество осадок более одной, то вначале выполняется осадка со степенью деформации $\varepsilon_h = 0,5$ и последующая протяжка на первоначальную длину биллета (что обеспечивает $y_1 = 2$); затем выполняется вторая осадка.

Если количество осадок более одной, то рассчитываем n – количество осадок, кроме последней:

$$n = 1 + \frac{2 \ln \left(\frac{D_{п\max}}{D_6} \right) + \ln y + \ln (1 - \varepsilon_h) - \ln y_6}{\ln y_1}$$

где $y_1 = 2$ - уков, полученный при протяжке после каждой осадки, кроме последней;

4 НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ СЛИТКА

При ковке валов из слитков с осадкой используется как минимум два нагрева, из которых один подогрев.

Первый нагрев – под биллетировку. Подогрев производится перед осадкой. Слитки, поступающие на нагрев с температурой поверхности ниже 650°C , называют холодными. В холодном состоянии могут поступать слитки массой до 16 т. Более крупные слитки поступают, как правило, в горячем состоянии.

График горячей обработки слитка до момента получения заданной по чертежу поковки состоит из нескольких этапов (рисунок 8):

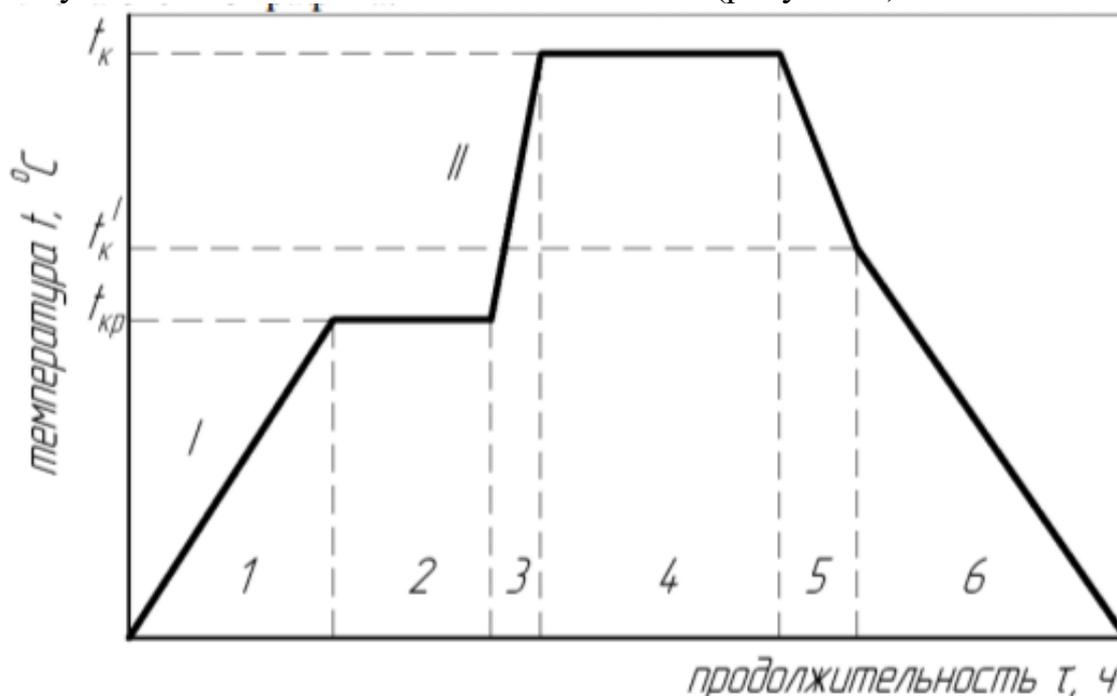


Рисунок 8 - График нагрева заготовки и охлаждения поковки

- 1 – нагрев заготовки до критической температуры;
- 2 – выдержка;
- 3 – нагрев до температурыковки с максимально возможной скоростью;
- 4 – выдержка;
- 5 – ковка;
- 6 – охлаждение поковки.

Если ковка куется за несколько нагревов (выносов), то этапы 3, 4 и 5 повторяются на графике соответствующее количество раз.

Если слитки привозят к ковочному прессу нагретыми до температуры $650-700^{\circ}\text{C}$ (из сталеплавильного цеха или нагревательных печей предварительного нагрева), этапы 1 и 2 исключаются из графика.

Критическая температура t_{kp} – это температура структурных превращений в стали АС1

Ковочная температура t_k – это температура нагрева слитка (или заготовки) перед ковкой.

Превышение t_k может привести к перегреву, сопровождающемуся ростом зерен.

Это брак, исправляемый термической обработкой.

Нагрев до более высокой температуры может привести к окончательному браку, называемому пережогом (оплавление границ зерен).

Температура t'_k – это температура окончанияковки.

Ниже этой температуры металл плохо деформируется, так как его пластические характеристики снижаются.

Температурный интервалковки выбирается по таблице 6.

При нагреве до ковочной температуры особое внимание следует обратить на два основных периода

I – нагрев до t_{kp} , который осуществляется с минимальной скоростью изза низкой теплопроводности и малой пластичности холодной стали. Большая скорость нагрева может привести к трещинам в теле слитка (внутри заготовки).

II – нагрев до t_k , который производится с максимально возможной для данного нагревательного устройства скоростью.

Продолжительность выдержек при критической и ковочной температурах принимаются в пределах $\tau_1 + \tau_2$ в зависимости от нагреваемой стали. Наличие выдержек при температурах t_{kp} и t_k вызвано необходимостью выравнивания разности температур по сечению слитка или заготовки. Эта разница температур всегда возникает при нагреве стали из-за ее ограниченной теплопроводности. Чем больше сечение нагреваемой заготовки, тем продолжительнее должна быть выдержка.

Определяем общее время нагрева слитка по таблицам Приложение Б.

Важное значение для получения высококачественных поковок имеет правильный выбор режима их охлаждения. Чрезвычайно высокие термические напряжения, возникающие в поковке при неправильном охлаждении, могут привести к появлению трещин. В зависимости от химического состава стали и размеров сечения, поковки охлаждаются на воздухе, в колодцах, в колодцах с подогревом и в термических печах. Режим охлаждения поковки следует определять по таблице 7.

Таблица 6 - Температурные интервалыковки

Марка стали	A_{cl}^* , °C	t_k^* , °C	t_k' , °C
Углеродистые стали			
Ст. 2, 3, 4, 10, 15, 20, 25, 30, 35	730-735	1280	750
40, 45, 50	725-730	1250	780
55, 60	727	1220	800
65, 70, 75	727-730	1200	800
У7А, У8А, У9А, У10А, У12А	727-730	1150	800
Низколегированные стали			
15Х, 20Х, 20Г, 12ХМ, 15ХМ	735	1260	800
35Х, 40Х, 45Х	720-740	1240	800
30Г, 40Г, 50Г, 50Х, 20ХФ, 20ХМА, 30ХМА, 34ХМ, 35ХМ, 40ХМ, 40ХН, 40ХФА, 50ХГ, 60ХГ	735-745	1220	800
65Г, 50С2, 55С2, 60С2, 38ХС, 50ХФ, 50ХН, 60ХН, 75ХМ	735-745	1200	800
Среднелегированные стали			
12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХГС, 38ХЮА, 25Х1М1Ф, 34ХН1М, ЭИ415	715-800	1240	800
12ХН2, 12ХН3, 20ХНЗА, 18ХГТ, 25Х2М1Ф, 40ХНМА	715-800	1220	800
30ХГС, 30ХНВ, 35ХГС, 38ХГН	715-800	1200	800
5ХНВ, 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХГС, 5ХНТ, 5ХНМ2, 6ХНМ	715-800	1200	800
7Х3, 8Х3, 9Х, 9Х2, 9ХФ, 9ХС	715-800	1180	800
Высоколегированные стали			
20Х3МВФ, 34ХНЗМ	750-900	1240	800
12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА, 1Х13, 2Х13, 3Х13	750-900	1220	850
15Х11МФ, ЭИ268, ЭИ802	750-900	1220	900
35ХН1М2Ф, 35ХН3МФА, 36ХН1МФ, 38ХН3МФА, 38Х2Н3М, 45ХНФА	750-900	1200	800
Х18Н9Т, Х18Н10Т, Х18Н12М2Т, ЭИ572	750-900	1200	950

Таблица 7 - Режимы охлаждения поковок послековки

Марка стали	Диаметр или меньшая сторона сечения поковки, мм						
	До 100	101- 200	201- 300	301- 400	401- 500	501- 600	Св. 600
Ст.2,3,4							
10, 15, 20, 25							
30, 35							
40, 45							
50, 55, 60							
65, 70, 75							
У7А, У8А							
У9А, У10А, У12А							
15Х, 20Х, 20Г							
12ХМ, 15ХМ, 20ХФ, 20ХМА, 35Х							
40Х, 45Х, 50Х							
30Г, 40Г, 50Г							
30ХМА, 34ХМ, 35ХМ							
38ХС, 40ХМ, 40ХФ, 50ХФ, 50ХГ							
60ХН, 60ХГ, 75ХМ							
65Г, 50С2, 55С2, 60С2							
12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХГС							
25Х1М1Ф, 38Х1ЮА, 34ХН1М							
12ХН2, 12ХН3							
18ХГТ, 20ХН3А, 30ХН3А							
30ХНВ, 35ХГС, 38ХГН, 40ХНМА							
5ХНВ, 5ХНМ, 5ХНТ, 5ХГМ, 5ХГС, 5ХНМ2, 6ХНМ							
7Х3, 8Х3, 9Х, 9Х2, 9ХФ, 9ХС							
12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА, 20Х3МВФ							
1Х13, 2Х13, 3Х13							
15Х11МФ, ЭИ268, ЭИ802							
34ХН3М, 35ХН1М2Ф, 35ХН3МФА, 36ХН1МФ, 38ХН3МФА, 38Х2Н3М, 45ХНФА							
Х18Н9Т, Х18Н10Т, Х18Н12М2Т							
	Охлаждение на воздухе						
	Охлаждение в колодце						
	Охлаждение в термической печи						
	Поковки не применяются						

5 ВЫБОР КУЗНЕЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кузнечное оборудование выбирают по наиболее тяжелой операции технологического процесса – осадке. При пооперационном процессековки поковки изготавливают на нескольких единицах оборудования, выбираемых по усилию деформирования, необходимому для выполнения соответствующей операции. В частности, для проведения операции протяжки можно использовать данные М.В.Сторожева [2] по выбору усилия прессы в зависимости от размеров слитка.

Расчет требуемого для осадки усилия прессы следует проводить с учетом размера заготовки после биллетирования и рубки донной части.

Диаметр биллета D_6 - равен диаметру вписанной окружности в основание слитка у донной части = С1 по Таблице 4;

Определяем высоту биллета H_6

$$H_6 = y_6 \cdot H,$$

где H - длина корпуса слитка по Таблице 4.

Определяем минимальное расстояние от торца заготовки до топора при рубке под прессом

$$l_{\min} = 0,25 \cdot D_6 + 15 \text{ мм}.$$

Длина биллета перед осадкой

$$H_{6.ос} = H_6 + h - l_{\min}, \text{ мм}.$$

Где h – высота донной части слитка = h по Таблице 4.

Определяем размеры осаженой заготовки и степень деформации после осадки:

Диаметр заготовки после осадки

$$D_{ос} = D_{\text{покмак}} \sqrt{\frac{y}{y_6}}.$$

Высота заготовки $H_{ос}$ после осадки

$$H_{ос} = H_{6.ос} \left(\frac{D_6}{D_{ос}} \right)^2,$$

где $H_{6.ос}$ - длина биллета перед осадкой

Степень деформации при осадке

$$\varepsilon_h = \frac{H_6 - H_{ос}}{H_6},$$

или

$$\varepsilon_h = 1 - \frac{D_6^2}{D_{oc}^2}$$

Рассчитываем усилие прессы при осадке

$$P = \psi \cdot \left(1 + 0,17 \frac{D_{oc}}{H_{oc}}\right) \sigma_{Bt} F_{oc} 10^{-6}, \text{ МН}$$

здесь ψ – масштабный коэффициент по Таблице 8

D_{oc} - диаметр после осадки, мм

H_{oc} - высота заготовки после осадки, мм

σ_{Bt} - предел прочности стали при растяжении при температуре осадки, МПа по Таблице 9

где F_{oc} – площадь поперечного сечения заготовки в момент окончания осадки, мм²;

$$F_{oc} = \frac{D_{oc}^2 \cdot \pi}{4}$$

Таблица 8 - Масштабный коэффициент при осадке слитков разной массы

Масса слитка, т	0,5	6,0	20	50	100
ψ	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5

Таблица 9 - Предел прочности при растяжении стали при ковочных температурах

σ_B при комнатной температуре, МПа	σ_{Bt} МПа, при ковочной температуре, °С					
	800	900	1000	1100	1200	1300
400	66	45	30	22	19	14
600	111	75	54	36	22	20
800	165	111	75	51	36	24
1000	230	159	109	68	50	30

Выбираем по Таблице 10 пресс, если подходящие параметры оборудования отсутствуют в таблице 10, то выбираем другой пресс.

Таблица 10 - Основные параметры и размеры ковочных гидравлических прес-сов ГОСТ 7284-88

Параметры и размеры	Номинальное усилие, тс (МН)						
	200 (1,96)	315 (3,09)	500 (4,9)	800 (7,83)	1250 (12,2)	2000 (19,6)	3150 (30,9)
Наибольший ход подвижной траверсы, мм	450	560	710	900	1250	1600	2000
Расстояние столон и подвижной траверсой в ее верхнем положении, мм	1450	1600	1800	2120	2650	3150	4000
Размеры выдвигного стола (ширина, длина), мм	500x560	630x710	800x900	1000x1250	1250x2600	1600x2120	2000x2500
Число рабочих ходов подвижной траверсы в минуту, не менее, при усилнии до 75% номинального	50	40	25	20	16	12	10

6 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ, ИНСТРУМЕНТА

При ковке необходимы операции протяжки, осадки, пережима, рубки. Операцию протяжки рекомендуется проводить с использованием плоских бойков или верхнего плоского бойка, нижнего вырезного. Отметим, что схемаковки с нижним вырезным бойком предпочтительнее с точки зрения напряженного состояния по сечению поковки и производительности.

1-я операция.

Нагрев до температурыковки _____ °С, продолжительность нагрева ____ ч.

2-я операция.

Оттяжка цапфы под патрон или под захваты манипулятора (рис.9).

Цапфу куют из прибыльной части слитка (при ковке очень больших слитков цапфу куют из донной части).

Рассчитываем диаметр цапфы под патрон:

$$d_{ц} = (0,5 \div 0,7) D_{б}.$$

где $D_{б}$ - диаметр заготовки после биллетирования, мм

Рассчитываем длину цапфы $l_{ц}$ из условия постоянства объемов прибыльной части (см. рис.10):

$$\left(\frac{d_1 + d_n}{2} \right)^2 \cdot H_1 = D_{ц}^2 l_{ц};$$

где d_1, d_n, H_1 - определяем по Таблице 4.

$$l_{ц} = \text{___} \text{ мм}.$$

Инструмент: верхний боек – плоский, нижний – вырезной, ромбический с углом 90°–180°.

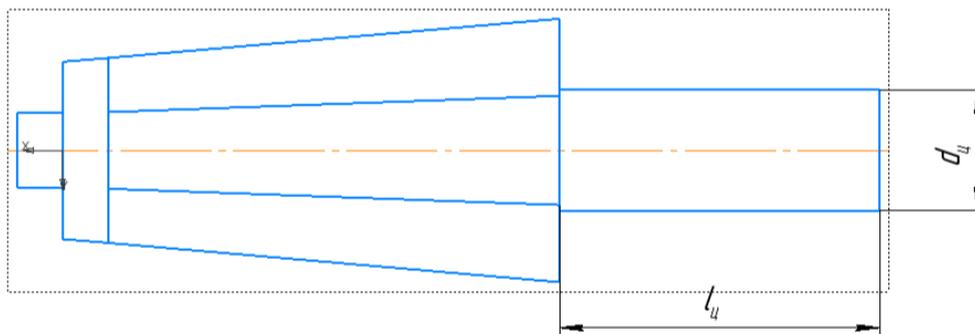


Рисунок 9

3-я операция.

Биллетировка (рис.10).

Диаметр биллета $D_{\delta} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм

Высота биллета $H_{\delta} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм

Инструмент прежний.

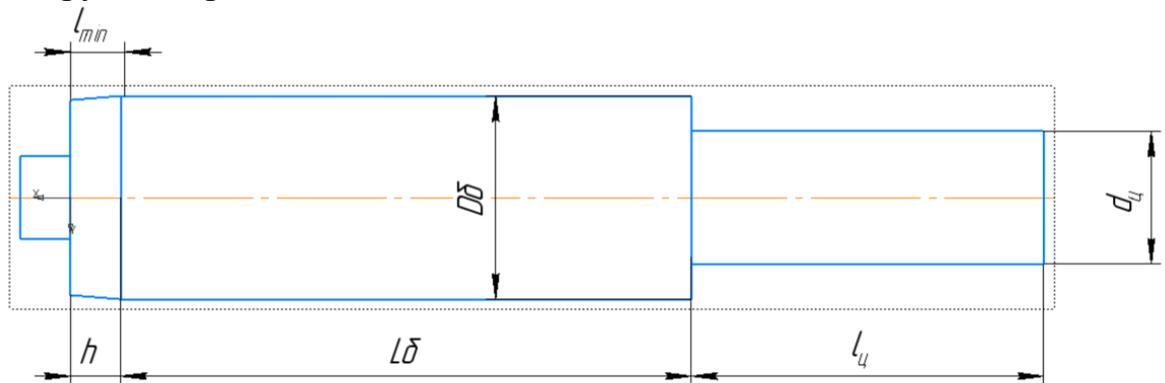


Рисунок 10

4-я операция.

Рубка по разметке с трех сторон с кантовкой на 120° (рис.11).

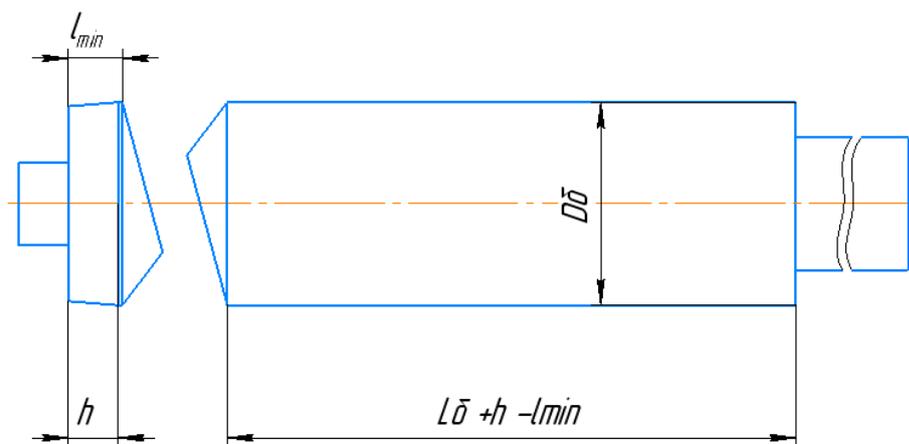


Рисунок 11

Инструмент:

Предварительная рубка осуществляется прямоугольным плоским двусторонним топором.

Третья, окончательная рубка – трапецидальным топором.

Дополнительный инструмент – мерительная линейка, круглая раскатка.

5-я операция.

Подогрев заготовки в печи до температуры $\underline{\hspace{2cm}}$ °С

6-я операция.

Осадка с хвостовиком (рис.12).

Инструмент:

Верхняя осадочная плита – со сферической выемкой, нижняя осадочная плита – со сферической выемкой и отверстием под хвостовик.

Радиус сферы определяем по зависимости

$$R_{\text{сф}} \approx (4 \div 5) \cdot D_{\text{б}}$$

где $D_{\text{б}}$ - диаметр заготовки после биллетирования

из раздела 5:

Диаметр заготовки после осадки $D_{\text{ос}}$ _____ мм.

Высота заготовки после осадки $H_{\text{ос}}$ _____ мм.

Степень деформации при осадке ϵ_{h} _____.

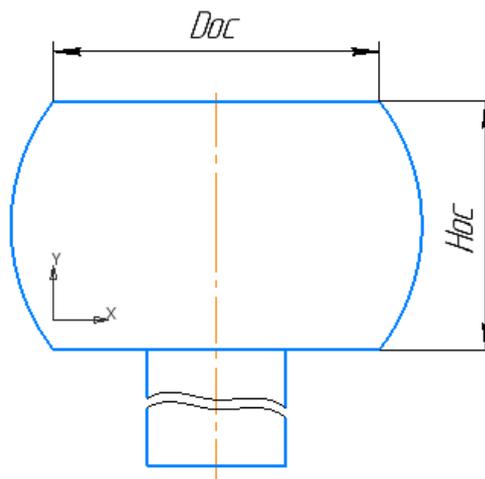


Рисунок 12

7-я операция.

Протяжка на размер $D_{\text{пр}} = D_{\text{пок.мах}} + \Pi_{\text{ут}}$,

где $D_{\text{пок.мах}}$ - максимальный диаметр поковки, дм

$\Pi_{\text{ут}}$ – припуск на утяжку с учетом последующей операции перебивки, определяемый по Таблице 11:

Таблица 11 - Припуск на утяжку

$D_{\text{покmax}}$, мм	до 300	301 – 500	501 – 1000
$\Pi_{\text{ут}}$, мм	30	35 – 45	50 – 60

Таким образом, протяжка проводится на размер $D_{\text{пр}}$ ____ дм (рис.13).

Определяем длину деформируемой части Z из условия постоянства объемов с учетом потери металла на угар, равной 1,5% при подогреве:

$$D_{\text{ос}}^2 \cdot H_{\text{ос}} \cdot 0,985 = D_{\text{покmax}}^2 \cdot Z,$$

$$Z = \text{____ дм} = \text{____ мм}.$$

Инструмент:

верхний боек – плоский, нижний боек – вырезной ромбический, с углом 90° – 120° .

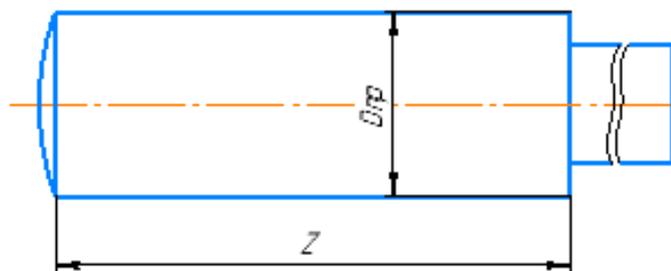


Рисунок 13

8-я операция.

Перебивка (пережим) уступов.

При глубине уступов до 40 мм на сторону уступы не пережимают, куют сразу «от бойка» (утяжка незначительна).

При глубинах уступов более 40мм производится пережим уступов трехгранными пережимками. Иногда используют круглые пережимки. Их преимущество – отсутствие перерезания волокон металла поковки; недостатки – меньшая точность разметки отдельных частей поковки. Круглые пережимки используют также для наметки установки топора для рубки.

Разметка заготовки (рис.14) производится на основе расчета длин отдельных участков заготовки (рис. 6) из условия постоянства объемов

$$Z_1' = \frac{V_1 + P_{\text{ст}} / \rho}{F_{\text{пр}}} = \text{____ дм} \text{____ мм}.$$

Здесь $F_{\text{пр}}$ - площадь поперечного сечения полуфабриката при диаметре протяжки с учетом припуска на утяжку.

$$Z_2' = \frac{V_{II} + V_{I-II} + V_{II-III}}{F_{пр}} = \text{_____ ДМ} = \text{_____ ММ}$$

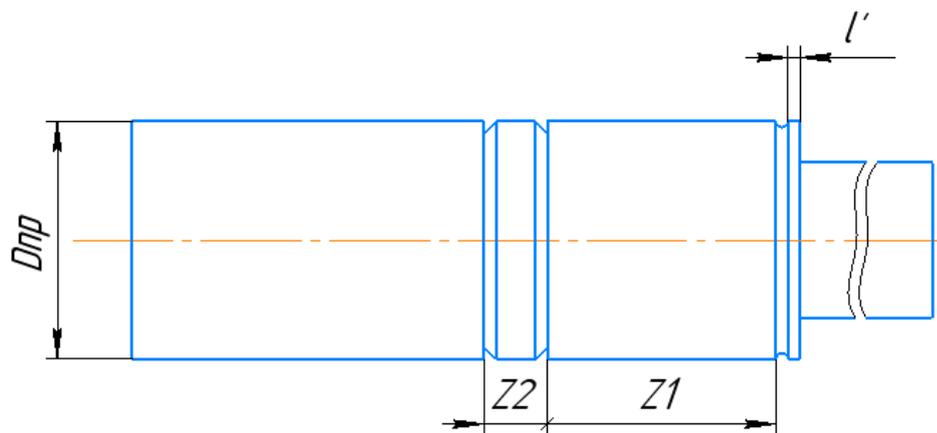


Рисунок 14

Длина Z_3' , соответствующая участку ковки на длине III (рис.6), обычно на этом этапе не размечается. Пережим выполняется после окончательной протяжки или производится рубка по разметке без пережима.

С учетом глубины пережимаемых уступов на сторону, перебивка может производиться треугольными пережимками. Диаметр впадины после перебивки должен быть больше диаметра выемки или уступа поковки. В противном случае возможен брак из-за перерезания волокон.

Пережим участка в зоне, отделяющей прибыльную часть от поковки с целью последующей отрубки - l' (рис.14), производится круглой пережимкой.

Размер $l' = 50 \div 100$ мм, можно принять $l' = 50$ мм.

9-я операция.

Протяжка среднего участка поковки (рис.15) на окончательный диаметр \varnothing _____ и длину _____ мм (диаметр и длина по чертежу поковки)

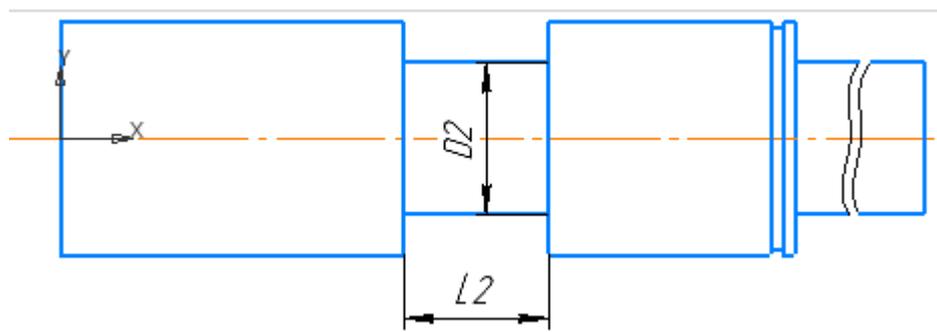


Рисунок 15

10-я операция.

Протяжка концевой участка поковки) (рис.16) на окончательный диаметр \varnothing ____ мм (диаметр по чертежу поковки)

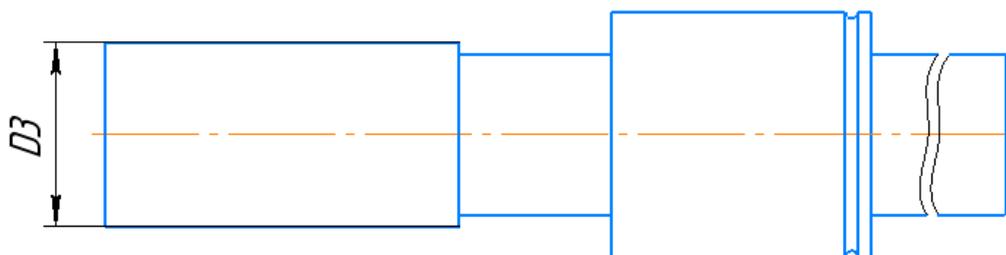


Рисунок 16

11-я операция.

Протяжка участка поковки, прилегающего к прибыльной части (рис.17) на окончательный диаметр \varnothing ____ мм (диаметр по чертежу поковки)

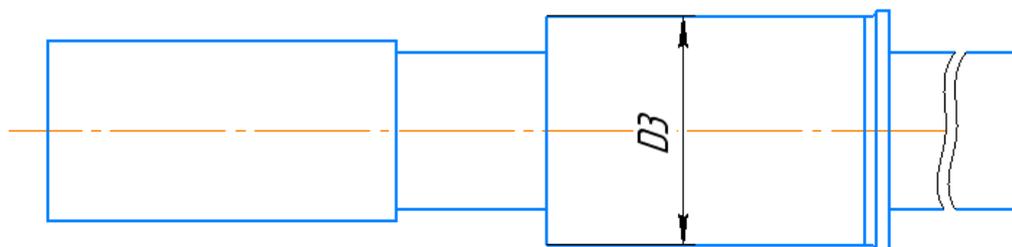


Рисунок 17

Инструмент: 9, 10 и 11-я операции выполняются верхним плоским и нижним ромбическим бойком с углом 90° – 120° .

12-я операция.

Разметка и наметка концевой участка (с донной части поковки) с диаметром \varnothing ____ мм на длину по чертежу поковки (рис.18).

Инструмент – мерительная линейка, круглая раскатка.

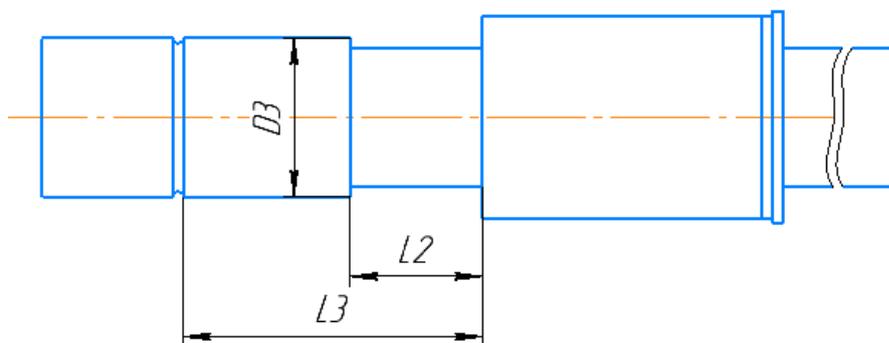


Рисунок 18

13-я операция.

Рубка годного остатка (с донной части) по разметке (рис.19) производится с трех сторон с кантовкой на 120° .

Первоначальная рубка (на 1-м и 2-м переходах) производится двусторонним прямоугольным топором; 3-я, окончательная рубка производится трапецидальным топором.

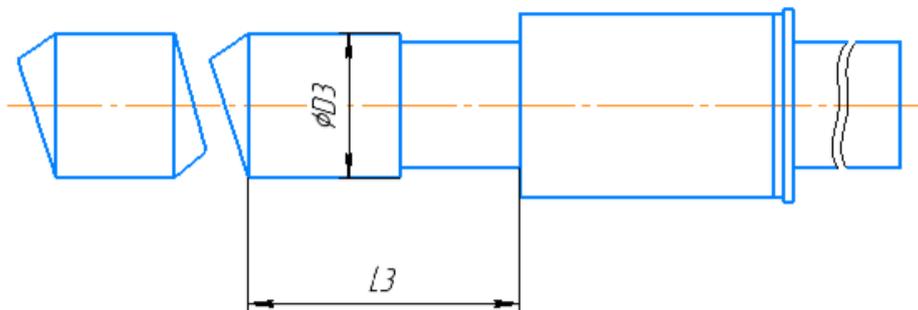


Рисунок 19

15-я операция.

Рубка поковки со стороны прибыльной части аналогична 13 операции (рис.20).

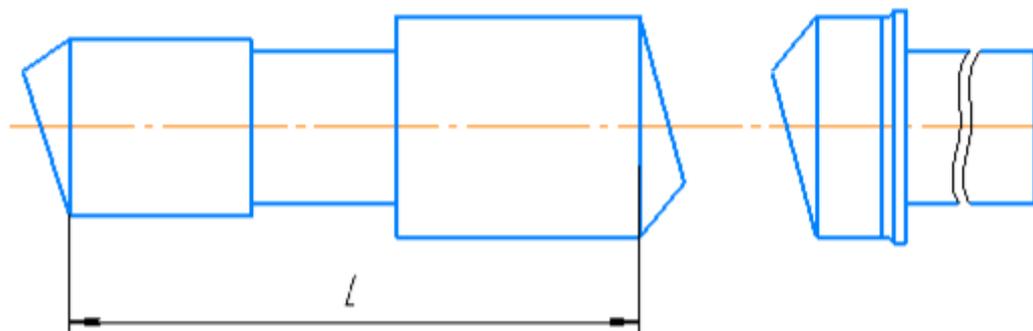


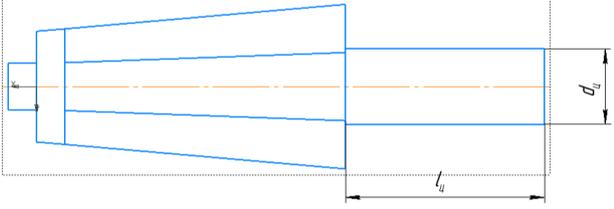
Рисунок 20

После рубки (операции 4, 13 и 15) по мере необходимости удаляют заусенцы с торцевой части поковки, используя односторонний топор.

Приглаживание после протяжки и правка после рубки проводятся по мере необходимости.

Охлаждение поковки послековки – _____.

Все операции сводим в технологическую операционную карту

№	Наименование операции	Эскиз перехода	Инструмент
1	Нагрев	Нагрев до температурыковки _____ °С, продолжительность нагрева ____ ч.	
2	Оттяжка цапфы		верхний боек – плоский, нижний – вырезной, ромбический с углом 90°–180°.
...			

7 УТОЧНЕНИЕ БАЛАНСА МЕТАЛЛА, КОЭФФИЦИЕНТОВ ТОЧНОСТИ ЗАГОТОВКИ И КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА МЕТАЛЛА

Из рассмотрения технологического процесса следует, что отход на концевые обрубki удаляется вместе с годным остатком и поэтому входит в его массу. Кроме того, некоторый объем корпуса слитка отрубается вместе с донной и прибыльной частями, что увеличивает массу отходов с донной и прибыльной частями. В связи с этим уточнению подлежит масса годного остатка.

Отходы с донной частью включают в себя отходы в зоне корпуса на диаметре = C_1 (Таблица 4) дм и длине $l_{\min} - h$, дм (где h - определяем по Таблице 4, дм).

Таким образом, отходы с донной частью

$$G_{\text{дон.ут}} = G_{\text{дон}} + 7,85 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot C_1^2 \cdot (l_{\min} - h), \text{ кг}$$

Отходы с прибыльной частью включают в себя отходы в зоне корпуса на диаметре и длине (см. рис.15). Следовательно, отходы с прибыльной частью

$$G_{\text{приб.ут}} = G_{\text{приб}} + 7,85 \cdot \frac{\pi D_{\text{пр}}^2}{4} \cdot l', \text{ кг}$$

С учетом общих потерь на угар в корпусе слитка ($G_{\text{уг.к}}$, кг), дополнительных потерь при рубке донной ($G_{\text{дон}}$, кг) и прибыльной ($G_{\text{приб}}$, кг) частей и массы поковки ($G_{\text{пок}}$, кг) масса годного остатка

$$G_{\text{г.ост.}} = G_{\text{сл}} - G_{\text{уг.к}} - G_{\text{дон.ут}} - G_{\text{приб.ут}} - G_{\text{пок}}, \text{ кг}$$

Уточняем баланс металла слитка:

Составляющая	Масса, кг	Масса, %
Слиток		100
Поковка		
Годный остаток		
Прибыль		
Донная часть		
Угар в корпусе слитка		
Общий угар		

Коэффициент точности заготовки

$$\eta_{\text{п}} = \frac{G_{\text{пок}}}{G_{\text{сл}}}$$

С учетом годного остатка

$$\eta'_{\text{п}} = \frac{G_{\text{пок}} + G_{\text{г.ост.}}}{G_{\text{сл}}}$$

Коэффициент расхода материала

$$k_p = \frac{G_{сл}}{G_{пок}}$$

С учетом годного остатка

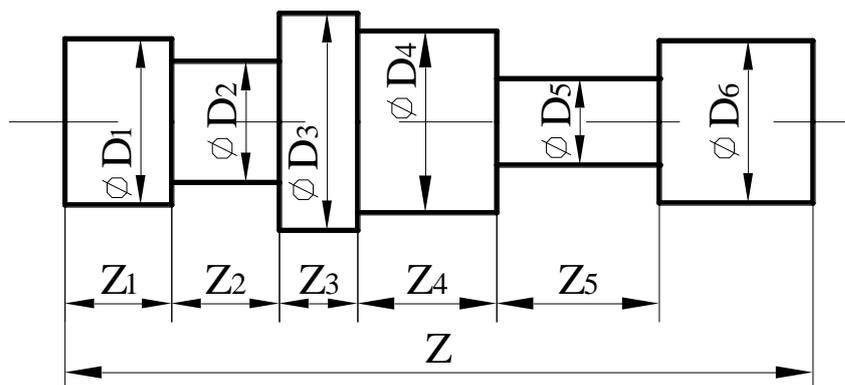
$$k_p = \frac{G_{сл}}{G_{пок} + G_{г.ост.}}$$

Список используемых источников

1. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка. — 2-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. Е.Н. Семенова. — М.: Машиностроение, 2010. — 717 с.: ил.
2. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник под ред. М.В.Сторожева. Т.1.-М.: Машиностроение, 1967. -435 с.
3. Теория и технологияковки: учебное пособие / В.Р. Каргин, Б.В. Каргин, Е.В. Арышенский. – Самара: Издательство Самарского университета, 2021 – 144 с.: ил.
4. ГОСТ 7062-90 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски
5. ГОСТ 7284-88. Прессы гидравлические ковочные. Параметры и размеры. Нормы точности.
6. Методические указания к домашнему заданию по курсу «технология и автоматизацияковки». - М: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный индустриальный университет, 2006. - 39.
7. <https://xn--80awbhbdcfesu/vremya/>. Промышленный портал.

Приложение А
Исходные данные

Вариант	D1, мм	D2, мм	D3, мм	D4, мм	D5, мм	D6, мм
1	780	650	740	730	640	700
2	500	380	365	460	380	490
3	290	260	300	305	380	600
4	800	550	560	400	395	370
5	760	400	555	500	670	520
6	800	790	700	900	890	950
7	340	270	290	320	600	320
8	780	650	740	730	640	700
9	760	400	555	500	670	520
10	280	240	300	305	380	600
11	800	550	560	400	395	370
12	540	360	365	460	380	490
13	780	650	740	730	640	700
14	800	550	560	400	360	400
15	540	400	365	460	380	490
Вариант	Z1, мм	Z2, мм	Z3, мм	Z4, мм	Z5, мм	Z, мм
1	200	400	700	300	2000	4200
2	200	1300	400	600	400	3500
3	100	800	540	900	110	5500
4	80	450	200	800	580	4100
5	300	280	1000	1200	450	4100
6	100	900	1800	600	1400	5500
7	500	650	950	600	450	3600
8	400	200	800	200	1800	4000
9	300	300	500	1000	500	3500
10	100	200	300	300	400	2000
11	500	800	850	600	400	3600
12	200	200	400	1000	100	3500
13	250	400	650	300	1800	4000
14	180	450	200	1200	600	3500
15	200	1000	400	800	100	3300



Материал - Сталь 40.

Оборудование - Пресс ковочный

Для осуществления технологического процессаковки достаточноен один нагрев с подогревом перед операцией осадки.

Напуск на пробы на механические испытания разрешается не учитывать.

Приложение Б

Время нагрева заготовок и слитков

Таблица 1. Время нагрева в мин кованых и катаных заготовок углеродистой конструкционной стали при одиночном расположении в печи (по данным ЦНИИТМАШ)

Диаметр или сторона квадрата в мм	Температура рабочего пространства в °С											
	1200				1300				1400			
	Температура нагрева в °С											
	1100		1150		1200		1250		1200		1250	
	Профиль заготовки											
	круг- лый	квад- ратный	круг- лый	квад- ратный	круг- лый	квад- ратный	круг- лый	квад- ратный	круг- лый	квад- ратный	круг- лый	квад- ратный
10	2,7	3,3	3,0	3,5	2,0	2,5	2,0	3,0	1,0	1,5	1,0	1,5
20	4,5	5,5	6,0	7,5	3,0	4,5	4,0	5,0	1,5	2,0	1,5	2,0
30	7,0	9,0	8,5	11,0	5,0	6,0	6,0	8,0	2,5	3,0	2,5	3,0
40	10,0	13,0	11,5	14,5	6,5	8,0	8,0	10,5	3,5	4,5	3,5	4,5
50	12,5	16,0	15,0	19,5	8,0	10,5	10,5	13,5	4,5	5,5	4,5	5,5
60	15,0	19,5	18,0	23,0	10,0	13,0	12,5	16,0	5,0	6,5	5,5	7,0
70	17,5	22,5	21,0	27,0	12,0	15,0	14,5	19,0	6,0	7,5	6,5	8,0
80	20,5	26,5	24,5	31,5	14,0	17,5	16,5	22,0	7,0	9,0	7,5	9,5
90	23,5	30,5	27,5	35,5	16,0	20,0	19,0	24,5	8,0	10,5	8,5	11,0
100	26,0	33,5	31,0	40,0	18,0	23,0	21,0	27,5	9,0	11,5	10,5	13,0
110	29,5	38,0	35,0	45,5	20,0	26,0	23,5	30,5	10,5	13,5	11,5	15,0
120	32,5	41,5	38,5	50,0	22,5	29,5	26,0	33,5	12,0	15,0	13,0	17,0
130	36,0	46,5	42,5	55,0	25,0	32,5	29,0	38,0	13,0	16,5	14,0	18,0
140	39,0	50,5	46,0	59,5	27,5	36,0	32,0	41,5	14,0	18,0	15,5	19,5
150	42,5	55,0	50,0	65,0	30,0	39,0	35,0	45,5	15,5	20,0	17,0	22,0
160	46,0	59,5	54,5	71,0	33,0	43,0	38,5	50,5	16,5	21,5	18,0	23,5
170	50,0	64,5	58,5	76,0	36,0	47,0	42,0	54,5	18,0	23,0	19,5	25,0
180	54,0	70,0	63,0	81,0	39,5	51,5	46,0	59,5	19,5	25,0	21,0	27,0
190	58,0	75,0	68,0	88,0	42,5	55,5	49,5	64,0	21,0	27,0	23,0	29,5
200	62,5	81,0	72,5	94,0	46,0	60,0	53,5	69,0	22,5	29,0	24,5	32,0

Примечания:

1. Различное расположение заготовок на поду учитывается коэффициентами (рис. 2).
2. Для инструментальной углеродистой и для среднелегированной стали табличное время нагрева увеличивается на 25-30%, для высоколегированных сталей на 30-50%.
3. Для учета влияния длины заготовки, табличное время умножается на коэффициент K в зависимости от отношения длины заготовки l к линейному размеру сечения d или a :
 l/d или $l/a \geq 3$; 2; 1,5; 1
 $K \dots 1$; 0,98; 0,92; 0,71

Таблица 2. Время в мин нагрева от 700-750°C до 1200-1250°C кузнечных заготовок из конструкционной углеродистой и малолегированной стали сечением от 10 до 200 мм при температуре рабочего пространства 1300-1350°C

Диаметр d или сторона квадрата a в мм	Профиль заготовки							
	круглый				квадратный			
	Расположение заготовок на поду печи							
	круг- лый	На рас- стоянии d	На рас- стоянии $d/2$	вплот- ную	круг- лый	На рас- стоянии a	На рас- стоянии $a/2$	вплот- ную
10	1	1,2	1,3	2	1,5	2,0	2,2	4,5
20	2	2,4	2,6	4	3	4	4,5	9
30	3	3,6	4,0	6	4	5,5	6,0	12
40	4	4,8	5,2	8	5	7,0	7,5	15
50	5	6,0	6,6	10	6,5	9,0	10,0	20
60	6	7,0	8,0	12	8	11,0	12,0	24
70	7,5	9,0	10,0	15	10	14,0	15,0	30
80	9	10,5	12,0	18	12	16,5	18,0	36
90	11	13,0	14,5	22	14	19,5	21,0	42
100	13	15,5	17,0	26	17	23,0	25,5	51
110	14,5	17,4	19,5	29	19	26,5	29,0	57
120	16,5	19,8	22,0	33	21,5	30,0	33,0	63
140	20	24,0	26,0	40	26	36,5	40,0	78
160	24	29,0	32,0	48	31	43,5	48,0	95
180	28,5	34,0	38,0	57	37	52,0	57,0	112
200	33,5	40,0	44,0	67	43	60,0	66,0	132

Примечания:

1. Для заготовок из высоколегированных и инструментальных сталей время, указанное в таблице, увеличивается на 25-30%.
2. Продолжительность подогрева до 700-750°C может быть определена для углеродистой конструкционной и малолегированной стали
 $t_{нагр} = 0,3d$ мин и $t_{нагр} = 0,4a$ мин
для высоколегированной и инструментальной сталей
 $t_{нагр} = 0,8d$ мин и $t_{нагр} = 1,0a$ мин, где d и a в см.

Таблица 3. Время нагрева холодных стальных заготовок до ковочной температуры в пламенных печах

Размер сечения (диаметр или сторона квадрата) в мм	Температура печи при посадке в °С	Время в ч			
		выдержки при температуре посадки	нагрева до ковочной температуры	выдержки при ковочной температуре	общее
<i>Стали 1-й группы</i>					
201-250	1250	-	1,0	0,5	1,5
		0,5	2,0	1,0	3,5
251-300	1250	-	1,6	0,5	2,0
		0,5	2,5	1,0	4,0
301-350	1250	-	2,0	0,7	2,7
		1,0	3,5	1,5	6,0
<i>Стали 2-й группы</i>					
201-250	1150	0,5	1,5	0,5	2,5
		1,0	3,0	1,0	5,0
251-300	1150	0,5	2,0	0,5	3,0
		1,0	3,5	1,5	6,0
301-350	1150	0,5	2,5	0,5	3,5
		1,0	4,0	2,0	7,0
<i>Стали 3-й группы</i>					
201-250	700	0,5	2,5	0,5	3,5
		1,0	5,0	1,0	7,0
251-300	700	0,5	3,0	0,5	4,0
		1,0	5,0	2,0	8,0
301-350	700	0,5	3,0	1,0	4,5
		1,0	5,0	3,0	9,0

Примечания:

1. Время в числителе для одной заготовки, в знаменателе при полной загрузке печи.
2. В состав групп входят стали следующих марок:
1-я группа: Ст.2; Ст.3; Ст.4; 10; 15; 20; 25; 30; 15Г; 20Г; 30Г; 10Г2.
2-я группа: Ст.5; Ст.6; Ст.7; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 70; 40Г; 50Г; 60Г; 15 X; 20X; 30X; 35X; 40X; 45X; 50X; 35Г2; 40Г2; 45Г2; 50Г2; 18ХГ; 20ХГР; 30ХГТ; 40ХГ; 33ХС; 38ХС; 40ХС; 27СГ; 35СГ; 15ХМ; 30ХМ; 35ХМ; 15ХФ; 20ХФ; 40ХФА; 15НМ; 20НМ; 20ХН; 40ХН; 45ХН; 50ХН; 13Н2ХА; 12ХН2; 12Х2Н1А; 20ХН3А; 20Х2Н4А; 30ХН3А; 20ХГСА; 25ХГСА; 30ХГСА; 35ХГСА; 15ХГНТ; 15ХГНТА; 18ХГН; 20ХГНР; 38ХГН; 30ХГНА; 30Х2ГН2; 16ХСН; 18ХСНРА; 30ХНВА; 37ХНВА; 40ХНВА; 40 X НМЛ; 30Х2НВА; 38ХН3ВА; 18Х2Н3ВА; 25Х2Н4ВА; 30ХН2ВФА; 38ХН3ВФА; 20ХН4ФА; 38ХН3МФА; 38ХЮ; 38ХМЮА; 38ХВФЮ; 38ХВФЮА; 5ХНМ; 5ХНВ.
3-я группа: ШХ6; ШХ9; ШХ15; ШХ15СГ; Х6СМ; 4Х9С2; 4Х10С2М; 1 Х12Н2ВМФ; 2Х13; 3Х13; 4Х13; 1Х13Н3; 1Х17Н2; 9Х18; 1Х11МФ; 1 Х12ВНМФ; 1Х12В2МФ; 1Х13; 1Х12СЮ; 0Х13; Х17; Х28; 2Х13Н4Г9; Х15Н9Ю; Х17Н7Ю; 2Х17Н2; Х20Н14С2; 0Х21 Н6М2Т; 0Х10Н20Т2 и другие стали аустенитного класса по ГОСТу 5632-61; У7; У8; У10; У12, а также все инструментальные легированные стали по ГОСТу 5950-63.

Таблица 4. Время нагрева холодных слитков (весом до 15 т) до ковочной температуры в пламенных печах

Вес слитка в т	Диаметр поперечного сечения слитка в мм	Температура печи при посадке в °С	Время в ч					
			выдержки при температуре посадки	нагрева до температуры печи 800° С	выдержки при температуре печи 800° С	нагрева до ковочной температуры	выдержки при ковочной температуре	общее минимальное
<i>Стали 1-й группы</i>								
1,6	416—464	1100	1,0	—	—	1,0	1,0	3,0
2,0	435—490	1100	1,0	—	—	1,0	1,0	3,0
2,5	470—525	1100	1,0	—	—	1,0	1,0	3,0
3,0	510—570	1000	1,0	—	—	1,5	1,0	3,5
3,5	550—602	950	1,0	—	—	1,5	1,0	3,5
4,0	575—640	950	1,5	—	—	1,5	1,0	4,0
4,5	606—660	900	1,5	—	—	1,5	1,0	4,0
5,15	630—686	900	1,5	—	—	2,0	1,5	5,0
6,7	688—750	900	1,5	—	—	2,0	2,0	5,5
8,0	740—700	850	2,0	—	—	2,5	2,0	6,5
10,3	811—855	850	2,0	—	—	2,5	2,5	7,0
10-15	915—945	850	2,5	—	—	3,0	3	8,5
<i>Стали 2-й группы</i>								
1.6	416—404	950	1,0	—	—	1,5	1,0	3,5
2,0	435—490	950	1,0	—	—	1,5	1,0	3,5
2,5	470 — 525	950	1,0	—	—	1,5	1,0	3,5
3,0	510—570	950	1,5	—	—	1,5	1,0	4,0
3,5	550—602	900	1,5	—	—	1,5	1,0	4,0
4,0	575—640	900	1,5	—	—	2,0	1,0	4,5
4,5	606—660	850	1,5	—	—	2,0	1,0	4,5
5,15	630—686	850	2,0	—	—	2,0	1,5	5,5
6,7	688—750	850	2,0	—	—	2,0	2,0	6,0
8,0	740 — 700	800	2,0	—	—	2,5	2,5	7,0
10,3	811—855	800	1,5	—	—	2,5	3,0	8,0
10-15	915—945	750	1,5	—	1,0	3,0	3,0	9,5
<i>Стали 3-й группы</i>								
1,6	416—404	750	0,5	1,0	1,0	1,5	1,0	5,0
2,0	435—490	700	0,5	2,0	1,0	1,5	1,0	6,0
2,5	470 — 525	700	1,0	2,0	1,0	1,5	1,0	6,5
3,0	510—570	650	10	3,0	1,0	1,5	1,0	7,5
3,5	550—602	650	1,0	3,0	1,0	1,5	1,5	8,0
4,0	575—640	600	1,0	4,0	1,5	2,0	1,5	10,5
4,5	606—660	600	1,0	4,0	1,5	2,0	1,5	10,5
5,15	630—686	550	1,5	5,0	1,5	2,0	2,0	12,5
6,7	688—750	550	1,5	5,0	1,5	2,0	2,5	12,5

Вес слитка в т	Диаметр поперечно- го сечения слитка в мм	Темпера- тура печи при посадке в °С	Время в ч					
			выдержки при темпера- туре посадки	нагрева до темпера- туры печи 800° С	выдерж- ки при темпера- туре печи 800° С	нагрева до ковочной температуры	выдержки при ковоч- ной температу- ре	общее мини- мальное
8,0	740 — 700	500	2,0	6,0	2,0	2,5	2,5	15,0
10,3	811—855	500	2,0	6,0	2,0	2,5	3,0	15,5
10-15	915—945	450	2,5	7,0	2,5	3,0	3,5	18,5

Примечание. В состав групп входят стали следующих марок:

- 1 группа: 10; 15; 20; 30; 35; 15Г; 20Г; 30Г; 15Х; 15ХЛ; 20Х; 30Х; 35Х;
- 2-я группа: 40; 45; 50; 55; 60; 70; 40Г; 50Г; 60Г; 40Х; 45Х; 50Х; 35Г2; 1012; 45Г2; 50Г2; 18ХГ; 20ХГР; 30ХГТ; 40ХГ; 35ХГ2; 33ХС; 38ХС; 40ХС; 20СГ-МПСГ; 15ХМ; 30ХМ; 35ХМ; 15ХФ; 20ХФ; 40ХФА; 15НМ; 20НМ; 20ХН; 40ХН-46ХН; 50ХН; 12ХН2; 12ХН3А; 13Н2ХА; 20ХН3А; 30ХН3А; 20ХГСА; 25ХГСА; МОХГСА; 35ХГСА; 15ХГНТ; 15ХГНТА; 18ХГН; 20ХГНР; 30ХГНА; 38ХГН; 10Х2ГН2; 16ХСН; 18ХСНРА; 30ХНВА; , 18Х2Н4ВА; 25Х2Н4ВА; 20ХН4ФА; ,18ХЮ; 38ХМЮА; 38ХВФЮ.
- 3-я группа: 12Х2Н4А; 20Х2Н4А; 38ХНВА; 40ХНВА; 40ХНМА; 30Х2НВА; 1НХН3ВА; 30ХН2ВФА; 38ХН3ВФА; 38ХН3МФА; ШХ6; ШХ9; ШХ15; ШХ15СГ; Х6СМ; 4Х9С2; 4Х10С2М; 1Х12Н2ВМФ; 2Х13; 3Х13;4Х13; 1Х13Н3; 1Х17Н2; ВХ18; 1Х11МФ; 1Х12ВНМФ; 1Х12В2НФ; 1Х13; 1Х12СЮ; 0Х13; Х17; Х28; Х1ВН9Ю; Х17Н7Ю; 2Х17Н2; Х20Н14С2 и другие легированные стали по ГОСТу МІ32-61 У7; У8; У10; У12; 9Х; 5ХНМ; 5ХНВ; 5ХГМ; 6ХВГ и другие легированные инструментальные стали по ГОСТу 5950 - 63.

Таблица 5. Время нагрева холодных слитков (весом свыше 14 т До ковочной температуры в пламенных печах

Вес слитка в т	Диаметр поперечного сечения в мм	Темпе- ратура печи при посадке в °С	Время в ч					
			Выдержки при температуре посадки	Нагрева до температуры печи 800°С	Выдержки при температуре печи 800°С	Нагрева до ковочной темпе- ратуры	Выдержки при ковочной темпе- ратуры	Общее мини- мальное
<i>Стали 1-й группы</i>								
14 -	1010 - 1050	750	2,5	1,0	1,5	3,0	4,0	12,0
18 -	1092 - 1170	700	2,5	2,0	2,0	3,0	5,0	14,5
24 -	1222 - 1260	700	3,0	2,0	4,0	3,0	5,0	17,0
32,5 -	1304 - 1392	650	3,5	3,0	4,0	3,0	5,5	19,0
28,5	1200 - 1434	650	3,5	3,0	5,0	3,0	6,0	20,5
37,5	1310 - 1560	600	4,0	4,0	5,0	3,0	6,5	22,5
47- 60	1472 - 1574	550	4,0	5,0	5,0	3,0	6,5	23,5
48,5	1455 - 1750	500	5,0	6,0	5,0	3,0	7,5	26,5
70 - 84	1670 - 1790	450	5,0	7,0	5,0	3,0	8,0	28,0
80 -	1756 - 1880	400	5,0	8,0	5,0	3,0	8,5	29,5
95 -	1852 - 1984	350	5,0	9,0	6,0	3,0	9,0	32,0

Вес слитка в т	Диаметр поперечного сечения в мм	Темпе- ратура печи при посадке в °С	Время в ч					
			Выдержки при температуре посадки	Нагрева до температуры печи 800°С	Выдержки при температуре печи 800°С	Нагрева до ковочной темпе- ратуры	Выдержки при ковочной темпе- ратуры	Общее мини- мальное
110 -	1964 - 2100	350	5,0	9,0	8,0	3,0	9,5	34,5
135-	2078 - 2226	350	5,0	9,0	9,5	3,0	10,5	37,0
<i>Стали 2-й группы</i>								
14 -	1010 - 1050	700	2,5	2,0	1,5	3,0	4,0	13,0
18 -	1092 - 1170	650	2,5	3,0	2,0	3,0	5,0	15,5
24-	1222 - 1260	650	3,0	4,0	4,0	3,0	5,0	19,0
32,5-	1304 - 1392	600	3,5	4,5	4,0	3,0	5,5	20,5
28,5	1200 - 1434	600	3,5	4,5	5,0	3,0	6,0	22,0
37,5	1310 - 1560	550	4,0	5,5	5,0	3,0	6,5	24,0
47- 60	1472 - 1574	500	4,0	6,5	5,0	3,0	6,5	25,0
48,5	1455-1750	450	5,0	8,0	5,0	3,0	7,5	28,5
70 - 84	1670 - 1790	400	5,0	9,5	5,0	3,0	8,0	30,5
80 -	1756 - 1880	350	5,0	10,5	5,0	3,0	8,5	32,0
95 -	1852-1984	300	5,0	12,5	6,0	3,0	9,0	34,5
110 -	1964 - 2100	300	5,0	12,0	8,0	3,0	9,5	37,5
135 -	2078- 2226	300	5,0	12,0	9,5	3,0	10,5	40,0
<i>Стали 3-й группы</i>								
14 -	1010 - 1050	450	2,5	7,0	2,5	3,0	5,0	20,0
18 -	1092 - 1170	400	2,5	8,0	3,0	3,0	5,5	22,0
24 -	1222 - 1260	400	3,5	8,0	4,0	3,0	6,0	24,0
32,5 -	1304 - 1392	350	3,5	9,0	4,0	3,0	6,5	26,0
28,5	1200 - 1434	350	4,5	9,0	5,0	3,0	6,5	27,0
37,5	1310 - 1560	300	4,0	10,0	5,0	3,0	7,0	29,0
47-60	1472 - 1574	300	4,5	10,0	5,0	3,0	7,5	30,0
48,5	1455 - 1750	250	5,0	11,0	5,0	3,5	8,5	32,5
70 - 84	1670 - 1790	250	5,0	12,0	6,0	3,5	9,0	34,5
80 -	1756 - 1880	250	5,0	12,0	5,5	3,5	9,5	35,5
95-118	1852 - 1984	200	5,0	15,0	6,0	3,5	10,5	40,0
110 -	1964 - 2100	200	5,0	15,0	8,5	3,5	11,5	43,5
135 -	2078 - 2226	200	5,0	15,0	10,5	3,5	12,5	46,5

Примечание. Распределение сталей по группам см. примечание к табл. 4.

Таблица 6. Время нагрева горячих слитков (весом до 15 т) до ковочной температуры в пламенных печах

Вес слитка в т	Диаметр поперечного сечения в мм	Темпе- ратура печи при посадке в °С	Время в ч			
			нагрева до ковочной температуры	минимальной выдержки при ковочной температуре	максимальной выдержки при ковочной температуре	общее мини- мальное
<i>Стали 1-й группы</i>						
1,6	416-464	1200	1,0	0,5	16	1,5
2,0	435-490	1200	1,0	0,5	16	1,5
2,5	470 -525	1200	1,0	1,0	18	2,0
3,0	510-570	1200	1,5	1,0	18	2,5
3,5	550 - 602	1200	1,5	1,0	20	2,5
4,0	575 - 640	1200	2,0	1,0	20	3,0
4,5	606 - 660	1200	2,0	1,0	22	3,0
5,15	630 - 686	1200	2,0	1,5	22	3,5
6,7	688 - 750	1200	2,5	1,5	24	4,0
8,0	740 - 790	1200	2,5	2,0	24	4,5
10,3	811 - 855	1100	2,5	2,5	24	5,0
10-15	915 - 945	1100	3,0	3,0	24	6,0
<i>Стали 2-й группы</i>						
1,6	416-464	1200	1,0	1,0	16	2,0
2,0	435-490	1200	1,5	1,0	16	2,5
2,5	470-525	1200	2,0	1,0	18	3,0
3,0	510-570	1200	2,0	1,5	18	3,5
3,5	550-602	1200	2,0	1,5	20	3,5
4,0	575-640	1200	2,5	1,5	20	4,0
4,5	606-660	1200	2,5	1,5	22	4,0
5,15	630-686	1200	2,5	2,0	22	4,0
6,7	688-750	1200	2,5	2,5	24	5,0
8,0	740-790	1200	3,0	2,5	24	5,5
10,3	811-855	1100	3,5	3,0	24	6,5
10-15	915-945	1100	4,0	3,5	24	7,5
<i>Примечания:</i>						
1. Выдержку при температуре посадки можно не производить						
2. В состав групп входят стали следующих марок:						
<i>1-я группа:</i> 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 15Г; 20Г; 30Г; 40Г; 50Г; 15Х; 15ХА; 20Х; 30Х; 35Х; 40Х; 10Г2; 15НМ; 20НМ						
<i>2-я группа:</i> 55; 60; 70; 60Г; 45Х; 50Х; 35Г2; 40Г2; 45Г2; 50Г2; 18ХГ; 20ХГР; 30ХГТ; 40ХГ; 35ХГ2; 33ХС; 38ХС; 40ХС; 20СГ; 35СГ; 15ХМ; 30ХМ; 35ХМ; 15ХФ; 20ХФ; 40ХФА; 20ХН; 40ХН; 45ХН; 50ХН; 13ХН2А; 12ХН2; 12ХН3А; 20ХН3А; 18ХГН; 20ХГНР; 30ХГНА; 38ХГН; 30Х2ГН2; 16ХСН; 18ХСНРА; 30ХНВА; 18Х2Н4ВА; 25Х2Н4ВА; 20ХН4ФА; 38ХЮ; 38ХМЮА; 38ХВФЮ; и все стали, указанные в 3-й группе табл. 8 и 9						

Таблица 7. Время нагрева горячих слитков (весом свыше 14 т) до ковочной температуры в пламенных печах

Вес слитка в т	Диаметр поперечного сечения в мм	Температура печи при посадке в °С	Время в ч				
			выдержки при температуре посадки	нагрева до ковочной температуры	минимальной выдержки при ковочной температуре	максимальной выдержки при ковочной температуре	общее мини- мальное
<i>1-й группы</i>							
14-	1010 -1050	1100	-	4,5	4,0	26	8,5
18-	1092 -1170	1100	-	5,5	5,0	26	10,5
24-	1222-1260	1100	1,5	5,5	5,0	26	12,0
32,5-	1304 -1392	1100	1,5	6,5	5,5	30	13,5
28,5	1200 -1434	1100	1,5	7,0	6,0	30	14,5
37,5	1310 -1560	1100	2,0	7,5	6,5	30	16,0
47-60	1472-1574	1100	222,0	8,0	6,5	30	16,5
48,5	1455 -1750	1100	2,5	9,0	7,5	34	19,0
70-84	1670 -1790	1100	2,5	9,5	8,0	34	20,0
80 -	1756 -1880	1100	2,5	10,0	8,5	36	21,0
95-118	1852-1984	1100	3,0	11,0	9,0	36	23,0
110 -	1964 -2100	900	3,0	12,0	9,5	36	24,5
135 -	2078-2226	900	3,0	13,0	10,5	36	26,5
<i>2-й группы</i>							
14-	1010-1050	1100	-	5,0	5,0	26	10,0
18-	1092-1170	1100	-	6,5	5,5	26	12,0
24-	1222-1260	1100	2,0	7,0	6,0	26	15,0
32,5-	1304-1392	1100	2,0	7,5	6,5	30	16,0
28,5	1200-1434	1100	2,5	8,0	6,5	30	17,0
37,5	1310-1560	1100	3,0	8,5	7,0	30	18,5
47-60	1472-1574	1100	3,0	9,0	7,0	30	19,0
48,5	1455-1750	1100	3,0	11,0	8,5	34	22,5
70-84	1670-1790	1100	3,0	11,5	9,0	34	23,5
80-100	1756-1880	1100	3,5	12,0	9,5	36	24,5
95-118	1852-1984	1100	3,5	13,0	10,5	36	26,5
110-	1964-2100	900	3,5	14,0	11,5	36	29,0
135-	2078-2226	900	3,5	15,0	12,5	36	31,0

Примечание. Распределение сталей по группам см. примечание к табл. 4.

Приложение В ПРИМЕР РАСЧЕТА

Разработать технологический процессковки детали, размеры которой приведены на рис.В.1.

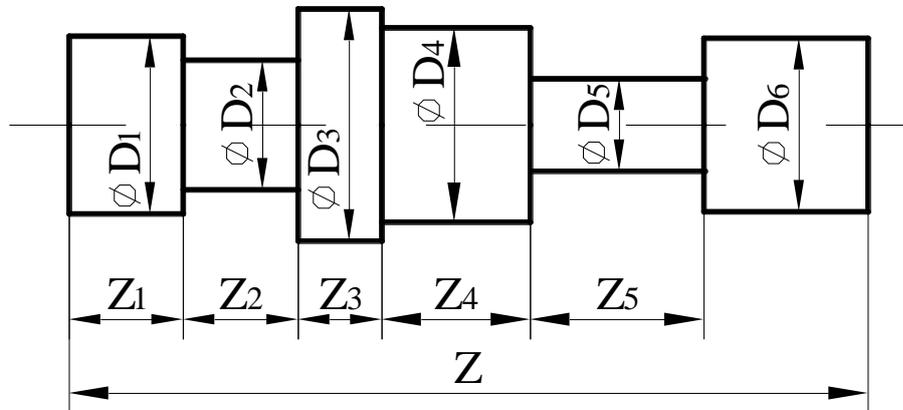


Рисунок – В.1

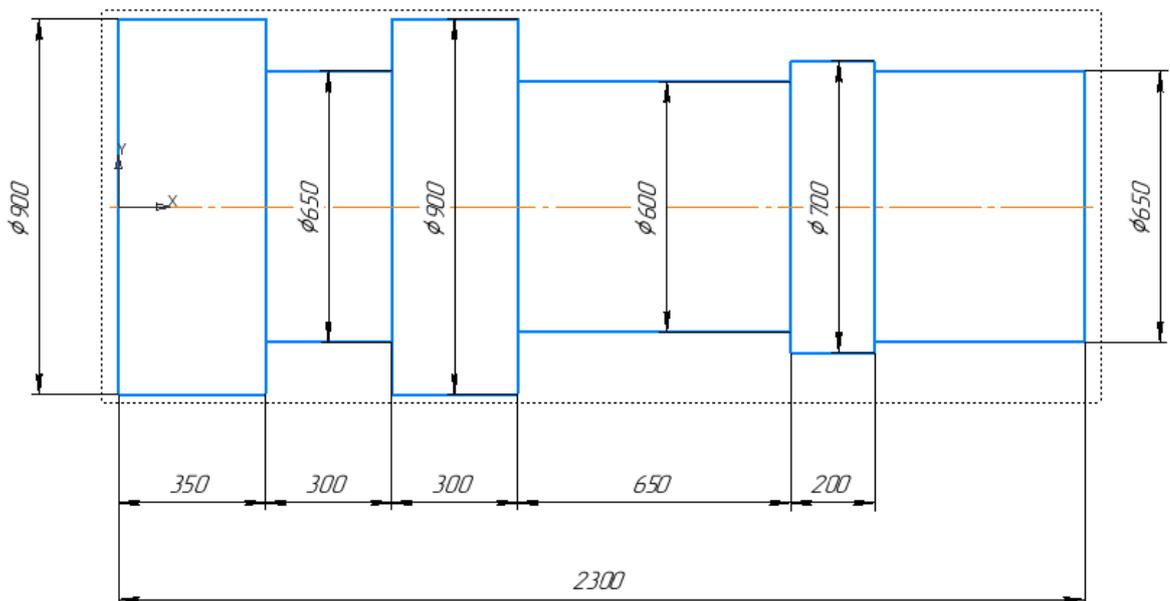
Последовательность разработки технологического процессаковки с уступами рассмотрим на конкретном примерековки детали с размерами, мм: $D_1=900$; $D_2=650$; $D_3=900$; $D_4=600$; $D_5=700$; $D_6=650$; $L_1=350$; $Z_2=300$; $Z_3=300$; $Z_4=650$; $Z_5=200$; $Z=2300$ (см.рис.В.1)

Материал - Сталь 40.

Оборудование - Пресс ковочный

Для осуществления технологического процессаковки достаточно один нагрев с подогревом перед операцией осадки.

Напуск на пробы на механические испытания разрешается не учитывать.



Чертеж детали

1 СОСТАВЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ

1.1 Назначение основных и дополнительных припусков и допусков на диаметры

Основные припуски δ и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$ выбираем по табл. 2 ГОСТ 7062-90 в зависимости от общей длины детали на каждый конкретный диаметр.

Дополнительные припуски на диаметры всех сечений, кроме основного, выбираем по табл.4 ГОСТ 7062-90 в зависимости от разности диаметров основного и рассматриваемого сечения детали.

Для валов с одним или двумя уступами и валов с выемкой при выборе основного сечения следует руководствоваться п.12.4 ГОСТ 7062-90 и табл. 1 ГОСТ 7062-90.

Рассматриваемая в примере деталь имеет более двух уступов, следовательно, за основное принимаем сечение наибольшего диаметра ($D_1 = D_2 = 990$ мм).

Данные расчетов диаметров поковки сводим в таблицу 1.

Расчетные номинальные размеры поковок округляем до чисел, оканчивающихся на 5 или 0. Номинальные размеры округляем в меньшую сторону, если они оканчиваются на 1, 2, 6 и 7 и в большую сторону, если они оканчиваются на 3, 4, 8 и 9.

Таблица 1 – Расчет припусков и отклонений на диаметры поковки

Диаметр детали, мм	$\delta \pm \frac{\Delta}{2}$, мм	$D_{\text{осн}} - D$, мм	Дополнительный припуск	Диаметр поковки, мм	
				расчетный	округленный
D_1 900	30 ± 11	0	–	930 ± 11	930 ± 11
D_2 650	28 ± 10	250	9	687 ± 11	685 ± 11
D_3 900	30 ± 11	0	–	930 ± 11	930 ± 11
D_4 600	27 ± 10	300	12	639 ± 10	640 ± 10
D_5 700	28 ± 10	200	8	736 ± 10	735 ± 10
D_6 650	28 ± 10	250	9	687 ± 10	685 ± 10

1.2. Назначение припусков и предельных отклонений на размеры по длине

Припуски и предельные отклонения на общую длину и размеры от единой базы до выступов и уступов выбираем в соответствии с черт. 6 ГОСТ 7062-90 или рисунком 1.

Отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$ на длину выемки не выбираем. Фактический размер выемки должен обеспечить получение годной детали.

Таблица 2 – Расчет припусков на длину поковки

Длина элементов детали, мм	Припуск, мм	Предварительная длина элемента поковки, мм
350	$1,5 \cdot 30 + 0,75 \cdot 30 = 67,5$	417,5
300	$-0,75 \cdot 30 - 0,75 \cdot 30 = -45$	255
300	$0,75 \cdot 30 + 0,75 \cdot 30 = 45$	345
650	$-0,75 \cdot 30 - 0,75 \cdot 28 = -43,5$	606,5
200	$0,75 \cdot 28 + 0,75 \cdot 28 = 42$	242
500	$-0,75 \cdot 28 + 1,5 \cdot 28 = 21$	521
2300	$1,5 \cdot 30 + 1,5 \cdot 28 = 87$	2387

После назначения основных и дополнительных припусков на диаметр и припусков на длину составляем расчетный чертеж поковки (рис.В.2).

Чертеж поковки разрабатывается на основе чертежа детали.

Контур детали выполняется сплошной тонкой линией, контур поковки – основной.

Указываем линейные размеры буртов, уступов, выступов, выемок и фланцев после назначения на них припусков. Наносим размерные линии поковки. В скобках под размерными линиями указываем номинальные размеры готовой детали.

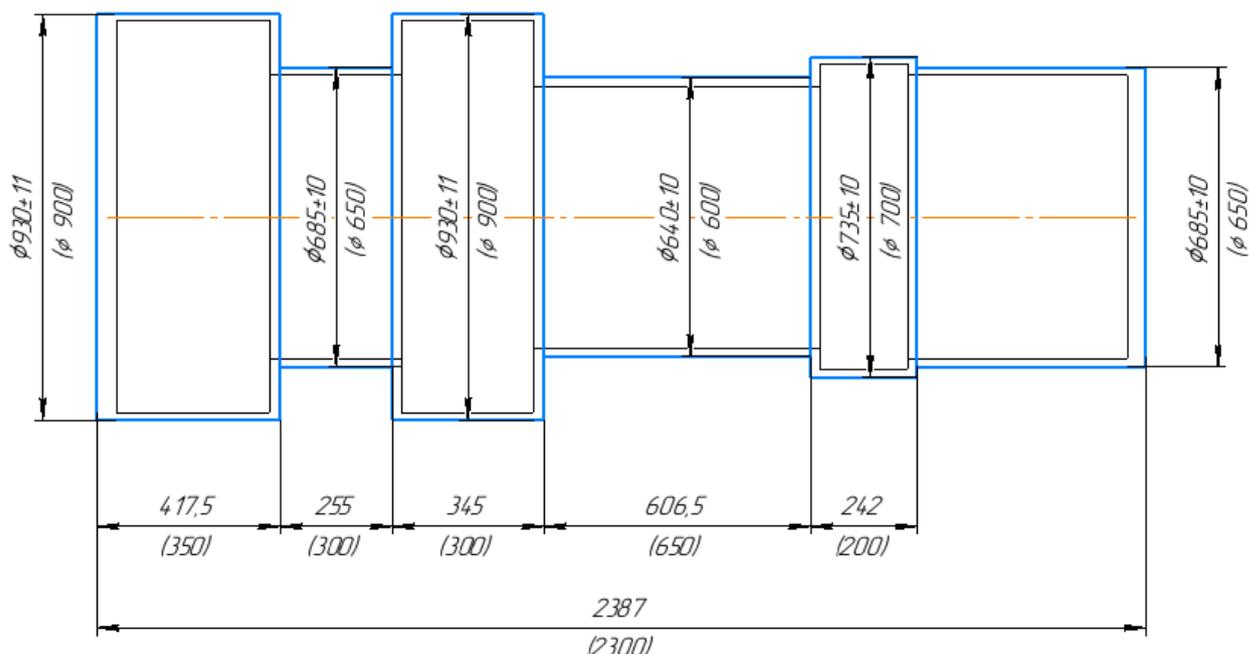


Рисунок В.2 - Расчетный чертеж поковки

1.3 Проверка возможности выполнения уступов и выемок

Минимальные размеры высот и длин уступов и выемок поковок приведены соответственно в табл.5 и 6 ГОСТ 7062-90.

Уступ I - Ø 685 мм, длина 521 мм.

Высота уступа I равна $(735 - 685) \cdot 0,5 = 25$ мм. По табл.5 ГОСТ 7062-90 находим, что при длине поковки 2000–3000 мм и диаметре, примыкающем к уступу, 700–750 мм минимальная высота уступа равна 30 мм. Следовательно, уступ I не выполняется, отковываем его по диаметру соседнего выступа Ø735 мм.

Выемка II - Ø640 мм, длина 606,5 мм.

Высота выемки II равна $(735 - 640) \cdot 0,5 = 47,5$ мм.

По табл.5 ГОСТ 7062-90 находим, что минимальная высота выемки равна 30 мм.

По табл.6 ГОСТ 7062-90 находим, что при длине поковки 2000–3000 мм и минимальном диаметре, примыкающем к выемке, 700–750 мм минимальная длина выемки равна 490 мм.

Следовательно, выемка II выполняется.

Выемка III - Ø685 мм, длина 255 мм.

Высота выемки III равна $(930 - 685) \cdot 0,5 = 122,5$ мм.

По табл.5 ГОСТ 7062-90 находим, что минимальная высота выемки равна 35 мм.

По табл.6 ГОСТ 7062-90 находим, что при длине поковки 2000–3000 мм и диаметре, примыкающем к выемке, 900–950 мм минимальная длина выемки равна 590 мм.

Следовательно, выемка III не выполняется.

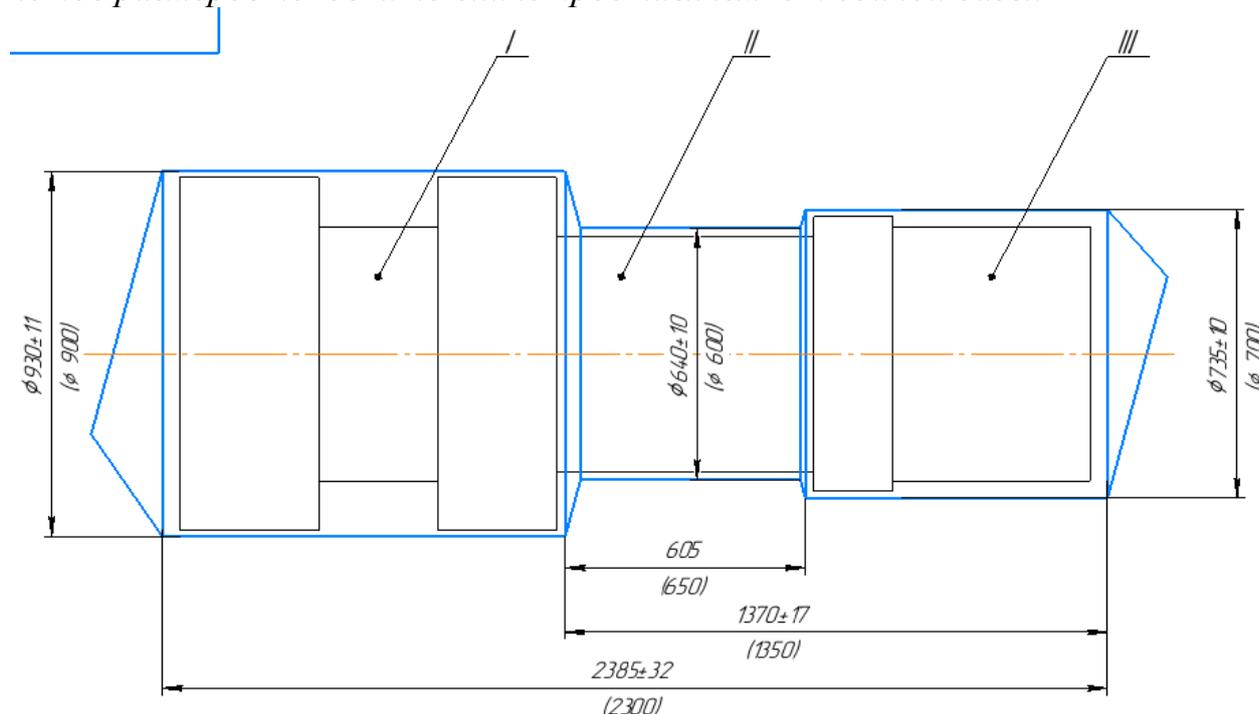
Уточняем данные расчетов размеров поковки по длине от единой базы (за базу выбираем торец выступа наибольшего сечения, не являющегося торцом поковки) и сводим в таблицу 3.

Таблица 3

Размер элемента длины детали, мм	Припуск и допуск, мм	Длина элементов поковки, мм	
		расчетная	округленная
650	$650 - 0,75 \cdot 30 - 0,75 \cdot 28 = 606,5$	606,5	605
$500 + 200 + 650 = 1350$	$1350 + 1,5 \cdot 28 - 0,75 \cdot 28 = 1371$ $1,5 * 11 = 17$	1371 ± 17	1370 ± 17
2300	$2300 + 1,5 \cdot 30 + 1,5 \cdot 28 = 2387$ $1,5 * (11 + 10) = 32$	2387 ± 32	2385 ± 32

1.4 Окончательное уточнение размеров поковки и составление ее чертежа

После проверки выполнимости элементов поковки разрабатываем окончательный чертеж поковки сплошного вала с уступами (рис. В.3). Данные расчетов размеров поковки по длине проставляем от единой базы.



- 1 Поковка по ГОСТ 7062-90.
- 2 Скосы и радиусы между уступами не нормируются.
- 3 Гр.1 ГОСТ 8479-70.
- 4 На обрабатываемых поверхностях поковок допускаются отдельные дефекты без удаления, если глубина их, определяемая контрольной вырубкой или зачисткой, не превышает 75% фактического одностороннего припуска на механическую обработку.

Рисунок В.3 – Окончательный чертеж поковки

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ И РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ

2.1 Расчет массы поковки (рис.В.3)

Масса напуска P_r (в кг) на скосах между уступами (галтели)

$$P_r = 0,18(D_{1\Pi} - D_{2\Pi})^2 (D_{1\Pi} + 2D_{2\Pi}), \quad (1)$$

где $D_{1\Pi}$ и $D_{2\Pi}$ – диаметры смежных участков поковки, дм;

$$D_{1\Pi} > D_{2\Pi}.$$

$$P_{rI-II} = 0,18(9,3 - 6,4)^2 (9,3 + 2 * 6,4) = 33,5 \text{ кг}$$

$$P_{rI-III} = 0,18(7,35 - 6,4)^2 (7,35 + 2 * 6,4) = 3,3 \text{ кг}$$

Масса напуска P_c (в кг) на скосах после рубки (с одной стороны поковки)

$$P_c = 0,28D_{\Pi}^3, \quad (2)$$

где D_{Π} – диаметр поковки, дм;

$$P_{cI} = 0,28 * 9,9^3 = 225 \text{ кг}$$

$$P_{cII} = 0,28 * 7,35^3 = 111 \text{ кг}$$

Масса поковки

$$G_{\text{пок}} = (V_I + V_{II} + V_{III}) \gamma + P_{r(I-II)} + P_{r(II-III)} + P_{c(I)} + P_{c(III)},$$

где $\gamma = 7,85 \text{ кг/дм}^3$ – плотность стали.

Объемы поковок, изготавливаемых под прессами, определяем в кубических дециметрах.

$$G_{\text{пок}} = \left(\frac{\pi * 9,3^2}{4} * 10,17 + \frac{\pi * 6,4^2}{4} * 6,05 + \frac{\pi * 7,35^2}{4} * 7,65 \right) * 7,85 + 33,5 + 3,3 + 225 + 111 = 9871,3 \text{ кг}$$

2.2 Расчет массы исходной заготовки

Отходы на угар $G_{\text{уг}}$.

При нагреве холодных слитков или заготовок (с температурой посадки в печь ниже 650°C) из углеродистой или среднелегированной стали до температур $1200\text{--}1250^\circ\text{C}$ потери металла от угара в среднем составляют 2–2,5% от нагреваемой массы.

При каждом подогреве отход на угар составляет 1,5%.

Для осуществления технологического процессаковки в рассматриваемом варианте достаточен один нагрев с подогревом перед операцией осадки.

Потеря на угар $G_{\text{уг}} = 0,035G_{\text{заг}}$.

Отходы на прибыльную часть $G_{\text{приб}}$:

При использовании сортамента восьмигранных нормальных слитков НКМЗ [2] принимаем

$$G_{\text{приб}} = 0,2 G_{\text{заг}}.$$

Отходы на донную часть $G_{\text{дон}}$:

Масса донной части слитка составляет для углеродистой стали 3–7% от массы слитка, для легированной – 7–10%.

При использовании сортамента восьмигранных нормальных слитков НКМЗ [2] принимаем

$$G_{\text{дон}} = 0,05 G_{\text{заг}}.$$

Отходы на обрубку $G_{\text{обр}}$:

При ковке на прессах отходы на концевые обрубки

$$G_{\text{обр}} = 0,21 D_{\text{пок}}^3 \rho,$$

где $D_{\text{пок}}$ – диаметр концевой части поковки, с которой производится рубка, мм;

$$G_{\text{обр}} = 0,21 * 7,35^3 * 7,85 = 654,6 \text{ кг}$$

Масса исходной заготовки будет определяться как

$$G_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{пок}} + G_{\text{обр}}}{0,715}, \text{ кг}.$$

$$G_{\text{заг}} = \frac{9871,3 + 654,6}{0,715} = 14722 \text{ кг}$$

2.3 Выбор слитка и предварительный расчет баланса металла

По сортаменту восьмигранных нормальных слитков НКМЗ [2] Таблица 4 рисунок 7 выбираем слиток ближайший к расчетной массе заготовки.

Выписываем все размеры слитка, на чертеже слитка (рис. В.4) проставляем размеры.

Масса, кг				Размеры, мм						
Слиток	Тело слитка	Поддон	Прибыль	C_1	C	H	h	H_1	d_1	d_H
15900	12400	500	3000	924	988	2200	190	710	822	968

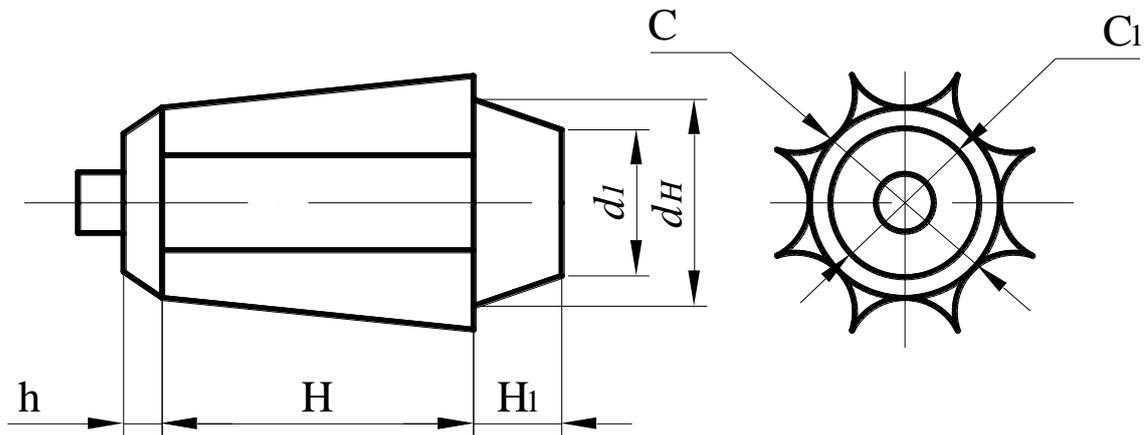


Рисунок В.4 - Чертеж слитка

Масса годного остатка $G_{г.ост.}$

$$G_{г.ост.} = G_{к.сл.} - G_{уг.к} - (G_{пок} + G_{обр}), кг.$$

где $G_{к.сл.}$ – масса корпуса (тела) слитка по Таблице 4.

$G_{уг.к}$ - потери на угар в корпусе слитка

$$G_{уг.к} = 0,035 G_{к.сл.}, кг,$$

$$G_{уг.к} = 0,035 * 12400 = 434 кг$$

$$G_{г.ост.} = 12400 - 434 - (9871,3 + 654,6) = 1440,1 кг.$$

Общие потери от угара с учетом того, что после биллетировки слитка следует рубка донной части и при подогреве перед осадкой заготовка будет подогреваться без донной части:

$$G_{уг} = G_{сл} \cdot 0,02 + (G_{сл} - G_{дон}) \cdot 0,015, кг.$$

$$G_{уг} = 15900 \cdot 0,02 + (15900 - 500) \cdot 0,015 = 549 кг.$$

Составляем баланс металла и сводим в таблицу 5

Таблица 5 – Баланс металла

Составляющая	Масса, кг	Масса, %
Слиток	15900	100
Поковка	9871,3	62
Годный остаток	1440,1	9,1
Прибыль	3000	18,9
Донная часть	500	3,1
Концевые обрубки	654,6	4,1
Угар в корпусе слитка	434	2,8
Общий угар	549	3,5

3 НАЗНАЧЕНИЕ УКОВА

При изменении массы слитка от 1 до 200т из углеродистой и среднелегированной стали достаточный уков меняется в пределах от 2,5 до 3,75.

Принимаем $y = 3$.

При биллетировке слитков нормальной формы уков биллетировки $y_б = 1,1 \div 1,2$.

Принимаем $y_б = 1,15$.

Рекомендуемый уков при протяжке $y_{пр} = 2$.

Рассмотрим, каким образом заданный уков y может быть обеспечен с учетом различных соотношений максимального диаметра поковки $D_{пок \max}$ и диаметра слитка после биллетирования $D_б$.

Рассчитываем:

$$y / y_б = 3 / 1,15 = 2,61$$

Проверяем выполнение условия:

если $y_{пр} \geq y / y_б$, то ковка ведется без операции осадки.

если $y_{пр} < y / y_б$, то операция осадки необходима.

В рассматриваемом примере $2 < 2,61$, следовательно операция осадки необходима.

Определяем какой максимальный относительный диаметр можно получить, используя одну осадку

$$\bar{D}_м = \frac{D_{п \max}}{D_б}$$

где $D_{п \max}$ - диаметр поковки максимальный,

$D_б$ - диаметр биллета, диаметр биллета равен диаметру вписанной окружности в основание слитка у донной части, $C_1 = 924$ мм;

$$\bar{D}_м = \frac{930}{924} = 1,0065$$

Проверяем условия:

если $\bar{D}_м = \frac{D_{п \max}}{D_б} < 1,109$, то необходима одна осадка.

если $\bar{D}_м > 1,109$, следует выполнить две или более осадок.

$1,0065 < 1,109$ - необходима одна осадка

4 НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ СЛИТКА

При ковке валов из слитков с осадкой используется как минимум два нагрева, из которых один подогрев.

Первый нагрев – под биллетировку.

Подогрев производится перед осадкой.

Температурный интервалковки выбирается по таблице 6.

Температура началаковки = 1250°С.

Температура окончанияковки = 780°С.

Определяем общее время нагрева холодного слитка весом свыше 14 т по таблице 5 Приложение Б. Сталь 40 относится ко 2 группе (примечание к таблице).

Вес слитка в т	Диаметр поперечного сечения в мм	Температура печи при посадке в °С	Время в ч					
			Выдержки при температуре посадки	Нагрева до температуры печи 800°С	Выдержки при температуре печи 800°С	Нагрева до ковочной температуры	Выдержки при ковочной температуре	Общее минимальное
<i>Стали 2-й группы</i>								
14 - 19,5	1010 - 1050	700	2,5	2,0	1,5	3,0	4,0	13,0

По таблице 7 определяем режим охлаждения поковки – охлаждение в термических печах.

5 ВЫБОР КУЗНЕЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кузнечное оборудование выбираем по наиболее тяжелой операции технологического процесса – осадке.

Расчет требуемого для осадки усилия прессы проводим с учетом размера заготовки после биллетирования и рубки донной части.

Высота биллета H_6 :

$$H_6 = y_6 \cdot H,$$

где H - длина корпуса слитка по Таблице 4, $H = 2200$ мм.

$$H_6 = 1,15 \cdot 2200 = 2530 \text{ мм}$$

Минимальное расстояние от торца заготовки до топора при рубке под прессом:

$$l_{\min} = 0,25 \cdot D_6 + 15 \text{ мм} .$$

Где D_6 - диаметр билета, равен диаметру вписанной окружности в основании слитка у донной части $C1 = 924$ мм по Таблице 4;

$$l_{\min} = 0,25 \cdot 924 + 15 = 246 \text{ мм}$$

Принимаем $l_{\min} = 250 \text{ мм}$

Длина билета перед осадкой:

$$H_{6.ос} = H_6 + h - l_{\min}, \text{ мм} .$$

Где h – высота донной части слитка = h по Таблице 4.

$$H_{6.ос} = 2530 + 190 - 250 = 2470 \text{ мм}$$

Определяем размеры осаженной заготовки и степень деформации после осадки.

Диаметр заготовки после осадки:

$$D_{ос} = D_{\text{покат}} \sqrt{\frac{y}{y_6}} .$$

$$D_{ос} = 930 \sqrt{\frac{3}{1,15}} = 1500 \text{ мм}$$

Высота заготовки $H_{ос}$ после осадки:

$$H_{ос} = H_{6.ос} \left(\frac{D_6}{D_{ос}} \right)^2 ,$$

где $H_{6.ос}$ - длина билета перед осадкой.

$$H_{ос} = 2470 \left(\frac{924}{1500} \right)^2 = 940 \text{ мм}$$

Степень деформации при осадке:

$$\varepsilon_h = \frac{H_{6.ос} - H_{ос}}{H_6} ,$$

$$\varepsilon_h = \frac{2470 - 940}{2470} = 0,62$$

Усилие прессы при осадке:

$$P = \psi \cdot \left(1 + 0,17 \frac{D_{oc}}{H_{oc}}\right) \sigma_{Bt} F_{oc} 10^{-6}, \text{ МН}$$

где $\psi = 0,6$ – масштабный коэффициент по Таблице 8

D_{oc} - диаметр после осадки, мм

H_{oc} - высота заготовки после осадки, мм

$\sigma_{Bt} = 36$ МПа - предел прочности стали при растяжении при температуре осадки 1100°C по Таблице 9

F_{oc} – площадь поперечного сечения заготовки в момент окончания осадки, мм^2 ;

$$F_{oc} = \frac{D_{oc}^2 \cdot \pi}{4}$$

$$F_{oc} = \frac{1500^2 \cdot \pi}{4} = 1767146 \text{ мм}^2$$

$$P = 0,6 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{1500}{940}\right) \cdot 36 \cdot 1767146 \cdot 10^{-6} = 48,5 \text{ МН}$$

Выбираем пресс FPCN-5000 усилием 50 МН.

6 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ, ИНСТРУМЕНТА

При ковке необходимы операции протяжки, осадки, пережима, рубки.

Операцию протяжки рекомендуется проводить с использованием плоских бойков или верхнего плоского бойка, нижнего вырезного.

1-я операция.

Нагрев до температуры 1250°C, продолжительность нагрева 13 часов.

2-я операция.

Оттяжка цапфы под патрон или под захваты манипулятора (рис.В.5).

Цапфу куют из прибыльной части слитка.

Рассчитываем диаметр цапфы под патрон:

$$d_{ц} = (0,5 \div 0,7) D_{б}$$

где $D_{б}$ - диаметр заготовки после биллетирования

$$d_{ц} = 0,65 \cdot 924 = 600 \text{ мм}$$

Рассчитываем длину цапфы $l_{ц}$ из условия постоянства объемов прибыльной части:

$$\left(\frac{d_1 + d_n}{2} \right)^2 \cdot H_1 = D_{ц}^2 l_{ц};$$

где $d_1 = 822$ мм, $d_n = 968$ мм, $H_1 = 710$ мм - определяем по Таблице 4.

$$\left(\frac{822 + 968}{2} \right)^2 \cdot 710 = 600^2 l_{ц}$$

$$l_{ц} = 1580 \text{ мм.}$$

Инструмент: верхний боек – плоский, нижний – вырезной, ромбический с углом 90°–180°.

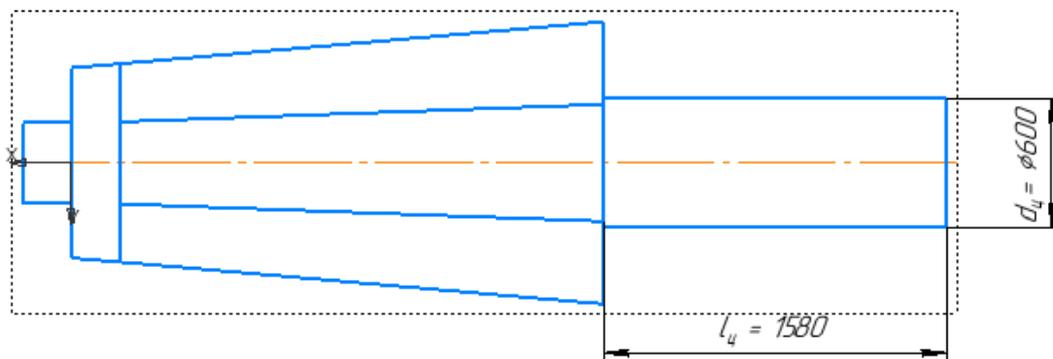


Рисунок В.5

3-я операция.

Билетировка (рис.В.6).

Диаметр билета $D_6 = 924$ мм

Высота билета $H_6 = 2530$ мм

Инструмент прежний.

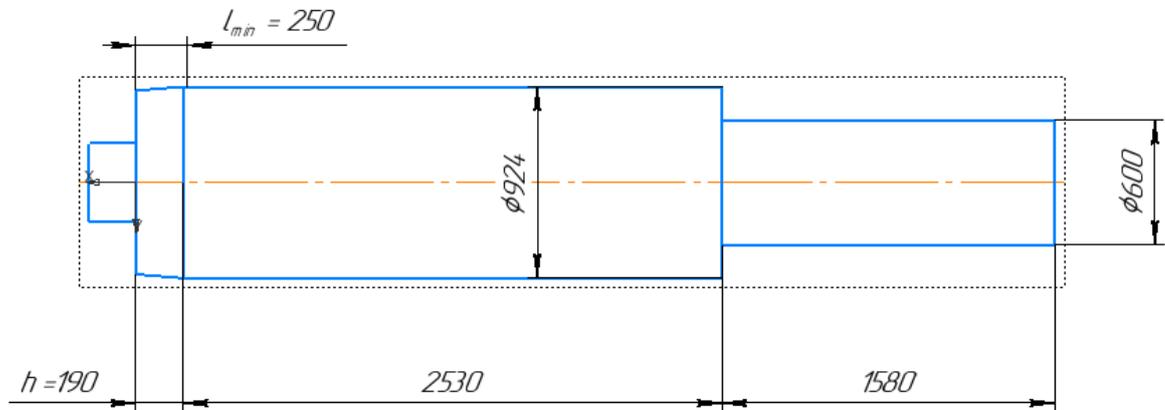


Рисунок В.6

4-я операция.

Рубка по разметке с трех сторон с кантовкой на 120° (рис.В.7).

Предварительная рубка осуществляется прямоугольным плоским двусторонним топором.

Третья, окончательная рубка – трапецидальным топором.

Дополнительный инструмент – мерительная линейка, круглая раскатка.

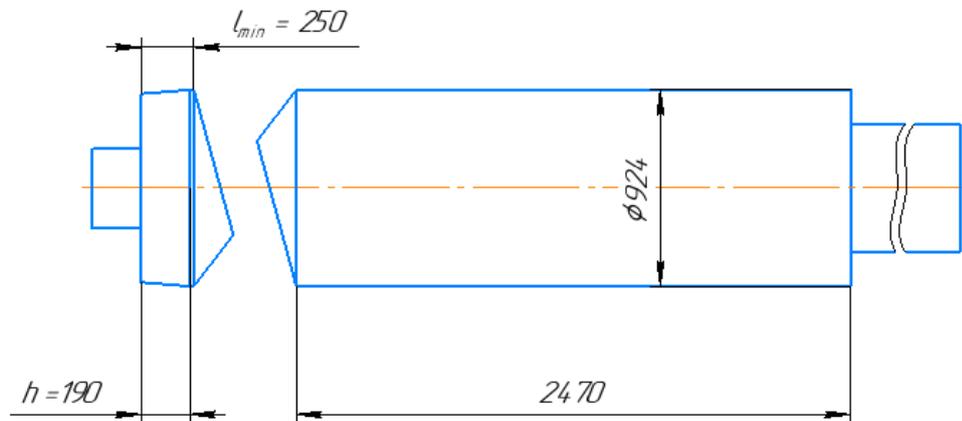


Рисунок В.7

5-я операция.

Подогрев заготовки в печи до температуры 1260°C

6-я операция.

Осадка с хвостовиком (рис.В.8).

Инструмент:

Верхняя осадочная плита – со сферической выемкой, нижняя осадочная плита – со сферической выемкой и отверстием под хвостовик.

Радиус сферы определяем по зависимости

$$R_{\text{сф}} \approx (4 \div 5) \cdot D_{\text{б}}$$

где $D_{\text{б}}$ - диаметр заготовки после биллетирования

В рассматриваемом случае можно принять $R_{\text{сф}} = 4,5 \cdot 924 = 4158 \text{ мм}$. Примем $R_{\text{сф}} = 4200 \text{ мм}$.

Диаметр заготовки после осадки $D_{\text{ос}} = 1500 \text{ мм}$.

Высота заготовки после осадки $H_{\text{ос}} = 940 \text{ мм}$.

Степень деформации при осадке $\varepsilon_{\text{h}} = 0,62$.

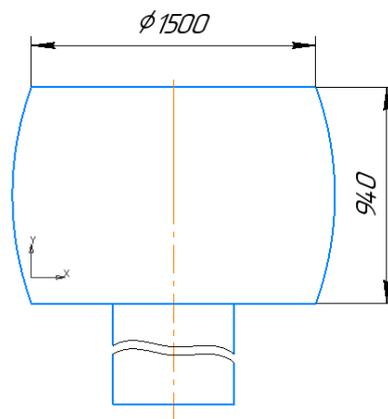


Рисунок В.8

7-я операция.

Протяжка на размер $D_{\text{пр}} = D_{\text{покmax}} + \Pi_{\text{ут}}$,

где

$D_{\text{покmax}} = 930 \text{ мм}$ - максимальный диаметр поковки, мм

$\Pi_{\text{ут}} = 50 \dots 60 \text{ мм}$, принимаем 60 мм – припуск на утяжку с учетом последующей операции перебивки, определяемый по Таблице 11.

Таким образом, протяжка проводится на размер $D_{\text{пр}} = 990 \text{ мм}$ (рис.В.9).

Определяем длину деформируемой части Z из условия постоянства объемов с учетом потери металла на угар, равной 1,5% при подогреве:

$$D_{\text{ос}}^2 \cdot H_{\text{ос}} \cdot 0,985 = D_{\text{покmax}}^2 \cdot Z,$$

$$1500^2 \cdot 940 \cdot 0,985 = 990^2 \cdot Z$$

Длина деформируемой части $Z = 2125 \text{ мм}$.

Инструмент:

верхний боек – плоский, нижний боек – вырезной ромбический, с углом $90^\circ - 120^\circ$.

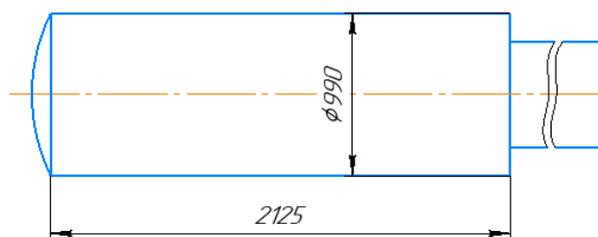


Рисунок В.9

8-я операция.

Перебивка (пережим) уступов.

Разметка заготовки (рис.В.10) производится на основе расчета длин отдельных участков заготовки из условия постоянства объемов

$$Z'_1 = \frac{V_I + P_{с1} / \rho}{F_{пр}}, \text{ мм} .$$

Где $F_{пр}$ - площадь поперечного сечения полуфабриката при диаметре протяжки с учетом припуска на утяжку = 990 мм = 9,9 дм.

$$F_{пр} = \frac{\pi \cdot 9,9^2}{4} = 77 \text{ дм}^2$$

$$Z'_2 = \frac{V_{II} + V_{I-II} + V_{II-III}}{F_{9,9}} = \frac{194,6 + 33,5 / 7,85 + 3,3 / 7,85}{77} = 2,59 \text{ дм} = 259 \text{ мм}$$

Длина Z'_3 , соответствующая участкуковки на длине 1370–605мм (рис.В.3), обычно на этом этапе не размечается. Пережим выполняется после окончательной протяжки или производится рубка по разметке без пережима.

С учетом глубины пережимаемых уступов $\frac{990 - 640}{2} = 175$ мм на сторону, перебивка может производиться треугольными пережимками со стороной катета 100мм на глубину 90 мм.

Пережим участка в зоне, отделяющей прибыльную часть от поковки с целью последующей отрубки - l' (рис.В.13), производится круглой пережимкой.

Размер $l' = 50 \div 100$ мм, принимаем $l' = 50$ мм.

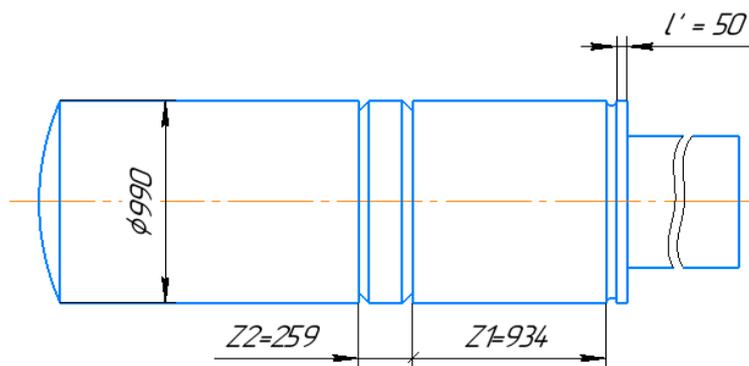


Рисунок В.10

9-я операция.

Протяжка среднего участка поковки на окончательный диаметр $\phi 640 \pm 10$ мм (рис.В.1).

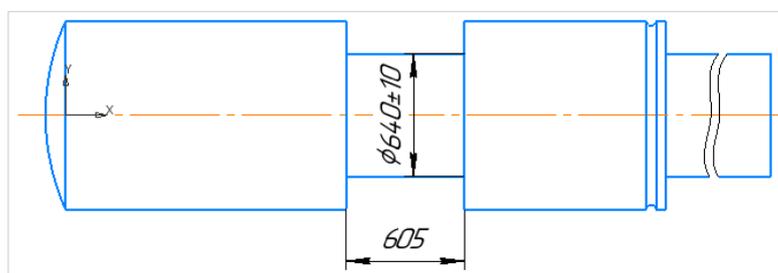


Рисунок В.11

10-я операция.

Протяжка концевого участка поковки на окончательный диаметр $\phi 735 \pm 10$ мм (рис.В.12).

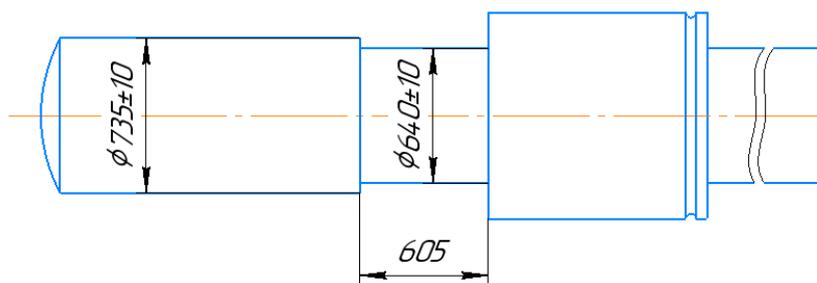


Рисунок В.12

11-я операция.

Протяжка (правка) участка поковки, прилегающего к прибыльной части, на окончательный диаметр $\phi 930 \pm 10$ мм (рис.В.13).

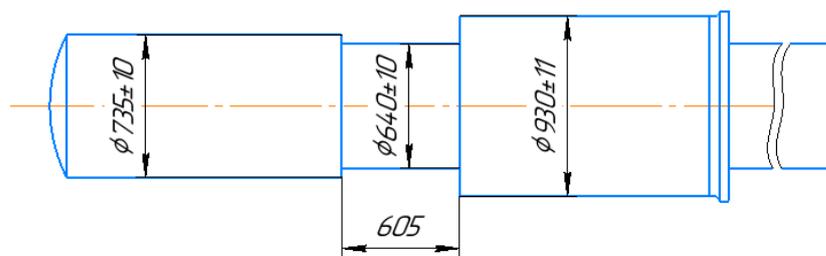


Рисунок В.13

9, 10 и 11-я операции выполняются верхним плоским и нижним ромбическим бойком с углом 90° – 120° .

12-я операция.

Разметка и наметка концевой участка с диаметром $\phi 735$ мм на длину по чертежу поковки (рис.В.14).

Инструмент – мерительная линейка, круглая раскатка.

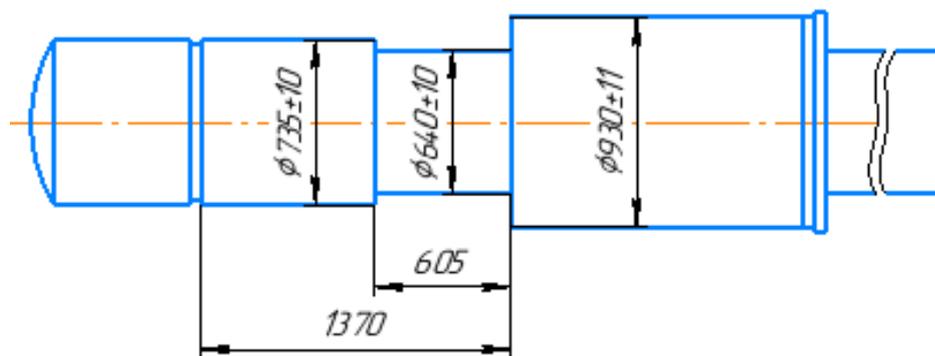


Рисунок В.14

13-я операция.

Рубка годного остатка по разметке (рис.В.15) производится с трех сторон с кантовкой на 120° .

Первоначальная рубка (на 1-м и 2-м переходах) производится двусторонним прямоугольным топором;

3-я, окончательная рубка производится трапецидальным топором.

Инструмент – мерительная линейка, круглая раскатка.

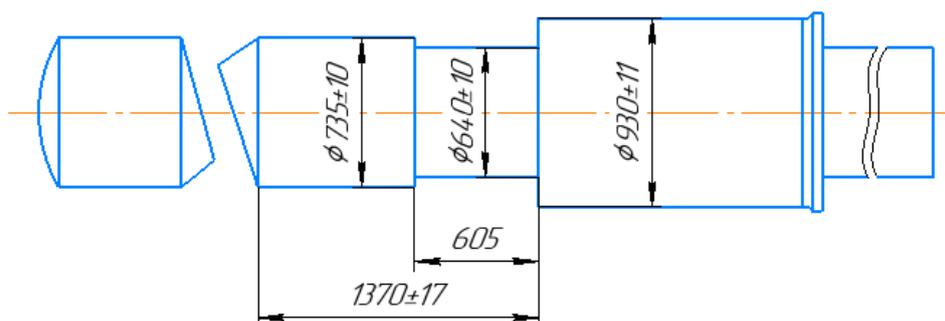


Рисунок В.15

14-я операция. Рубка со стороны прибыльной части на общую длину поковки аналогична предыдущей операции (рис.В.16).

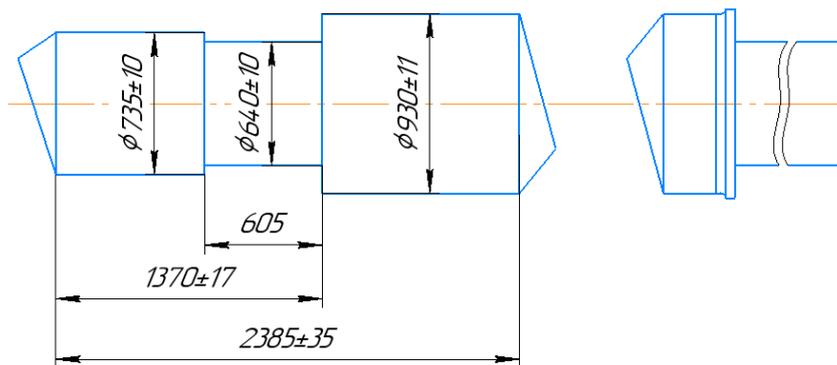


Рисунок В.16

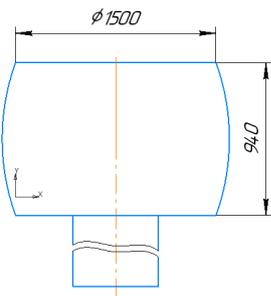
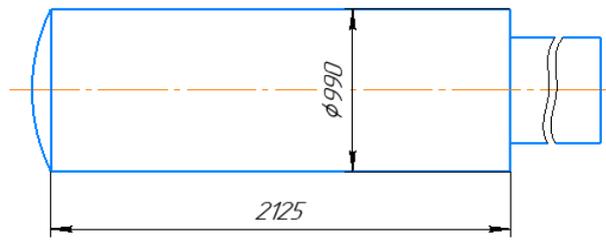
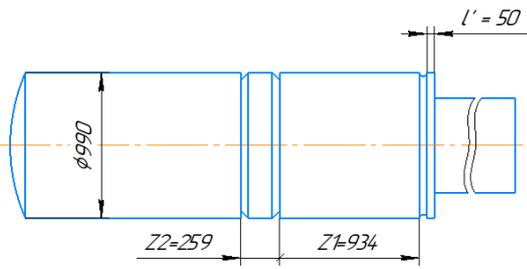
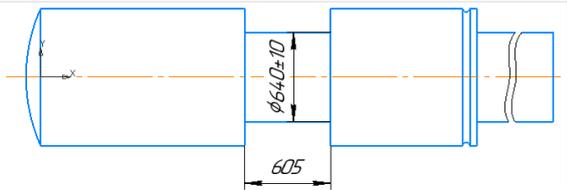
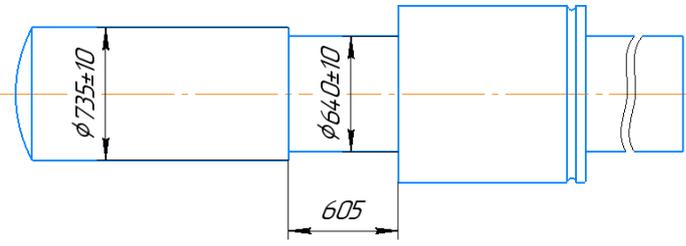
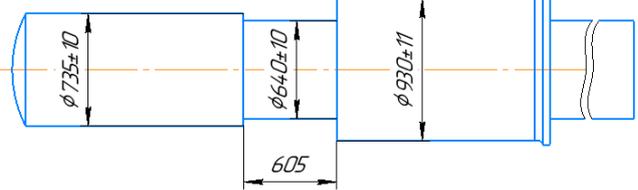
После рубки (операции 4, 13 и 14) по мере необходимости удаляют заусенцы с торцевой части поковки, используя односторонний топор.

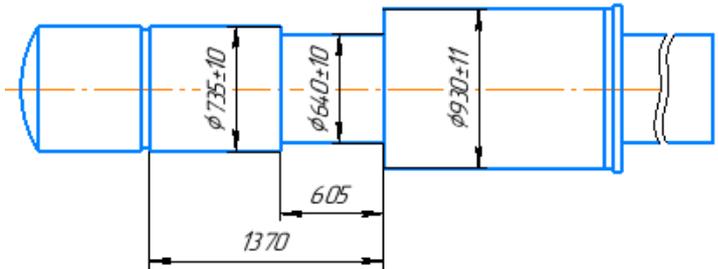
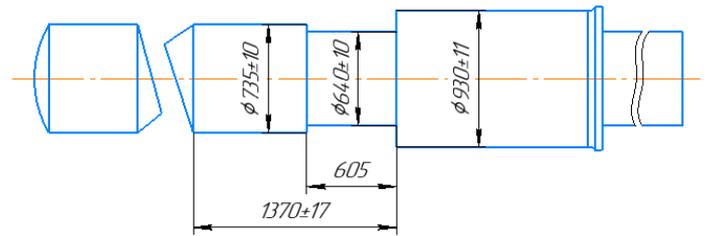
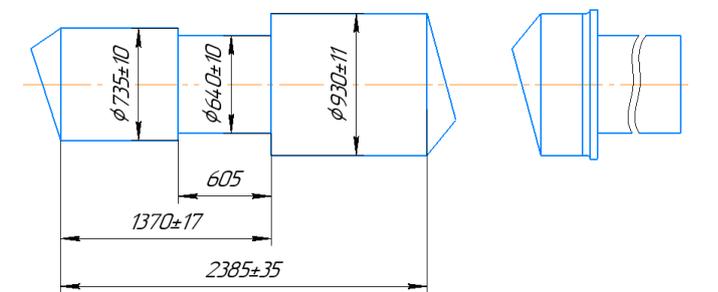
Приглаживание после протяжки и правка после рубки проводятся по мере необходимости.

Охлаждение поковки послековки – в печи.

Все операции сводим в технологическую операционную карту

№	Наименование операции	Эскиз перехода	Инструмент
1	Нагрев	Нагрев до температурыковки 1250°С, продолжительность нагрева 13 ч.	
2	Оттяжка цапфы		верхний боек – плоский, нижний – вырезной, ромбический с углом 90°–180°
3	Биллетировка		верхний боек – плоский, нижний – вырезной, ромбический с углом 90°–180°
4	Рубка по разметке с трех сторон с кантовкой на 120°		прямоугольный плоским двусторонний топор, трапецидальный топор, мерительная линейка, круглая раскатка

5	Подогрев заготовки	Подогрев до температуры 1260°C продолжительность нагрева 10 ч.	
6	Осадка с хвостовиком		верхняя осадочная плита – со сферической выемкой, нижняя осадочная плита – со сферической выемкой и отверстием под хвостовик
7	Протяжка на диаметр Ø990 мм		верхний боек – плоский, нижний боек – вырезной ромбический, с углом 90°–120°
8	Перебивка (перезжим) уступов		верхний боек – плоский, нижний боек – вырезной ромбический, с углом 90°–120°
9	Протяжка среднего участка поковки на окончательный диаметр Ø640 ± 10 мм		верхний боек – плоский, нижний боек – вырезной ромбический, с углом 90°–120°
10	Протяжка концевого участка поковки на окончательный диаметр Ø735 ± 10 мм		верхний боек – плоский, нижний боек – вырезной ромбический, с углом 90°–120°
11	Протяжка (правка) участка поковки, прилегающего к прибыльной части, на окончательный диаметр Ø930 ± 10 мм		верхний боек – плоский, нижний боек – вырезной ромбический, с углом 90°–120°

12	Разметка и наметка концевого участка диаметром Ø735 мм на длину по чертежу поковки		мерительная линейка, круглая рас- катка
13	Рубка годного остатка по разметке с трех сторон с кантовкой на 120°		прямоугольный топор, трапе- цеидальный топор, мерит- ельная линей- ка, круглая раскатка
14	Рубка на общую длину поковки со стороны прибыль- ной части		прямоугольный топор, трапе- цеидальный топор, мерит- ельная линей- ка, круглая раскатка
15	Удаление заусенцов, приглаживание	-	односторонний топор, верхний боек – плоский, нижний боек – вырезной ром- бический, с уг- лом 90°–120°
16	Охлаждение по- ковки в печи	-	

7 УТОЧНЕНИЕ БАЛАНСА МЕТАЛЛА, КОЭФФИЦИЕНТОВ ТОЧНОСТИ ЗАГОТОВКИ И КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА МЕТАЛЛА

Отходы с донной частью

Отходы с донной частью включают в себя отходы в зоне корпуса на диаметре 924мм и длине $250 - 190 = 60$ мм.

$$G_{\text{дон.ут}} = G_{\text{дон}} + 7,85 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot C_1^2 \cdot (l_{\text{мин}} - h), \text{ кг}$$

$$G_{\text{дон.ут}} = 500 + 7,85 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 9,24^2 \cdot (2,5 - 1,90) = 816 \text{ кг}$$

Отходы с прибыльной частью

Отходы с прибыльной частью включают в себя отходы в зоне корпуса на диаметре 990мм и длине 50мм

$$G_{\text{приб.ут}} = G_{\text{приб}} + 7,85 \cdot \frac{\pi D_{\text{пр}}^2}{4} \cdot l', \text{ кг}$$

$$G_{\text{приб.ут}} = 3000 + 7,85 \cdot \frac{\pi \cdot 9,9^2}{4} \cdot 0,5 = 3302 \text{ кг}$$

Масса годного остатка

с учетом общих потерь на угар в корпусе слитка (434кг), дополнительных потерь при рубке донной (816кг) и прибыльной (3302кг) частей и массы поковки (9856,5кг)

$$G_{\text{г.ост.}} = G_{\text{сл}} - G_{\text{уг.к}} - G_{\text{дон.ут}} - G_{\text{приб.ут}} - G_{\text{пок}}, \text{ кг}$$

$$G_{\text{г.ост.}} = 15900 - 434 - 816 - 3302 - 9871,3 = 1477,7 \text{ кг}$$

Уточняем баланс металла слитка:

Составляющая	Масса, кг	Масса, %
Слиток	15900	100
Поковка	9841,3	62
Годный остаток	1477,7	9,2
Прибыль	3302	21
Донная часть	815	5
Угар в корпусе слитка	434	2,8
Общий угар	549	3,5

Коэффициент точности заготовки

$$\eta_{\text{п}} = \frac{G_{\text{пок}}}{G_{\text{сл}}}$$

$$\eta_{\text{п}} = \frac{9871,3}{15900} = 0,62$$

С учетом годного остатка

$$\eta'_{\text{п}} = \frac{G_{\text{пок}} + G_{\text{г.ост.}}}{G_{\text{сл}}}$$

$$\eta'_{\text{п}} = \frac{9871,3 + 1477,7}{15900} = 0,71$$

Коэффициент расхода материала

$$k_{\text{р}} = \frac{G_{\text{сл}}}{G_{\text{пок}}}$$

$$k_{\text{р}} = \frac{15900}{9871,3} = 1,61$$

С учетом годного остатка

$$k_p = \frac{G_{\text{сн}}}{G_{\text{пок}} + G_{\text{г.ост.}}} \cdot$$
$$k_p = \frac{15900}{9871,3 + 1477,7} = 1,4$$