

**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ТВЕРСКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ**



**Методическое пособие к выполнению
лабораторных и практических работ по МДК 01.01
Технологические процессы изготовления деталей машин по теме:
«Конструирование и расчет заготовки штамповки»**

Тверь 2022

ОДОБРЕНО

ЦМК по специальности: 15.02.08;

Протокол № 2 от «17.10» 2022г

Председатель ЦМК 15.02.08

Г.Б. Иванова / Иванова

Составитель: Камызин Н.М. - преподаватель ГБПОУ ТМК, высшая категория.

Рецензенты:

- Новиков Александр Львович, заместитель главного технолога ОАО «ТВЗ»;

- Архарова Злата Валентиновна, заместитель директора по УМР ГБП ОУ Тверской машиностроительный колледж.

Методическое пособие к выполнению лабораторных и практических работ по МДК

01.01 Технологические процессы изготовления деталей машин по теме:

«Конструирование и расчет заготовки штамповки»

Тверь: ГБПОУ ТМК, 2022. - 48 с.

Содержится описание лабораторных и практических работ, представлен краткий теоретический материал, практические сведения, и ссылки на нормативно-технические документы по разделам дисциплины «Технологические процессы изготовления деталей машин».

Работа соответствует положениям Федерального общеобразовательного стандарта и рабочей программе ПМ 01 «Разработка технологических процессов изготовления деталей машин».

В работе изложены общие требования к содержанию, последовательности выполнения расчетов и анализа полученных результатов, предложены варианты контрольных вопросов для самостоятельного нахождения ответов по темам дисциплины и практических работ.

Издание предназначено для обучающихся колледжа очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки специальности 15.02.08 – Технология машиностроения.

Методические указания могут использоваться при выполнении курсового и дипломного проектирования.

.@ ГБП ОУ ТМК, 2022 г.

@ Н. М. Камызин, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Практическая работа	5
2 Основные этапы выполнения работы	5
2.1 Анализ технологичности конструкции штампованной заготовки	5
2.1.1 Определение ковкости материала	5
2.1.2 Выбор штамповочного оборудования и способа штамповки.....	7
2.1.3 Разработка чертежа поковки.	14
2.1.4 Определение конструктивных характеристик поковки.	15
2.1.5 Оценка технико-экономических показателей технологического процесса.....	23
3. Практическая работа № 1.	26
3.1 Пример выполнения практической работы на тему: «Конструирование и расчет поковки, штампованной» вариант № 26»	26
3.1.1 Исходные данные для выполнения работы	26
3.1.2 Конструирование заготовки поковки.....	26
3.1.3 Определение конструктивных характеристик поковки	28
3.1.4 Определение исходного индекса поковки	31
3.1.5 Определение припусков и допусков на исполнительные размеры поковки...	32
3.1.6 Обоснование выбора вида заготовки	34
Контрольные вопросы	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	37
Список использованной литературы.....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное). Индивидуальные задания к практической работе № 1 на тему: «Расчет и конструирование поковки, штампованной»	39
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное). Категории прочности и механические свойства сталей	41
Приложение В (справочное). Определение класса точности поковок	42
Приложение Г (справочное). Температурные интервалыковки и штамповки углеродистых и легированных сталей	48

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая работа содержит методические указания к выполнению практической работы на тему «Конструирование и расчет заготовки штамповки» по МДК 01.01 Технологические процессы изготовления деталей машин. Данная дисциплина изучается студентами направления 15.02.08 «Технология машиностроения».

Основными документами, в соответствии с которыми будет выполняться проектирование, являются: ГОСТ 7505–89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски», ГОСТ 8479–70 «Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия».

Цель настоящего пособия – углубить навыки и умения в процессе изучения темы получение заготовок деталей машин способом давления.

В процессе выполнения практической работы, обучающиеся приобретут навыки самостоятельного проектирования штамповок, а именно:

- выбора метода получения заготовки с учетом конкретных производственных условий и требований, предъявляемых к детали при ее эксплуатации;
- проектирования чертежа заготовки вручную и с помощью программы графического редактора Компас - 3D.

В настоящее издание включены краткие теоретические сведения по теме работы, порядок выполнения работы, варианты индивидуальных заданий, необходимые для проектирования справочные данные.

В работе представлен пример разработки конструкции трехступенчатой заготовки штамповки для получения детали типа тела вращения. В соответствии с требованиями ГОСТ 3.1126-88 представлен пример рабочего чертежа штамповки для получения детали «Цапфа».

Методические указания рекомендованы к использованию при проведении практической работы по дисциплине «Технологические процессы изготовления деталей машин», а также при выполнении курсовых и дипломных проектов.

1. Практическая работа

Тема работы: «Конструирование и расчет заготовки штамповки».

Цель работы:

- 1) Научиться конструировать заготовку штамповку.
- 2) Научиться рассчитывать размеры заготовки и предельные отклонения заготовки, рассчитывать массу заготовки и назначать технические требования на штамповку;
- 3) Оформлять чертеж штамповки в графическом редакторе КОМПАС-3D.

2 Основные этапы выполнения работы

2.1 Анализ технологичности конструкции штампованной заготовки

Форма поковки определяется конфигурацией детали и принятым способом штамповки. Все элементы штампованной поковки должны иметь простую геометрическую форму и плавно сопрягаться друг с другом.

Технологически рациональную форму поковки выбирают с учётом следующих рекомендаций:

Выбор способов изготовления заготовки (ковка или штамповка)

Способ получения заготовки в основном зависит:

- от программы выпуска;
- материала заготовки;
- способностью материала заготовки подвергаться ковке и штамповке;
- геометрических параметров, требуемой точности.

Подробнее смотри [1, табл. 21, стр.138].

При заданной годовой программы и марки материала заготовки выполняются все необходимые расчеты по конструированию заготовки штамповки.

2.1.1 Определение ковкости материала.

Способность металлов и сплавов к ковке и штамповке проверяют по численному значению критерия ковкости по пятибалльной шкале (таблица 1).

Таблица 1 - Пятибалльная шкала ковкости

Балл	Значение $K\psi = \frac{\psi}{\sigma_B} \left(\frac{\%}{\text{МПа}} \right)$	Ковкость
1	Не менее 0,01	не куется
2	0,001...0,03	низкая
3	0,031...0,08	удовлетворительная
4	0,081...0,20	хорошая
5	0,210 и выше	отличная

Примечание. Область применения ОМД распространяется на сплавы, которые имеют ковкость не ниже удовлетворительной.

Значение критерия ковкости определяется из соотношений:

$$K\psi = \psi/\sigma_B \text{ или } K\delta = \delta/\sigma_B,$$

где ψ – относительное сужение в зоне разрыва образца в %;

δ – относительное удлинение после разрыва образца, %;

σ_B – временное сопротивление на разрыв, МПа.

Учитывая, что значение δ зависит от первоначальной длины образца, предпочтение отдают критерию $K\psi$.

Пример: Определение ковкости стали 30 ГОСТ 1050-2013.

Механические свойства стали 30 ГОСТ 1050-2013 в таблице 2

Таблица 2. Механические свойства некоторых сталей по ГОСТ 1050-2013

Марка стали	Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , %	Относительное сужение ψ , %	Твердость по Бринеллю НВ
Сталь 20	245	410	25	55	163
Сталь 25	275	450	23	50	170
Сталь 30	295	490	21	50	179
Сталь 35	315	530	20	45	187
Сталь 40	335	570	19	45	197
Сталь 45	355	600	16	40	207
Сталь 50	375	630	14	40	217

Пример: Определение шкалы ковкости для стали 30 ГОСТ 1050-2013.

$$K\psi = \frac{\psi}{\sigma_B} = \frac{50}{490} = 0,102. \text{ Результат находится в интервале от } 0,081 \text{ до } 0,2 \text{ и}$$

определяет по таблице 2 ковкость "Хорошая".

б) Общие требования к штампам горячей штамповки

Для обеспечения технологичности конструкции деталь должна отвечать совокупности требований, основными из которых являются следующие:

- изготовление её из одного куска металла;
- возможность разъема штампов;
- изготовление детали с минимальной трудоемкостью за малое число переходов и с малыми припусками для уменьшения объема последующей механической обработки;
- унификация деталей для уменьшения числа и номенклатуры штампов.

При отработке конструкции штампованной поковки на технологичность следует проверить возможность изменения конструкции детали или её элементов с целью упрощения конструкции поковки.

С целью уменьшения стоимости технологической оснастки необходимо стремиться к унификации поковки для различных деталей, применению групповых поковок.

2.1.2 Выбор штамповочного оборудования и способа штамповки.

При объёмной штамповке формообразование заготовки происходит в полости (ручье) специального инструмента – штампа. В зависимости от типа штампа различают штамповку в открытых и закрытых штампах [1, рис. 20, стр.141].

Пример конструкции штампов выполнен на рисунке 1.

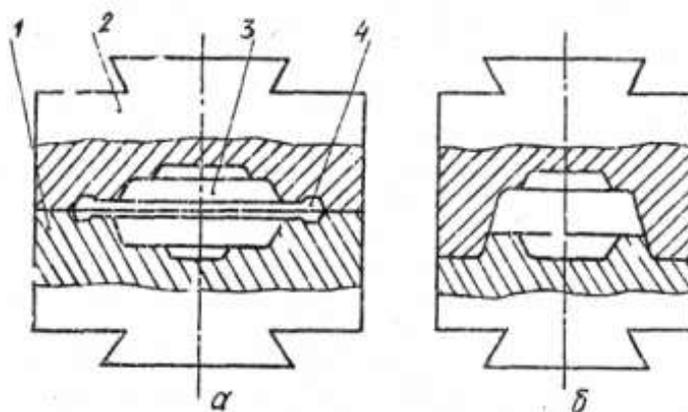


Рисунок 1. Штамповка в открытых (а) и закрытых (б) штампах:
1–нижняя половина штампа; 2–верхняя половина штампа; 3–поковка; 4 – зазор.

а) Выбор плоскости разъема штампа

Технологичность конструкции штампованных заготовок. Поверхность разъема обычно выбирают так, чтобы она совпадала с двумя наибольшими размерами заготовки. Поверхность разъема штампа должна обеспечивать свободное удаление заготовки из штампа и контроль сдвига верхней части штампа относительно нижней после обрезки. Более глубокие полости при штамповке на молотах располагают в верхней части штампа, смотри [1, рис. 26, стр.145].

ГОСТ 7505-89 определяет три конструктивные характеристики поверхности разъема штампа:

- П – плоская;
- И_с – симметрично изогнутая;
- И_н – несимметрично изогнутая.

Рекомендации по выбору линии разъема:

Плоскость, которая делит поковку на две части, одна из которых штампуется, например, в верхней половине штампа, а другая в нижней, называется плоскостью разъема штампа. Правильный выбор последней играет важную роль.

При выборе плоскости разъема необходимо обеспечить следующие основные требования:

- свободное удаление поковки из ручьев как верхней, так и нижней половин штампа;
- возможность контроля смещения верхней половины штампа относительно нижней по внешнему виду поковки;
- минимальную трудоемкость изготовления ручьев штампа;
- минимальную глубину и максимальную ширину ручьев штампа;
- наиболее благоприятное расположение волокон в поковке, повышающее служебные свойства детали.

Рекомендации построения плоскостей разъема штампа представлены в приложении В пункт 7.

На рисунке 2 приведены варианты построения плоскостей разъема штампа и показаны наиболее характерные ошибки при их выборе:

А – нарушено условие свободного удаления поковки из штампа;

Б – не выполнено условие контроля смещения половин штампа по внешнему виду поковки;

В – не выдержано условие наиболее технологичного изготовления ручьев штампа;

Г – не соблюдено условие минимальной глубины и максимальной ширины ручья штампа;

Д – повышена трудоемкость изготовления ручьев из-за выполнения разъема штампа ступенчатой формы.

Варианты построения плоскостей разъема штампа представлены на рисунке 2.

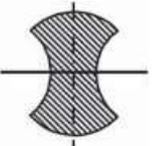
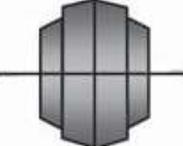
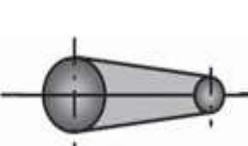
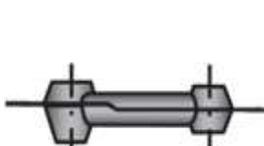
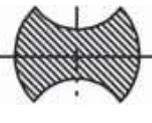
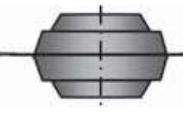
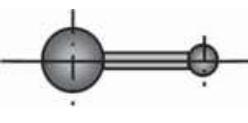
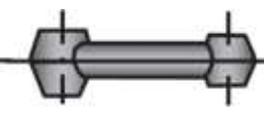
Ошибки при выборе построения плоскостей разъема				
А	Б	В	Г	Д
Неправильный выбор плоскостей разъема штампа				
				
Правильный выбор плоскостей разъема штампа				
				

Рисунок 2 – Расположение плоскости разъема штампа

Для облегчения изготовления штампа разъем делается не по сложной поверхности, а по плоскости. Пространственная конфигурация поверхности поковки в штампе выполняется в виде поверхности тел вращения (конфигурация поверхности поковки в штампе называется ручьем). Углубления в штампе должны совпадать с направлением удара молота или ползуна прессы.

Штамповка в открытых штампах, или облойная, характеризуется тем, что рабочая полость штампа в процессе деформирования заготовки остается незамкнутой, открытой, т.е. с зазором Δ (рисунок 3) между подвижной и неподвижной частями штампа, изменяющимся от максимального в момент касания с заготовкой до нуля в конце штамповки.

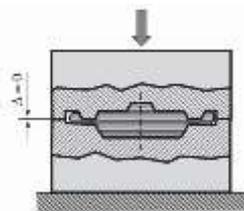


Рисунок 3 – Обозначение зазора при открытой штамповке

Плоскость разреза штамповка проходит по оси симметрии заготовки.

б) Определение положения заготовки в штампе

В зависимости от положения заготовки в штампе штамповка подразделяется на штамповку, у которой направление деформирующего усилия перпендикулярно оси заготовки (*штамповка плашмя*), и штамповку осадкой в торец (или *высадкой*).

При штамповке плашмя ось заготовки располагают перпендикулярно к движению деформирующего инструмента, а при штамповке осадкой в торец ось заготовки устанавливают вдоль направления движения деформирующего инструмента.

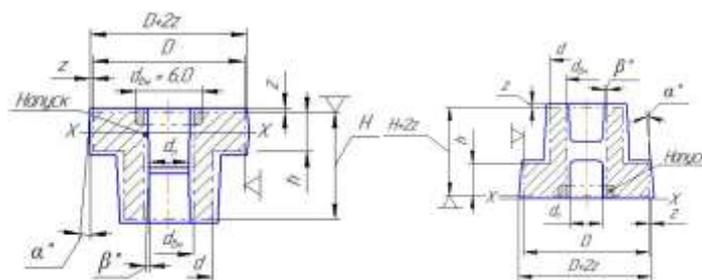
в) Назначение кузнечных напусков

Кузнечные напуски могут быть образованы на поковке штамповочными уклонами, радиусами закругления внутренних углов, непробиваемой перемычкой в отверстиях и невыполнимыми в штамповочных операциях поднутрениями и полостями.

Напуски от штамповочных уклонов необходимы для того, чтобы поковку можно было легко и быстро вынуть из штампа после штамповки.

Рекомендации по применению видов штампов представлены [1, рис. 19, стр.141].

Примеры получения штамповок с напусками в открытых и закрытых штампах выполнены на рисунке 4.



а) открытый штамп

б) закрытый штамп

Рисунок 4 – Варианты получения штамповок.

Условные обозначения и знаки на рисунке 4:

z – величина припуска мм, на одну сторону заготовки;

$d_{\text{п}}$ – диаметр перемычки отверстия;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр отверстия детали;

h и D – линейные размеры детали;

α° и β° - штамповочные уклоны (наружные и внутренние, в градусах);

X — X – обозначение плоскости разъема по ГОСТ 3.1126-88.

 - технологическая черновая база;

 *Напуск* - графическое обозначение.

г) Выбор штамповочного оборудования

В качестве штамповочного оборудования используются пневматические штамповочные молоты, кривошипные и гидравлические прессы (КГШП), горизонтально-ковочные машины, ковочные вальцы, радиально-обжимные машины и другое специализированное оборудование [1, стр.141].

КГШП изготавливают с номинальным усилием 6,3. ..125 МН.

Кинематическая схема КГШП мод. КД 2128 выполнена на рисунке 5а, общий вид прессы изображен на рисунке 5б.

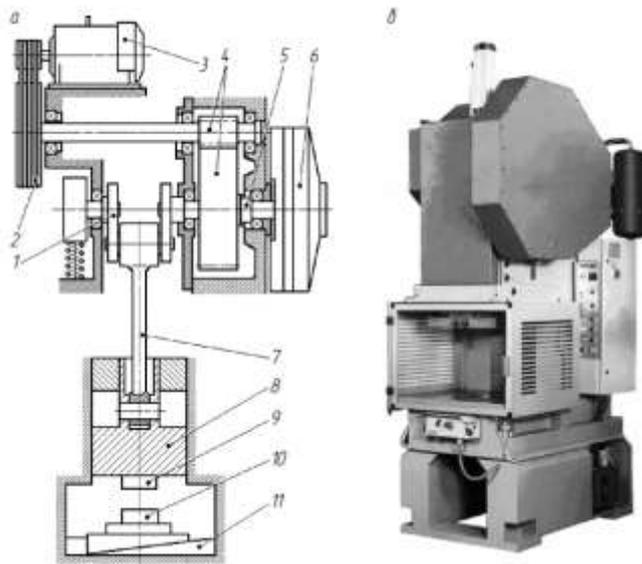
Назначение основных частей кривошипного прессы являются:

- нижний штамп поз.10 крепится на клиновидной плите поз. 11;
- верхний штамп поз. 9 — на ползуне прессы поз. 8.
- ползун поз. 8 приводит в движение шатун поз. 7 от кривошипного вала поз. 1.
- ползун вращается электродвигателем поз. 3 через клиноременную передачу поз. 2, промежуточный вал поз. 5 и шестерни поз. 4.

Шестерня-маховик поз. 6 может свободно вращаться на валу.

Клиновидная плита служит для регулирования положения нижнего штампа по высоте.

На рисунке 6 изображена нижняя часть простого одноручьевого штампа, которая крепится на клиновидной плите стола прессы.



а — конструктивная схема; б — общий вид.
Рисунок 5 - Кривошипный горячештамповочный пресс:

При выборе штамповочного оборудования и способа штамповки руководствуются конфигурацией детали и экономичностью техпроцесса. Каждый из видов оборудования и способов штамповки имеет свои преимущества и недостатки.

Сущность процесса горячей штамповки заключается в том, что готовое изделие из металла получают из нагретой до определенной температуры заготовки, воздействуя на нее давлением, для чего используется специальный штамп. При выполнении горячей штамповки температура заготовки изменяется от состояния просто нагретой поверхности до ковочной.

Температурные интервалыковки и штамповки углеродистых и легированных сталей представлены в приложении Г.

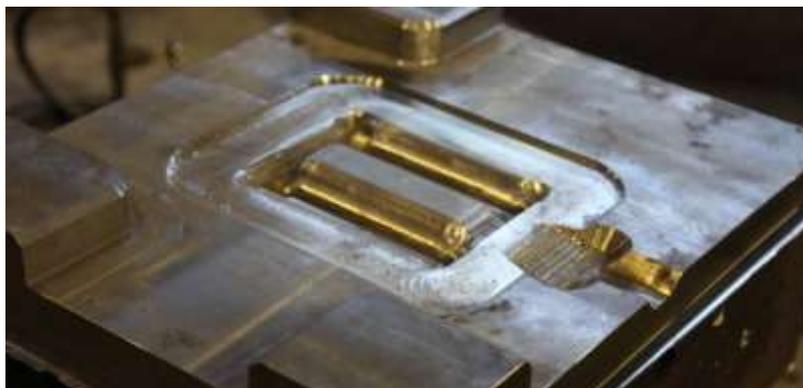


Рисунок 6 - Нижняя часть простого одноручьевого штампа

На рисунке 7 изображена нижняя часть простого многоручьевого штампа и форма заготовок, получаемых в процессе штамповки.

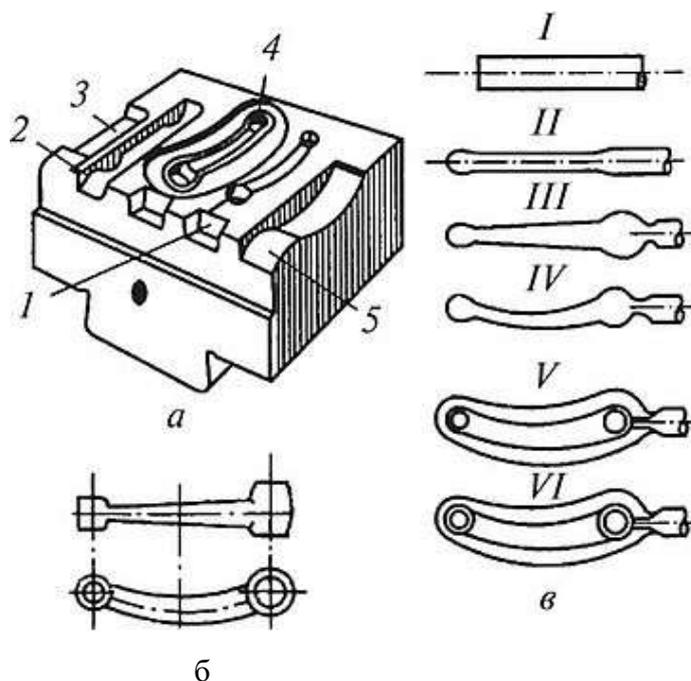


Рисунок 7 - Нижняя часть многоручьевого штампа (а), с поковкой (б),

Последовательность операций штамповки (в):

1,4 — штамповочные ручки; 2, 3, 5 — заготовительные ручки; I — исходная заготовка;
 II — протяжка; III — подкатка; IV — гибка; V — предварительная штамповка;
 VI — окончательная штамповка.

Чтобы ограничить течение нагретого металла в ненужном направлении, на отдельных участках внутренней поверхности штампа выполняют специальные полости и выступы.

Таким образом, внутренняя поверхность штампа формирует замкнутую полость (ручей), конфигурация которой полностью соответствует форме готового изделия.

д) Выбор способа нагрева и охлаждения

В кузнечных цехах применяют следующие виды нагрева заготовок:

- пламенный;
- электрический;
- нагрев в жидкостях (в растворах расплавленных солей).

В условиях единичного и мелкосерийного производства поковок экономически оправдано применение пламенного нагрева. Нагрев заготовок в пламенных печах осуществляется с помощью теплоты, выделяющейся при сжигании газообразного, жидкого или твёрдого топлива.

При охлаждении поковок происходит уменьшение их объёма и изменение состава и величины зерен металла в процессе структурно-фазовых превращений. Данный процесс изображен на рисунке 8, направления действия внутренних сил изображено стрелками.

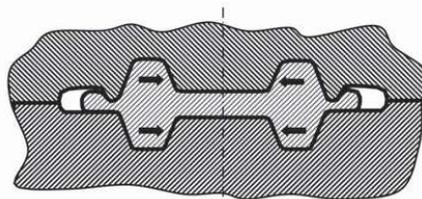


Рисунок 8 - Силы, действующие при охлаждении поковки в штампе

Охлаждение поковок необходимо вести с такой скоростью, которая обеспечивает полное устранение возможности возникновения внутренних напряжений, обусловленных неравномерным их остыванием по толщине.

Охлаждение поковок ведётся тремя способами:

- на воздухе;
- в колодце;
- вместе с печью.

Режимы нагревания и охлаждения поковок некоторых углеродистых и легированных сталей при штамповке приведены (Приложение Г).

2.1.3 Разработка чертежа поковки.

Чертёж поковки представляет собой графический документ, выполненный в соответствии с требованиями ГОСТ 7505-89, ГОСТ 3.1126-88 и других стандартов ЕСКД. Чертёж поковки разрабатывается на основании чертежа детали и должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и приёмки поковки. Линейные и угловые размеры на чертеже поковки должны быть образованы путем добавления к номинальным размерам детали припусков на механическую обработку и кузнечных напусков, а также содержать сведения о предельно допустимых отклонениях размеров и формы поковки.

Величины припусков устанавливают в зависимости от конструктивных характеристик поковки, шероховатости обработанной поверхности детали, изготавливаемой из поковки.

При разработке чертежа поковки соблюдают следующий порядок действий:

- Определяют конструктивные характеристики и исходный индекс поковки;
- Выбирают тип штампа и положение плоскости разъема штампа;
- Назначают припуски на механическую обработку;
- Назначают штамповочные уклоны;
- Производят расчеты размеров поковки и назначают допуски на контролируемые параметры поковки;
- Назначают радиусы закруглений;
- Формулируют технические требования на изготовление поковки;
- Оформляют чертеж поковки.

2.1.4 Определение конструктивных характеристик поковки.

ГОСТ 7505-89 устанавливает пять конструктивных характеристик поковки:

- класс точности;
- группа стали;
- степень сложности;
- исходный индекс поковки;
- конфигурация поверхности разъема штампа.

1) Класс точности поковки

Класс точности поковки устанавливают в зависимости от применяемого оборудования для ее изготовления и типа штампа (пункт 1 таблица 1 и приложение 1, табл. 19 ГОСТ 7505-89).

Пример: Принятое оборудование кривошипный горячештамповочный пресс. Открытая (облойная) штамповка. Можно принять класс точности поковки Т4.

2) Группа стали.

Стали, применяемые для получения поковок, подразделяют на три группы:

М1, М2, М3. (таблица 1 пункт 2 ГОСТ 7505-89).

M1 - сталь с массовой долей углерода до 0,35% включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0% включительно:

M2 - сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65% включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5,0% включительно.

M3 - сталь с массовой долей углерода свыше 0,65% или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0%

Легирующие элементы: (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V) для все групп сталей см. таблицу 3.

Таблица 3. Химический состав некоторых сталей по ГОСТ 1050-2013

Марка стали	Массовая доля элементов, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
	углерод	кремний	марганец	не более				
30	0,27-0,35	0,17-0,37	0,50-0,80	0,030	0,035	0,25	0,30	0,30

Пример: Определения группы стали:

По содержанию углерода сталь 30 (C- углерода $\approx 0,30\%$ что меньше 0,35%) относится к группе M1.

По содержанию легирующих элементов:

$$\Sigma = \text{Si}=0,37\% + \text{Mn}=0,8\% + \text{Cr}=0,25\% + \text{Ni}=0,30\% = 1,72\% < 2,0\%.$$

Вывод: Сталь марки 30 ГОСТ 1050-2013 относится к группе M1.

3) Степень сложности.

По степени сложности поковки делятся на четыре группы.

Степень сложности устанавливают согласно (приложение 2, пункт 4, [12]) в зависимости от численного отношения расчетной массы (объема) поковки $G_{\text{п}}$ к массе (объему) пространственной геометрической фигуры $G_{\text{ф}}$, в которую вписывается форма поковки $C \equiv \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{ф}}}$.

Степеням сложности поковок соответствуют численные значения отношения $\frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{ф}}}$, указанные в таблице 4.

где - $G_{\text{п}}$ масса (объем) поковки;

- $G_{\text{ф}}$ масса (объем) геометрической фигуры в которую вписывается поковка

Масса (объем) поковки $G_{п}$, кг, определяется по формуле:

$$G_{п} = G_{д} \cdot K_{о}$$

где - $K_{о}$ коэффициент для определения ориентировочной массы поковки смотри [12, приложение 3];

Масса (объем) геометрической фигуры $G_{ф}$, кг, определяется по формуле:

$$G_{ф} = 1,05 \cdot L_{\max} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\max}^2}{4} \cdot \gamma,$$

где – 1,05 коэффициент приведения габаритных размеров детали, смотри

[12, приложение 2, пункт 3];

L_{\max} и D_{\max} - габаритные размеры детали, см;

γ – средний удельный вес стали ($\gamma = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$)

Таблица 4 - Численные значения отношения $\frac{G_{п}}{G_{ф}}$

C1	Свыше	0,63			
C2	Свыше	0,32	до	0,63	включительно
C3	Свыше	0,16	до	0,32	включительно
C4	До	0,16			

4) Определение исходного индекса поковки.

Исходным индексом поковки называют условный показатель, учитывающий в обобщенном виде конструктивные характеристики поковки и ее расчетную массу. Исходный индекс служит для назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений. Исходный индекс определяют по табл. 2 ГОСТ 7505-89.

Для определения исходного индекса при группе стали М1, степени сложности поковки С1 и классе точности Т1 в графе “ Расчетная масса поковки “ находят соответствующую данной расчетной массе строку и перемещаются вправо только по горизонтали до графы “Исходный индекс”.

Примеры:

Определение исходного индекса поковки Приложение В таблица 4.

Для определения исходного индекса при группе стали М2 или М3, степени сложности поковки С2 - С4 и классе точности Т2 - Т5 от клеточки, соответствующей расчетной массе поковки, перемещаются вправо по горизонтали и вниз по утолщенным наклонным линиям до пересечения каждой из них с вертикальными линиями, соответствующими заданным значениям М, С и Т.

- для поковки с расчетной массой 5 кг и конструктивными характеристиками М3, С2 и Т4 исходный индекс равен 14.

- для поковки с расчетной массой 5 кг и конструктивными характеристиками М1, С1, Т1 исходный индекс равен 5.

б) Припуски на механическую обработку.

Припуск на механическую обработку устанавливается как величина суммарная, включающая основной припуск и дополнительные припуски, учитывающие отклонения формы поковки.

Дополнительные припуски назначают для компенсации смещения по поверхности разъема штампа, отклонений от плоскостности и прямолинейности, отклонений межцентрового и межосевого расстояний, отклонений угловых размеров, изогнутости поковки.

Основные припуски на механическую обработку устанавливают в зависимости от исходного индекса, линейных размеров детали и шероховатости ее поверхности по таблице 3. ГОСТ 7505-89

Дополнительный припуск, учитывающий смещение "m" по поверхности разъема штампа, назначают по таблице 4 ГОСТ 7505-89 в зависимости от массы и класса точности поковки.

Дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности, назначают по таблице 5 ГОСТ 7505-89 в зависимости от наибольшего размера и класса точности поковки.

В зависимости от конструкции поковки назначаются отклонения межосевого расстояния по таблице 6 ГОСТ 7505-89.

7) Назначение штамповочных уклонов.

Штамповочные уклоны назначают по таблице 18 ГОСТ 7505-89 на все поверхности, расположенные параллельно направлению движения деформирующего инструмента. Точки пересечения следов конусных поверхностей, образованных штамповочными уклонами, являются координатами расположения поверхности разъема штампа и средней линии толщины перемычки. Пример графического обозначения штамповочных уклонов на рисунке 9.

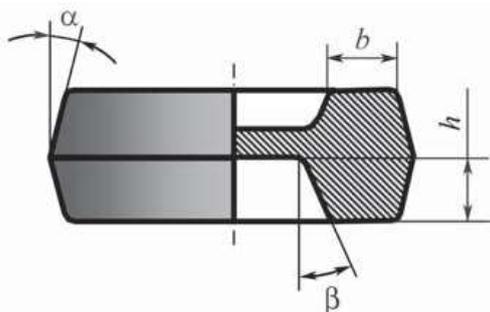


Рисунок 9 – Обозначение штамповочных уклонов
α - наружный, β – внутренний.

Численные данные по назначению штамповочных уклонов (Приложение В)

8) Назначение размеров радиусов закруглений

Наружные и внутренние углы поковки оформляют радиусами закруглений. Закругления радиусом R, центры которых находятся внутри контура поковки, относятся к наружным, а радиусами r с центрами вне контура поковки – к внутренним (см. рисунок 10 или черт. 2 ГОСТ 7505-89).

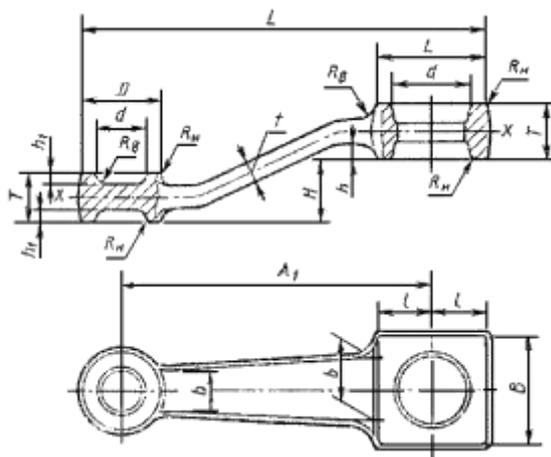


Рисунок 10 – Геометрические параметры поковки

Минимальную величину радиусов наружных углов R устанавливают по табл. 7 ГОСТ 7508-89 в зависимости от массы поковки и глубины h полости ручья штампа.

Величину радиусов закругления внутренних углов r устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем. Рекомендуется величину внутренних углов принимать в 2 - 3 раза больше наружных: $r \approx (2 \dots 3)R$. Величины радиусов должны быть во всех случаях согласованы с припусками на обработку.

9) Допуски и допускаемые отклонения размеров поковки.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковки назначают по таблице 8 ГОСТ 7505-89 в зависимости от исходного индекса и размеров поковки.

Допуски наносят на чертеж поковки с соблюдением следующих правил:

- допуски размеров длины (L, l), ширины (B, b), диаметров (D, d), высоты и глубины (H, h) – размеры элементов поковки, получаемые в одной части штампа, принимаются с корректировкой величины и знаков;

- допуски размеров высоты T и t (черт. 2 ГОСТ 7505-89 наружные размеры), учитывающие недоштамповку и двухсторонний износ штампов, принимают без корректировки величин и знаков;

- допуски размеров типа d и h_1 (черт. 2 ГОСТ 7505-89 внутренние размеры), учитывающие износ выступов штампов, принимают с обратными знаками;

- допуски размеров типа T и f (черт. 2 ГОСТ 7505-89 толщины поковки), учитывающие недоштамповку, устанавливают по наибольшей толщине поковки;

- допуски размеров, не указанных на чертеже поковки, принимают равными 1,5 допуска соответствующего размера поковки, с равными допускаемыми отклонениями.

10) Разработка указаний о завершающих операциях (термообработка, очистка, методы контроля поковок).

Технические условия на поковки из сталей регламентируются ГОСТ 8479-70. Поковки в зависимости от назначения разделяют на пять групп, по видам испытаний разделяются на группы, указанные в таблице 3.

Отнесение поковки к той или иной группе производится потребителем, номер группы указывается в технических требованиях на чертеже детали.

Вид, объем, нормы и методы дополнительных испытаний указываются в чертеже поковки или заказе.

Таблица 3. Видам испытаний поковок

Группа поковок	Виды испытаний	Условия комплектования партии	Сдаточные характеристики
I	Без испытаний	Поковки одной или разных марок стали	-
II	Определение твердости	Поковки одной марки стали, совместно прошедшие термическую обработку	Твердость
III	Определение твердости	Поковки одной марки стали, прошедшие термическую обработку по одинаковому режиму	То же
IV	1. Испытание на растяжение 2. Определение ударной вязкости 3. Определение твердости	Поковки одной плавки стали, совместно прошедшие термическую обработку	Предел текучести. Относительное сужение Ударная вязкость
V	1. Испытание на растяжение 2. Определение ударной вязкости 3. Определение твердости	Принимается индивидуально каждая поковка	Предел текучести Относительное сужение Ударная вязкость

Примечание: Группу качества поковок по результатам ультразвукового контроля устанавливают в соответствии с ГОСТ 24507-80.

Исходным материалом для изготовления поковок могут служить слитки, обжатые болванки (блумсы), кованные или катаные заготовки, а также заготовки с установок непрерывной разливки стали (УНРС) и различные виды проката.

Поковки изготавливаются из углеродистой, низколегированной и легированной стали и по химическому составу должны соответствовать требованиям:

ГОСТ 380-2005, ГОСТ 1050-2013, ГОСТ 19281-2014, ГОСТ 4543-2016 и другим действующим стандартам или техническим условиям.

Рекомендуемые марки стали в зависимости от диаметра (толщины) поковок и требуемой категории прочности после окончательной термической обработки приведены в приложении ГОСТ 8479-70.

Номер группы, категорию прочности и сдаточные характеристики поковки указывают в технических требованиях на чертеже поковки специальным условным

обозначением. Категория прочности обозначается буквами КП и числом, соответствующим пределу текучести материала поковки.

Пример: Обозначение категории прочности КП 175, где 175 - предел текучести (МПа) материала поковки.

Примеры условных обозначений поковок.

1) Поковки группы II (или III) из стали твердостью НВ 143 - 179

Гр. II (или III) НВ 143 - 179 ГОСТ 8479-70.

2) Поковки группы IV (или V) с категорией прочности КП 490

Гр. IV (или V) КП 490 ГОСТ 8479-70.

Виды технических требований к поковкам и их параметры выполнены в таблице 5. Технические характеристики некоторых сталей в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

Марки стали для всех групп поковок устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем и указываются на чертеже детали и поковки.

Таблица 5. Пример составления технических требований чертежа поковки.

Вид требования	Параметры, требования
Характеристики поковки	Поковка Гр. ... ГОСТ 8479-70 (см. пункт 2.1.4, 10) Класс точности ..., группа стали ..., степень сложности ..., исходный индекс ... (см. пункт 2.1.4)
Допускаемые отклонения формы и расположения поверхностей поковки	Допускаемое смещение по поверхности разъёма штампа (см. табл. 9, [12]) Допускаемая величина остаточного облоя по внешнему контуру поковки ...мм (см. табл. 10, [12]) Допускаемая величина высоты заусенца по внешнему контуру поковки ...мм (см. табл. 11, [12]) Допускаемое отклонение от concentричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки ...мм (см. табл. 12, [12]) Допускаемое отклонение от плоскостности ...мм (см. табл. 13, [12]) Допуск радиального биения цилиндрических поверхностей (см. пункт 5.17, табл. 13. [12])
Неуказанные предельные отклонения	Неуказанные предельные отклонения размеров ... (см. пункт 5.5 [12])
Требования к качеству поверхностей поковки и термической обработке	Очистка от окалины (дробеструйная, галтовкой, химическая и др.) На обрабатываемых поверхностях допускаются внешние дефекты не более 50% припуска
Размеры и масса исходной заготовки	Размеры исходной заготовки: Диз ... Низ ...мм, масса ... кг

2.1.5 Оценка технико-экономических показателей технологического процесса.

Оценка технико-экономических показателей технологического процесса получения заготовки по двум вариантам прокат и штамповка можно выполнить по коэффициентам $K=0,05$ и коэффициенту использования материала $K_{и.м.}$

а) Выбор вида заготовки по коэффициенту $K=0,05$ выполняется по формуле;

$$K = \frac{G_d \cdot (G_{пр} - G_{шт})}{G_{пр} \cdot G_{шт}},$$

где G_d - масса детали, кг;

$G_{пр}$ - масса заготовки из проката кг;

$G_{шт}$ - масса заготовки поковки штампованной.

б) Сравнение значений $K_{и.м.}$ коэффициента использования материала вариантов смотри таблицу 6:

- заготовка прокат круг по ГОСТ 2590-2006;
- заготовка поковка, штампованная по ГОСТ 7505-89.

Коэффициент $K_{и.м.}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{и.м.} = \frac{G_d}{G_{пр.}}$$

Таблица 6. Сравнительная характеристика двух вариантов заготовки

№ пок.	Наименование показателя	Поковка штампованная по ГОСТ 7505-89	Прокат круг по ГОСТ 2590-2006	Разница: + - увеличение - снижение
1	Масса детали, кг.	G_d	G_d	-
2	Масса заготовки, кг.	$G_{заг}$	$G_{заг.}$	+/-
3	$K_{и.м.}$	+/-
4	Выбор по $K=0,05$			$K= \dots > / < = 0,05$

Вывод: В проекте принимается заготовкапо ГОСТ

Эскиз заготовки выполнен на рисунке

2.1.6 Правила оформления чертежа заготовки поковки штампованной

Чертеж поковки оформляют в соответствии с ГОСТ 3.1126-88, ГОСТ 2.308 2011, ГОСТ 8479-70, ГОСТ 7505-89.

В процессе выполнения графической части необходимо:

- На чертеже заготовка показывается в том положении, в котором находится в штампе;

- Контур заготовки выполняется основной линией;

- На графическом документе на поковку допускается наносить под размерами поковки размеры детали в круглых скобках;

- На графическом документе на поковку допускается наносить контур детали, выполняя его тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками, при этом допускается не изображать отдельные элементы детали;

- Расположение плоскости разъема формообразующих поверхностей штампа следует изображать тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком X — X;

- Место отбора образца для испытаний следует наносить на изображении поковки сплошной тонкой линией, а размеры образца указывать в технических требованиях чертежа.

Содержание технических требований рекомендуется располагать в следующей последовательности:

1) термообработка и твердость, режим термической обработки устанавливается предприятием–изготовителем;

2) класс точности изготовления;

3) степень сложности поковки;

4) группа стали;

5) исходный индекс;

6) группа по видам испытаний;

7) категория прочности;

8) вид нагрева под штамповку;

9) тип штамповочного оборудования;

- 10) допускаемая величина заусенца;
- 11) допускаемая величина смещения штампов;
- 12) точность неоговоренных размеров поковки, допуски по несоосности прошиваемых в поковках наметок к внешним контурам поковки;
- 13) допускаемые отклонения по изогнутости, не плоскостности и не прямолинейности (для плоских поверхностей);
- 14) Допуск по радиальному биению (для цилиндрических поверхностей), не должен превышать удвоенной величины допуска на изогнутость и согласовывается между изготовителем и потребителем;
- 15) неуказанные на чертеже радиусы закруглений и штамповочные уклоны.

В зависимости от конструкции на чертеже поковки по согласованию с заказчиком могут быть обозначены и другие технические требования, не противоречащие требованиям ГОСТ 8479-70 и ГОСТ 1126-88.

Пример оформления чертежа поковки выполнен на рисунке 11.

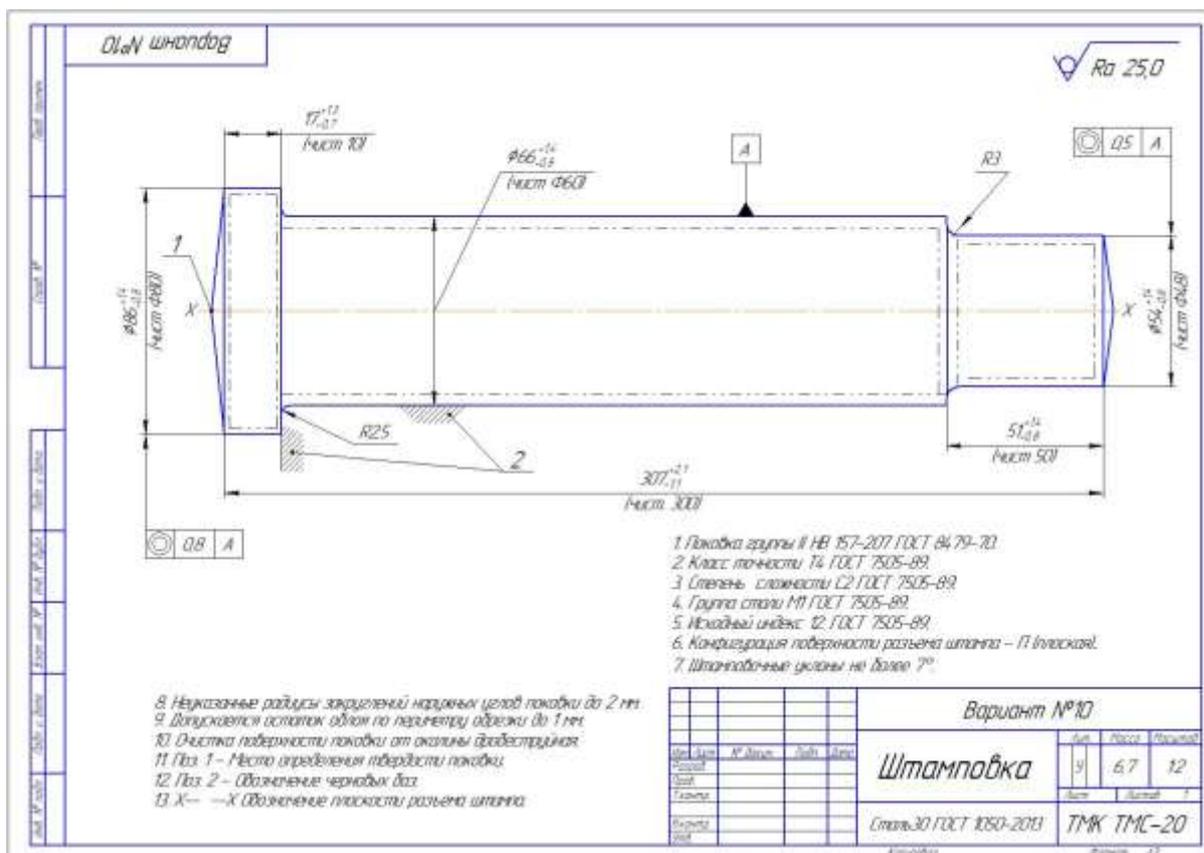


Рисунок 11 – Пример чертежа поковки

В графическом документе на поковку допускается помещать таблицу для данных, не указанных на изображениях и не установленных в технических требованиях.

Место отбора образца для испытаний (для поволоков IV и V групп по ГОСТ 8479-70), следует наносить на изображении поковки сплошной тонкой линией, а размеры образца указывать в технических требованиях чертежа.

3. Практическая работа № 1.

3.1 Пример выполнения практической работы на тему: «Конструирование и расчет поковки, штампованной» вариант № 26».

3.1.1 Исходные данные для выполнения работы:

а) Чертеж детали выполнен на рисунке 12

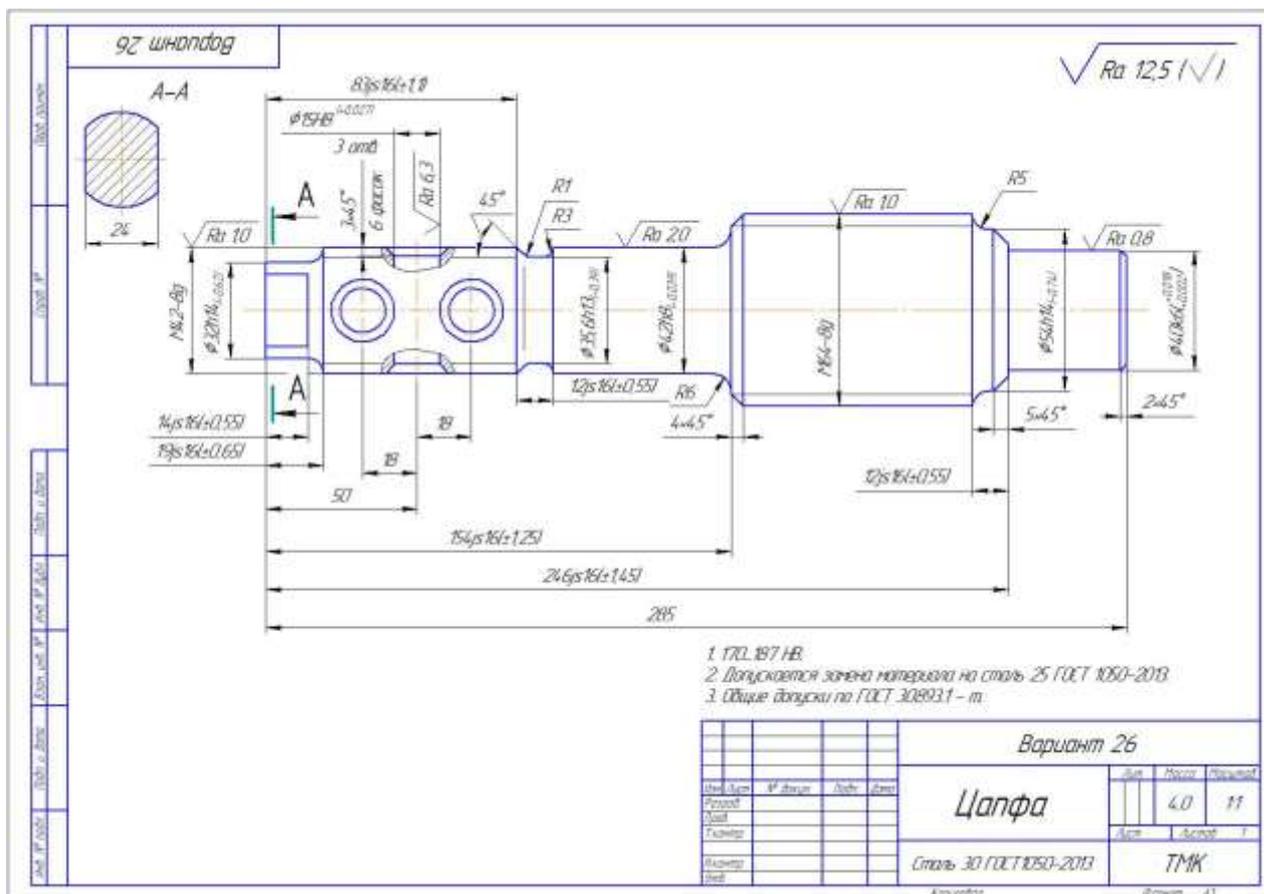


Рисунок 12 – Чертеж детали

б) Масса детали 4,0 кг

в) Годовая программа N = 1600 шт.

г) Материал детали сталь 30 ГОСТ 1050-2013.

д) Твердость материала детали 170..187 НВ.

3.1.2 Конструирование заготовки поковки.

1). Учитывая форму детали – тело вращения конфигурацию поверхности разъема штампа по рекомендации [1, табл. 21, стр.138],

Плоскость разъема штампа совпадает с плоскостью двух наибольших габаритных размеров штампованной поковки при совмещению ее с осью вращения.

Для данного варианта принимаем поверхность - П – плоская.

2). В зависимости от конструкции детали штамповка может выполняться в торец или плашмя. Для детали типа «Вал» имеющий три ступени принимаем способ «Плашмя».

3). Технологическое оборудование для горячей штамповки.

Детали, преимущественно в виде тел вращения, по рекомендации литературы [1, стр. 138, табл. 21], обрабатываются в закрытых штампах простой формы на кривошипных прессах. Масса заготовок штамповок, до 100 кг.

Данный способ применяют для сокращения расхода металла (отсутствует заусенец) и для сталей и сплавов с пониженной пластичностью. При штамповке заготовок на кривошипных прессах припуск на 0,1...0,6 мм меньше чем при штамповке на молотах.

При габаритах детали «Цапфа»: $D = 64$ мм, $L = 285$ мм принимаем кривошипный горячештамповочный пресс мод. КД 2128 (основные технические характеристики таблица 7).

Таблица 7 Технические характеристики пресса штамповочного

Номинальное усилие пресса, кН	630
Ход ползуна, мм	10...100
Размеры стола, мм	480x710

По техническим характеристикам предлагаемый пресс обеспечит получение поковки для изготовления детали «Цапфа» вариант № 26.

4. Конструктивная характеристика поверхности разъема штампа

Поверхность разъема обычно выбирают так, чтобы она совпадала с двумя габаритными размерами заготовки. Поверхность разъема штампа должна

обеспечивать свободное удаление заготовки из штампа и контроль сдвига верхней части штампа относительно нижней после обрезки. [1, стр. 145]

Поверхность разъема выбирают такой, чтобы механическая обработка ручьев штампа была простой и дешевой, и чтобы удобно было укладывать и фиксировать поковку в обрезной матрице (см. рекомендации [1], стр. 138-141, рис. 19, рис. 26).

Для детали $D_{\max} = 64$ мм и $L_{\max} = 285$ мм – наибольшие габаритные размеры детали рекомендуется поверхность разъема штампа выполнить симметрично осевой линии.

Наибольшая глубина полости штампа H , мм при различных положениях поковки в этом случае определяется по формуле:

$$H = 0,5 \cdot D_{\max} \text{ где}$$

D_{\max} – максимальный диаметральный размер детали.

$$H = 0,5 \cdot D_{\max} = 64 \cdot 0,5 = 32 \text{ мм.}$$

3.1.3 Определение конструктивных характеристик поковки

1). Класс точности поковки

Принятое оборудование - кривошипный горячештамповочный пресс, конструкция штампа открытый, масса заготовки до 100 кг.

По литературе [1, стр. 138, табл. 21] и таблице 19 ГОСТ 7505-89 принимаем класс точности поковки Т4.

2). В зависимости от положения заготовки в штампе штамповка подразделяется на штамповку, у которой направление деформирующего усилия перпендикулярно оси заготовки {штамповка плашмя}, и штамповку осадкой в торец (или высадкой).

При штамповке плашмя ось заготовки располагают перпендикулярно к движению деформирующего инструмента, а при штамповке осадкой в торец ось заготовки устанавливают вдоль направления движения деформирующего инструмента.

Для данного варианта выбираем штамповку плашмя, т. к. отношение длины к диаметру больше 2-х $285/64 = 4,45 > 2$

3). Выбираем вид и тип штамповочного оборудования

В данном случае, учитывая годовую программу выпуска деталей - 1600.шт.- выбираем как возможный способ штамповку на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП). Для примера принимается модель КД 2128 - 630 кН, пресс одно кривошипный, открытый (С - типа), простого действия, двух стоечный с неподвижным столом. Штамповка в открытых штампах (открытая штамповка).

В качестве заготовок для штамповки используют сортовой и периодический прокат – круг по ГОСТ 2590-2006.

Вывод: принимается класс точности Т4 [12, приложение 1, таблица 19]

4). Группа стали

Материал детали сталь 30 ГОСТ 1050-2013. Химический состав стали (смотри пример пункт 2.1.4).

Пример определения группы стали:

По содержанию углерода сталь 30 (углерода $\approx 0,30\%$) относится к группе М1.

По содержанию легирующих элементов:

$$\Sigma = \text{Si}=0,37\% + \text{Mn}=0,8\% + \text{Cr}=0,25\% + \text{Ni}=0,30\% = 1,72\% < 2,0\%.$$

Вывод: группа стали М1 [12, табл.1]

5). Определение степени сложности поковки

а) Степень сложности поковки по численному значению отношения С по формуле $C = \frac{G_{п.}}{G_{ф.}}$,

где $G_{п.}$ – масса, кг (объем, м^3) поковки;

$G_{ф.}$ - масса, кг (объем, м^3) геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки.

Определяем ориентировочно массу заготовки по ГОСТ 7505-89 (приложение 3)

$$G_{п.} = G_{д.} \cdot K_p$$

$$K_p = 1,3 \dots 1,6 \text{ принимаем } K_p = 1,5 \quad [12, \text{табл. } 20]$$

$$G_{п.} = 4,0 \cdot 1,5 = 6,0 \text{ кг.}$$

Для определения массы геометрической фигуры $G_{ф.}$, (цилиндра) необходимо определить габаритные размеры: диаметр D, мм и длину L, мм, детали.

$$\text{Диаметр } D_{\text{max}} = 64 \text{ мм; длина детали } L_{\text{max}} = 285 \text{ мм.}$$

Принимаем заготовку для детали из проката круг, точность прокатки, например, В1 по ГОСТ 2590-2006.

б). Определение массы (объема) геометрической фигуры G_{ϕ} , (цилиндра) для детали «Цапфа» из проката:

- способ 1 определение по рекомендации ГОСТ 7505-89;

- способ 2 определение размеров заготовки из проката и ее массы по ГОСТ 2590-2006.

Расчет 1, в соответствии с рекомендациями [12, приложение 2, пункт 3].

При определении размеров геометрической фигуры, описывающей поковку, допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных поверхностей (см. пункт 2.1.4).

Масса (объем) геометрической фигуры G_{ϕ} , кг, определяется по формуле:

$$G_{\phi} = 1,05 \cdot L_{\max} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\max}^2}{4} \cdot \gamma,$$

где – 1,05 коэффициент приведения габаритных размеров детали, смотри

[12, приложение 2, пункт 3];

γ – средний удельный вес стали ($\gamma = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$)

$$G_{\phi} = 1,05 \cdot 28,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 6,4^2}{4} \cdot 7,85 = 7553 \text{ г} = 7,55 \text{ кг}$$

$$C_1 \text{ расчет} = \frac{Q_{\text{заг}}}{Q_{\text{фиг}}}; \quad C_1 \text{ расчет} = \frac{6,0}{7,55} = 0,79$$

Расчет 2. Определение размеров заготовки из проката и ее массы

Общий припуск на обработку поверхности с наибольшим диаметром D_{\max} .

а) определить, промежуточные припуски

- точение черновое h14 $Z_{d1} = 2,3 \text{ мм}$ на диаметр [4, с.682, табл.7.13];

б) определить общий припуск на диаметр D_{\max} вала под нарезание резьбы М64-8g

$D_{\max} = 63,76_{-0,79}$ по формуле (1).

$$2Z_{d \text{ общ.}} = \sum 2 Z_{d i}, \quad (1)$$

где Z_{di} - промежуточный припуск на одну сторону диаметрального размера.

$$2Z_{d \text{ общ.}} = 64 + 2,3 = 66,3 \text{ мм}$$

Принимаем $D_{max} = 66 \text{ мм}$

в) Определить общий припуск на длину вала $L = 285 \text{ iS14 } (\pm 0,65)$.

Припуск на сторону однократное подрезание $h14$

$$Z_{L1} = 1,5 \text{ мм} \quad [4, \text{ с.674, табл.7.13};$$

г) Определить общий припуск на длину вала по формуле (2)

$$Z_{L \text{ общ. } 1} = 2 \cdot Z_{Li} = 3,0 \text{ мм.} \quad (2)$$

д) Длина заготовки определяется по формуле (4)

$$L_3 = L + Z_{L \text{ общ. } 1} + Z_{L \text{ общ. } 2}, \quad (4)$$

где L - общая длина детали, мм.

$$L_3 = 285 + 3 = 288 \text{ мм}$$

ж). Корректировка диаметра заготовки по сортаменту и назначение предельных отклонений на диаметр и длину заготовки ($D_{max} = 66 \text{ мм}; L_3 = 288 \text{ мм}$)

Принимаем прокат круг 67 ГОСТ 2590-2006, точность прокатки В1

На диаметральный размер заготовки назначаем предельные отклонения в зависимости от точности и его диаметра, в соответствии с ГОСТ 2590-2006.

Обозначение: Круг $\frac{67\text{-В1 ГОСТ 2590-2006}}{\text{Сталь 30 ГОСТ 1050-2013}}$.

Предельные отклонения:

- на диаметр $67 \frac{+0,5}{-1,1}$; на длину - $288 \pm 0,5 \text{ мм}$

Сортовой прокат – круг 67-В1 по ГОСТ 2590-2006 имеет массу одного погонного метра в размере $G_{1 \text{ метр}} = 27,676 \text{ кг}$.

Масса заготовки для детали «Цапфа» круг длиной $L = 288 \text{ мм}$. $G_{заг2} = 7,97 \text{ кг}$.

Коэффициент использования материала при заготовке прокат $K = \frac{4,0}{7,97} = 0,5$

з) Определение степени сложности поковки C по двум вариантам.

$$C_{\text{расчет}} = \frac{Q_{заг}}{Q_{физ}}; \quad C_{1 \text{ расчет}} = \frac{6,0}{7,55} = 0,79 \quad C_{2 \text{ расчет}} = \frac{6,0}{7,97} = 0,75$$

При $C = 0,75$ и $C = 0,79$ что свыше $0,63$ – принимается степень сложности $C1$

Вывод: степень сложности – $C1$

3.1.4 Определение исходного индекса поковки

Исходный индекс поковки определяется по [ГОСТ 7505-89 Табл. 2]

При полученных данных:

- Масса заготовки $M_{\text{заг}} = 6,0$ кг (св. 5,6 до 10,0);
- Группа стали М1;
- Степень сложности С1;
- Класс точности Т4;
- Конфигурация поверхности разъема штампа П (плоская)

Исходный индекс 12 поковки детали «Цапфа» вариант № 26.

3.1.5 Определение припусков и допусков на размеры поковки.

1). Определение припусков и допусков

По ГОСТ 7505-89 таблицы 3 и 8 определяем припуски и допуски на механическую обработку и размеры поковки.

Принимаем величину дополнительного припуска:

- смещение по поверхности разъема штампа таблица 4 ГОСТ 7505-89 –0,3мм.
- на изогнутость и прямолинейность поковки $L_{\text{max}} = 290$ мм, таблица 5 ГОСТ 7505-89 – 0,5мм.

Расчеты припусков и допусков на размеры выполнены в таблице 8.

Таблица 8 Расчет припусков и допусков на размеры

Размер детали, шероховатость R_a	Расчетный размер с припуском на диаметр, мм	Предельные отклонения, мм	Принятый размер с допуском
$\varnothing 40k6 R_a 0,8$	$(1,8+0,3+0,5) \cdot 2 = 5,2$ $40+5,2 = 45,2$	$\frac{+1,3}{-0,7}$	$\varnothing 45 \frac{+1,3}{-0,7}$
$\varnothing 64_{-0,79} R_a 1,0$	$(1,9+0,3+0,5) \cdot 2 = 5,4$ $64+5,4 = 69,4$	$\frac{+1,3}{-0,7}$	$\varnothing 70 \frac{+1,3}{-0,7}$
$\varnothing 42h8 R_a 1,0$	$(1,9+0,3+0,5) \cdot 2 = 5,4$ $42+5,4 = 47,4$	$\frac{+1,3}{-0,7}$	$\varnothing 47 \frac{+1,3}{-0,7}$
Размер $285 \pm 0,65$ $R_a 12,5$	$(1,9+0,3+0,5) \cdot 2 = 5,4$ $285+5,4 = 290,0$	$\frac{+2,1}{-1,1}$	$290 \frac{+2,1}{-1,1}$
Размер $154 \pm 0,5$ $R_a 12,5$	$(1,5+0,3+0,5) \cdot 1 = 2,3$ $154-2,3+2,7 = 154,4$	$\frac{+1,6}{-0,9}$	$154 \frac{+1,6}{-0,9}$
Размер $246 \pm 1,45$ $R_a 12,5$	$(1,7+0,3+0,5) \cdot 2 = 5,0$ $246+5,0 = 251,0$	$\frac{+2,1}{-1,1}$	$251 \frac{+2,1}{-1,1}$

Эскиз заготовки детали «Цапфа» выполнен на рисунке 13.

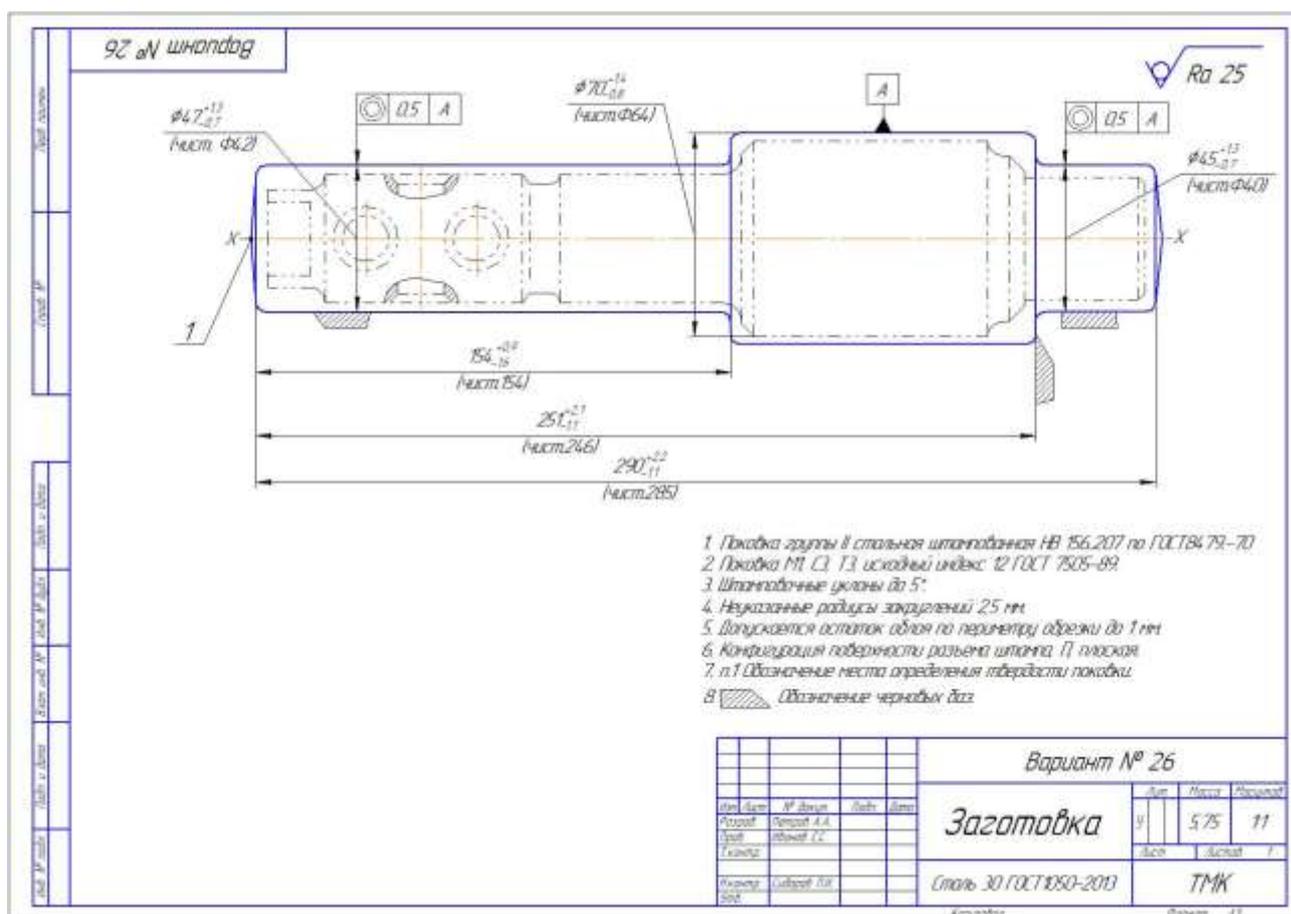


Рисунок 13 – Заготовка поковка штампованная

Примечание

Указанные на чертеже поковки допуск соосности 0,5 мм и 0,8 мм поверхностей приняты условно. На практике численное значение допуска не должно превышать удвоенной величины допуска на изогнутость и согласовывается с потребителем (см. пункт 5.17, [12])

2). Определение массы заготовки детали «Цапфа» поковки.

Масса поковок, определенная по ГОСТ 7062—79, не должна превышать расчетной массы, определенной по наибольшим размерам поковки (с учетом плюсового отклонения).

В соответствии с техническими требованиями по ГОСТ 8479-98 определяем объем поковки.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

где $V_1 + V_2 + V_3$ - объемы цилиндрических частей поковки

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L_1 = \frac{3,14 \cdot 4,8^2}{4} \cdot 15,4 = 278,5 \text{ см}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot L_2 = \frac{3,14 \cdot 7,1^2}{4} \cdot (25,2 - 15,4) = 387,8 \text{ см}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{3,14 \cdot 4,6^2}{4} \cdot (29,1 - 25,1) = 66,4 \text{ см}^3$$

$$V = 278,5 + 387,8 + 66,4 = 732,7 \text{ см}^3$$

$$Q_{\text{заг}} = V \cdot \gamma = 732,7 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 5,75 \text{ кг}$$

Коэффициент использования материала

$$K_{\text{и}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{4,0}{5,75} = 0,7.$$

3). Определение минимальной величины радиусов наружных углов

Минимальную величину радиусов наружных углов R устанавливают в зависимости от массы поковки и глубины H полости ручья штампа (Приложение В).

Наибольшая глубина полости штампа при различных положениях поковки

$$H = 0,5 \cdot D_{\text{max}} = 64 \cdot 0,5 = 32 \text{ мм.}$$

При массе поковки 5,75 кг минимальная величина радиусов наружных углов составляет 2,5 мм [Приложение В, таблица 5]

3.1.6 Обоснование выбора вида заготовки

Согласно расчетов коэффициент использования материала $K_{\text{и.м.}}$ при заготовке из проката $K_{\text{и.м.}} = 0,50$ и поковки штампованной $K_{\text{и.м.}} = 0,7$ отличаются значительно.

Выбор вида заготовки по коэффициенту K по формуле;

$$K = \frac{M_{\text{д}} \cdot (M_{\text{пр}} - Q_{\text{шт}})}{M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{шт}}} \text{ где:}$$

$M_{\text{д}}$ - масса детали; $M_{\text{пр}}$ - масса заготовки из проката;

$M_{\text{шт}}$ - масса заготовки поковки штампованной.

$$K = \frac{M_{\text{д}} \cdot (M_{\text{пр}} - M_{\text{шт}})}{M_{\text{пр}} \cdot M_{\text{шт}}} = \frac{4,0 \cdot (7,97 - 5,5)}{7,97 \cdot 5,5} = 0,23$$

Для заготовки используется штамповка, т.к. $0,23 \geq 0,05$

Таблица результаты по двум вариантам получения заготовок для изготовления детали «Цапфа» выполнены в таблице 9.

Таблица 9. Сравнительная характеристика штампованной заготовки и заготовки, полученной из проката

№ пок.	Наименование показателя	Поковка штампованная по ГОСТ 7505-89	Прокат круг по ГОСТ 2590-2006	Разница: + - увеличение - снижение
1	Масса детали, кг.	4,0	4,0	-
2	Масса заготовки, кг.	5,5	7,97	+/- 2,47
3	$K_{н.м.}$	0,73	0,50	+ 0,24
4	Выбор по $K=0,05$			$K= 0,23 > K=0,05$

Вывод: В проекте принимается заготовка штамповку по ГОСТ 7505-89.

11. Технические требования на заготовку

1. Поковка группы II стальная штампованная НВ 156..207 по ГОСТ 8479-70.
2. Поковка М1,С1,Т4, исходный индекс 12 ГОСТ 7505-89.
3. Штамповочные уклоны до 5°.
4. Неуказанные радиусы закруглений до 2,5 мм.
5. Допускается остаток облоя по периметру обрезки до 1мм.
6. Конфигурация поверхности разъёма штампа II плоская.

На чертежах поковок IV и V групп испытаний дополнительно указываются по согласованию с заказчиком места для изготовления образцов для проведения испытаний и другие требования в соответствии с ГОСТ 8479-70.

Не указанные предельные отклонения размеров – допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

По требованию потребителя сдача поковок должна производиться с дополнительными видами испытаний, не предусмотренными настоящим стандартом.

Контрольные вопросы

1. Какие методы штамповки стальных заготовок Вы знаете?
2. Перечислите достоинства и недостатки поковок перед отливками.
3. При каких условиях возможно получение сквозного отверстия при объемной штамповке?
4. Какие требования следует учитывать при выборе плоскости разъема?
5. Какие факторы влияют на величину припусков, допусков на обрабатываемые поверхности поковок и как они назначаются?
6. Каким образом назначаются штамповочные уклоны, радиусы закруглений?
7. Изложите правила оформления чертежа поковки.
8. Какие технические требования следует указать на чертеже поковки?
9. Какие материалы и заготовки используют для ковки и горячей объемной штамповки?
10. Перечислите и кратко опишите основные виды разделки металлов на заготовки перед ковкой и горячей штамповкой.
11. Назовите виды отходов, возникающие при разделке металлов на мерные заготовки перед ковкой и горячей штамповкой.
12. Как следует производить рациональный раскрой металлов на мерные заготовки перед ковкой и горячей штамповкой?
13. Как осуществляется выбор оборудования для ковки и штамповки? Какие факторы при этом учитываются?
14. Порядок разработки чертежа штамповки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные методические указания к проведению лабораторных и практических работ содержат теоретические и практические сведения.

Работа выполнена в соответствии с учебным планом и требованиями ФГОС для специальности 15.02.08 «Технология машиностроения», ОП.06. Процессы формообразования и инструменты.

В данной методической разработке описаны теоретические вопросы для выполнения практической работы на тему курса обработка металлов давлением, горячая ковка и штамповка. Представлены наглядные графические материалы, требования стандартов и рекомендаций различных нормативных научно технических источников для самостоятельного изучения и решения вопросов по теме выполняемой работы.

В ходе выполнения работы у обучающихся формируются основные компетенции и важнейшие практические умения и навыки, необходимые для успешного усвоения междисциплинарных курсов, реализующих учебный материал.

Качественное выполнение любой практической работы – это предпосылка для подготовки в будущем квалифицированных специалистов. Знания и умения, полученные обучающимися на практических и лабораторных занятиях, могут использоваться при подготовке к зачетам и экзаменам в конце учебного года, а также к любым конкурсам, проводимым по специальности «Технология машиностроения».

Данная работа может быть полезна преподавателям и обучающимся других учебных заведений технических специальностей.

Список использованной литературы

1. Справочник технолога -машиностроителя. Том 1. Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. М.: Машиностроение, 1986.
2. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./ ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1986, - Т.2. Горячая штамповка /Под ред. Е.И. Семенова, 1986, -592с.
3. Ковка и штамповка: Справ.: В 4-х т. / Под ред. Е.И. Семёнов и др. -М.: Машиностроение, Т.1: Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка.-1985.-568с.
4. Ковка и объемная штамповка стали: справочник.Т.1; под ред. М.В.Сторожева.-М.: Машиностроение, 1967. 436 с.
5. ГОСТ Р 2.105-2019 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам
6. ГОСТ 2.307-2011 Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений
7. ГОСТ 2.308-2011 Единая система конструкторской документации. Указания допусков формы и расположения поверхностей
8. ГОСТ 2.309-73 Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей
9. ГОСТ 1050-2013Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия
10. ГОСТ 3.1126-88. Единая система технологической документации. Правила выполнения графических документов на поковки. – М.: Издательство стандартов, 1988. -23с.
11. ГОСТ 4543-2016 Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия
12. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. - М.: Издательство стандартов, 1989. -52с.
13. ГОСТ 8479 -70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1970. -15с.

Содержание отчета:

1) Теоретическая часть и расчеты оформление по ГОСТ 2.105-95. Объем пояснительной записки 8-10 листов формата А4.

2) Графическая часть. Чертеж заготовки. Лист формата А4 по ГОСТ 2.301-68

Таблица 1. Варианты индивидуальных заданий

№ п.п.	Способ штамповки	Варианты заданий. Размеры детали, мм								Материал ГОСТ 4543-71
		d_1	d_2	d_3 h_7	d_4 h_8	l_1 $iS14$	l_2 $iS12$	l_3 $iS14$	l_4 $iS12$	
1	открытый	45h6	56h11	35	21	196	50	45	100	15X
2	закрытый	55 k7	64d11	40	24	180	30	35	110	40X
3	открытый	60g7	72h11	55	27	210	50	40	120	35Г2
4	закрытый	70 h6	80d10	60	30	215	55	45	105	15ХМ
5	открытый	65 g7	88h10	55	33	185	45	40	110	20ХН
6	закрытый	75 n6	96h11	60	36	200	60	50	120	25Г
7	открытый	80 h6	104d11	65	39	195	55	50	100	20ХФ
8	закрытый	75 k7	90d10	60	42	180	50	45	90	12ХН2
9	открытый	80 g7	100h11	75	45	210	55	45	95	20ХГСА
10	закрытый	60 h6	85h10	60	40	215	60	50	100	30ХГСА
11	открытый	50 n6	70d11	85	51	185	45	40	105	30ХМ
12	закрытый	75 g7	92h10	90	54	200	55	40	120	38ХС
13	открытый	70 k7	84d11	50	57	250	50	35	125	20X
14	закрытый	60 h6	86h11	60	60	170	45	30	100	12ХН3А
15	открытый	75 n6	94h10	75	63	220	50	35	110	45Г2
16	закрытый	60 g7	72 h11	50	27	150	40	30	80	10Г2
17	открытый	55 n6	88d10	45	33	185	45	30	85	12ХН3А
18	закрытый	65 h6	104h11	55	39	180	45	40	80	15ХФ
19	открытый	90 k7	110d10	75	45	195	50	40	90	18ХГТ
20	закрытый	70 n6	96 h11	55	51	182	50	42	85	19ХГН
21	открытый	50 h6	86h11	35	57	196	45	35	90	20X
22	закрытый	45 k7	60d10	25	60	176	50	40	85	12ХН3А
23	открытый	55 g7	68 h11	55	63	185	45	40	90	45Г2
24	закрытый	65n6	86d10	45	55	130	40	35	75	20ХГСА
25	открытый	65 h6	85h10	35	48	180	45	40	100	40X
26	закрытый	70k7	94 h11	65	51	150	35	30	95	30X

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Таблица 1 Категории прочности и механические свойства сталей

Категории прочности	Механические свойства, не менее														Твердость по Бринеллю (на поверхности поковок)	
	Предел текучести $S_{0,2}$	Временное сопротивление S_b	Относительное удлинение d , %				Относительное сужение y , %				Ударная вязкость, КСУ, Дж/мм ² · 10 ⁴ (кгс × м/см ²)					
			Диаметр (толщина) поковки сплошного сечения													
	МПа (кгс/мм ²)		До 100	Св. 100 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 800	До 100	Св. 100 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 800	До 100	Св. 100 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 800	Число твердости НВ	$d_{отп}$, мм
КП 175 (18)	175	355 (36)	28	24	22	20	55	50	45	40	64 (6,5)	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	101-143	5,85-5,00
КП 195 (20)	195	390 (40)	26	23	20	18	55	50	45	38	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	44 (4,5)	111-156	5,60-4,80
КП 215 (22)	215	430 (44)	24	20	18	16	53	48	40	35	54 (5,5)	49 (5,0)	44 (4,5)	39 (4,0)	123-167	5,35-4,65
КП 245 (25)	245	470 (48)	22	19	17	15	48	42	35	30	49 (5,0)	39 (4,0)	34 (3,5)	34 (3,5)	143-179	5,00-4,50
КП 275 (28)	275	530 (54)	20	17	15	13	40	38	32	30	44 (4,5)	34 (3,5)	29 (3,0)	29 (3,0)	156-197	4,80-4,30
КП 315 (32)	315	570 (58)	17	14	12	11	38	35	30	30	39 (4,0)	34 (3,5)	29 (3,0)	29 (3,0)	167-207	4,65-4,20
КП 345 (35)	345	590 (60)	18	17	14	12	45	40	38	33	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	39 (4,0)	174-217	4,55-4,10
КП 395 (40)	395	615 (63)	17	15	13	11	45	40	35	30	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	39 (4,0)	187-229	4,40-4,00
КП 440 (45)	440	635 (65)	16	14	13	11	45	40	35	30	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	39 (4,0)	197-235	4,30-3,95
КП 490 (50)	490	655 (67)	16	13	12	11	45	40	35	30	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	39 (4,0)	212-248	4,15-3,85
КП 540 (55)	540	685 (70)	15	13	12	10	45	40	35	30	59 (6,0)	49 (5,0)	44 (4,5)	39 (4,0)	223-262	4,05-3,75
КП 590 (60)	590	735 (75)	14	13	12	10	45	40	35	30	59 (6,0)	49 (5,0)	44 (4,5)	39 (4,0)	235-277	3,95-3,65
КП 640 (65)	640	785 (80)	13	12	11	10	42	38	33	30	59 (6,0)	49 (5,0)	44 (4,5)	39 (4,0)	248-293	3,85-3,55
КП 685 (70)	685	835 (85)	13	12	11	10	42	38	33	30	59 (6,0)	49 (5,0)	39 (4,0)	39 (4,0)	262-311	3,75-3,45
КП 735 (75)	735	880 (90)	13	12	11	-	40	35	30	-	59 (6,0)	49 (5,0)	39 (4,0)	-	277-321	3,65-3,40
КП 785 (80)	785	930 (95)	12	11	10	-	40	35	30	-	59 (6,0)	49 (5,0)	39 (4,0)	-	293-331	3,55-3,35

Примечания: 1. Категория прочности обозначается буквами КП и цифрой, указывающей предел текучести.

Приложение В
(справочное)

1. Определение класса точности поковок

Таблица 1 Класс точности поковок по ГОСТ 7505-89

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T 1	T 2	T 3	T 4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая (облойная) штамповка закрытая штамповка выдавливание		+	+	+	+
Горизонтально-ковочные машины	+	+			
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

2. Определение группы стали

Группа стали по ГОСТ 7505-89 определяется в зависимости от среднего массового содержания углерода и легирующих элементов:

М1 – сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 % включительно.

М2 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,35–0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2 % до 5,0 % включительно.

М3 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %.

При назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V и др.).

3. Определение степени сложности поковки

Степень сложности является одной из конструктивных характеристик формы поковки, качественно оценивающей ее. Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) $M_{пок}$, поковки к массе (объему) $M_{фиг}$, геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки.

Геометрическая фигура может быть параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой (рис. 6 а, б, в).

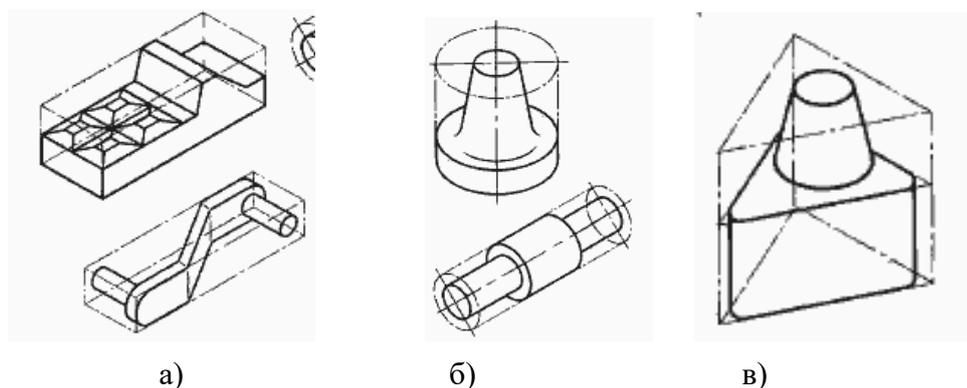


Рисунок 6 – Формы геометрических фигур

Численные значения показателей для определения степени сложности поковки представлены в таблице 2.

Расчетную массу поковки допускается вычислять по формуле

$$M_{п} = M_{д} \cdot K_{р},$$

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

$M_{д}$ – масса детали, кг;

K – коэффициент, зависящий от формы поковки (см. [12], таблица 3).

$$C = \frac{M_{пок}}{M_{фиг}}$$

Таблица 2 – Показатели для определения степени сложности поковки

Отношение массы поковки к массе фигуры $M_{п}/M_{ф}$ (свыше – до)	Степень сложности
0,63 и более	C1
0,32 до 0,63	C2
0,16 до 0,32	C3
до 0,16	C4

Таблица 3. Коэффициент (K_0) для определения ориентировочной расчетной массы поковки.

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	Коэффициент K_0
1	Удлиненной формы	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3—1,6
1.1	С прямой осью		
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1—1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5—1,8
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3—1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4—1,6
3	Комбинированной (сочетающей элементы групп 1 и 2-й) конфигурации	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3—1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1—1,3-
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8—2,2:

4. Назначение штамповочных уклонов

Штамповочные уклоны поковок по ГОСТ 7505-89 не должны превышать величин, установленных в таблице 5.

Таблица 5 Минимальные штамповочные уклоны

Оборудование	Штамповочные уклоны, град	
	на наружной поверхности	на внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, горизонтально-ковочные машины	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

На поверхностях отверстий в поковках, изготовленных на горизонтально-ковочных машинах, штамповочный уклон не должен превышать 3° .

У изготовленных на штамповочных молотах и прессах без выталкивателей поковок, имеющих элементы в виде ребра, выступа, реборды с отношением их высоты к ширине более 2,5, допускается штамповочный уклон до 10° на внешней поверхности и до 12° на внутренней поверхности.

5. Определение исходного индекса

Исходный индекс определяется по данным таблицы 4.

Таблица 4. 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

Для определения исходного индекса по табл. 4 в графе «Масса поковки» находят соответствующую данной массе строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими заданным значениям группы стали М, степени сложности С, класса точности Т, устанавливают исходный индекс (от 1 до 23).

6. Определение минимальной величины радиусов закруглений поковок

Минимальные величины радиусов закруглений поковок по ГОСТ 7505-89

представлены в таблице 6.

Таблица 6. Минимальная величина радиусов закруглений поковок

Масса поковки, кг	Минимальная величина радиусов закруглений, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
	до 10 включительно	10 — 25	25 — 50	св. 50
До 1,0 включ.	1,0	1,6	2,0	3,0
Св. 1,0 » 6,3 »	1,6	2,0	2,5	3,6
» 6,3 » 16,0 »	2,0	2,5	3,0	4,0
» 16,0 » 40,0 »	2,5	3,0	4,0	5,0
» 40,0 » 100,0 »	3,0	4,0	5,0	7,0
» 100,0 » 250,0 »	4,0	5,0	6,0	8,0

7. Рекомендации при выборе плоскости разреза штампа

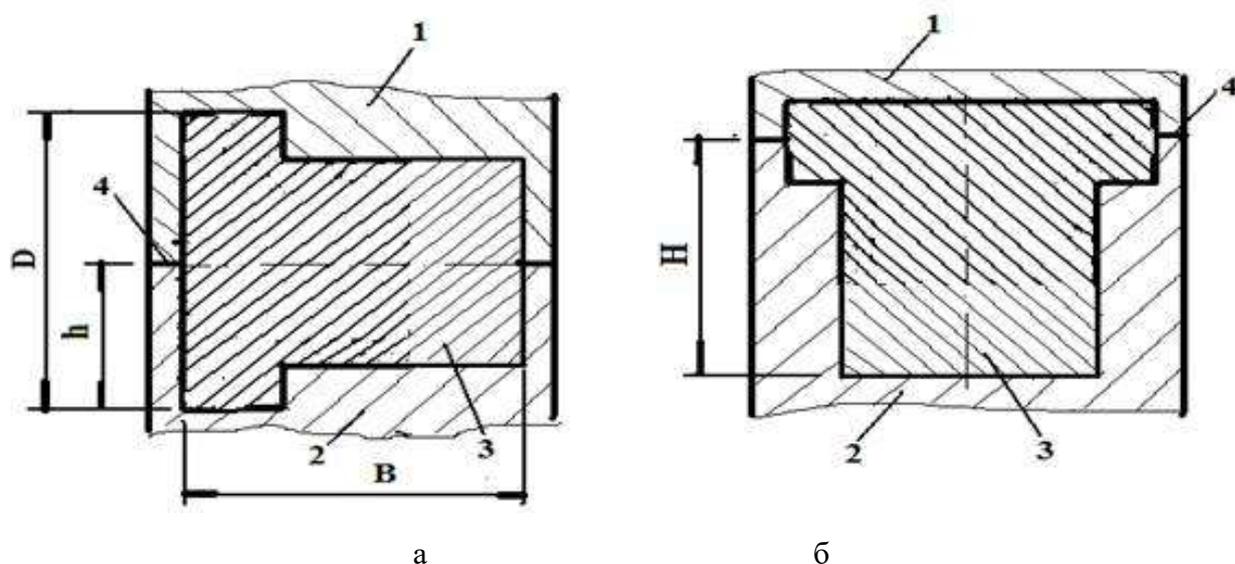


Рисунок 1 Выбор плоскости разреза штампа

1 – верхний штамп; 2 – нижний штамп; 3 – поковка; 4 – плоскость разреза штампа;

D и B – наибольшие габаритные размеры поковки;

h и H глубины полости штампа при различных положениях поковки.

а – технологично, т.к. плоскость разреза штампа совпадает с плоскостью двух наибольших габаритных размеров штампованной поковки;

б – нетехнологично, т.к. плоскость разреза штампа не совпадает с плоскостью двух наибольших габаритных размеров штампованной поковки и полость штампа имеет большую глубину по сравнению с вариантом «а» ($H > h$).

Приложение Г
(справочное)

Таблица 2. Температурные интервалыковки и штамповки углеродистых и легированных сталей

Марка стали	Температура начала ковки максимальная в °С	Температура конца ковки в °С		Рекомендуемый интервал температурковки в °С
		Не выше	Не ниже	
Ст.0, 1, 2, 3	1300	800	700	1280-750
Ст.4, 5, 6	1250	850	750	1200-800
Ст. 7	1200	850	750	1170-780
10,15	1300	800	700	1280-750
20,25,30,35	1280	830	720	1250-800
40,45,50	1260	850	760	1200 -800
55,60	1240	850	760	1190 -800
65,70	1220	850	770	1180 -800
15Г, 20Г, 25Г,	1250	850	750	1230 -800
40Г, 45Г, 50Г	1220	850	760	1200-800
60Г,65Г	1200	850	760	1180 -800
15Х, 15ХА, 20Х	1250	870	760	1200 -800
30Х,38ХА	1230	870	780	1180 -820
40Х,45Х,50Х	1200	870	800	1180-830
10Г2,35Г2	1220	870	750	1200 -800
40Г2, 45Г2,	1200	870	800	1180 -830
50Г2	1230	870	800	1200 -850
18ХГ	1200	850	780	1180 -800
18ХГТ	1200	870	800	1180-830
35ХГ2	1220	870	800	1200 -850
33ХС	1240	870	760	1160 -820
38ХС,40ХС	1200	870	800	1150-830
27СГ, 35СГ	1260	850	780	1230 -800
15ХМ	1230	850	780	1200 -800
30ХМ, 30ХМА,	1220	880	830	1180 -850
35ХМ, 15ХФ	1250	900	800	1230 -850
20ХФ, 40ХФА	1240	850	760	1200-800
15НМ, 20НМ	1250	850	800	1230 -820
20ХН	1250	850	780	1200 -800
40ХН, 45ХН,	1200	870	780	1180 -830
12ХН2,	1200	870	760	1180-800
12ХН3А,	1200	850	760	1170-800
20ХН3А,	1180	800	750	1150 -780
20Х2Н4А	1180	900	800	1160-850
20ХГСА,	1200	870	800	1160 -830
25ГСА,	1180	870	800	1140-830
30ХГС,	1200	850	780	1180 -800
30ХГСА,	1200	900	800	1180-850
38ХМЮА	1180	950	830	1160 -880
ШХ6, ШХ9,	1200	900	850	1150-870
ШХ15,	1180	870	830	1130 -850
ШХ15СГ.	1180	900	800	1150 -850