Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Научно-исследовательский университет)
Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»
Кафедра «Машины и технологии обработки материалов давлением»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент
К.В. Анненков
05.07 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
В.Г. Шеркунов
05.07. 2016 г.

Проектирование участка горячей штамповки поковки «Шестерня ведущая»
на базе кузнечного цеха №2 ОАО «ЧКПЗ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 150700.2016.886.ПЗ ВКР

Руководитель работы,
профессор, д.т.н.
Б.Г. Каплунов
5.07 2016 г.

Автор работы
студент группы МиМТ-475
Д.В. Копленков
2016 г.

Нормоконтролер,
к.т.н., доцент
Е.В. Экк
05.07 2016 г.

Челябинск 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Национальный исследовательский университет)

Факультет «Материаловедения и металлургических технологий»
Кафедра «Машины и технологии обработки материалов давлением»
Специальность «Машины и технологии обработки металлов давлением»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Г. Шеркунов
05.07. _____2016г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента
Копленкова Дмитрия Витальевича
Группа № 475

1 Тема проекта

Проектирование участка горячей штамповки «Шестерня ведущая» на базе кузнечного цеха №2 ОАО «ЧКПЗ».

утверждена приказом по университету от 15 апреля 2016 г. № 661.

2 Срок сдачи студентом законченной работы 24 июня 2016 г.

3 Исходные данные к проекту

Задание на вторую производственную практику; материалы второй производственной практики; конспекты лекций; рекомендуемая литература; периодические издания и публикации по теме проекта; стандарт организации СТО ЮУрГУ 04-2008.

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

Анализ и выбор номенклатуру для проектного участка.

Анализ действующей технологии изготовления поковки-представителя.

Усовершенствование технологии изготовления поковки представителя.

Разработка технологического процесса закрытой штамповки.

Проектирование инструмента для технологии изготовления поковки-представителя.

Проектирование штамповой оснастки.

Инженерный анализ конструкторско-технологического проектирования в САЕ программе.

Разработка планировки участка для проектной технологии на базе Кузнечного цеха №2

5 Перечень графического материала

Номенклатура поковок проектного участка горячей штамповки	1 лист А1
Технологические схемы базового и проектного вариантов штамповки	1 лист А1
Чертеж детали представителя	1 лист А1
Чертеж поковки	1 лист А2
Переходы штамповки	1 лист А1
Чертеж штампа КГШП	1 лист А1
Деталировка вставки окончательной штамповки	1 лист А1
Результаты моделирования формоизменения и напряжений в Рапид-2Д	1 лист А1
Планировка проектного участка горячей штамповки	1 лист А1
Всего:	8 листов А1, 1 лист А2

6 Дата выдачи задания: 15.02.16

Руководитель _____ /Б.Г. Каплунов/

Задание принял к исполнению _____ /Д.В. Копленков /

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы (проекта)	Срок выполнения этапов работы (проекта)	Отметка руководителя о выполнении
Введение	31.04.2016	
Аналитический раздел	06.05.2016	
Технологический раздел	21.05.2016	
Конструкторский раздел	28.05.2016	
Раздел компьютерного моделирования	08.06.2016	
Графическая часть	15.06.2016	
Оформление пояснительной записки	19.06.2016	
Рецензия	29.06.2016	
Защита	06.07.2016	

Заведующий кафедрой _____/В.Г. Шеркунов /

Руководитель проекта_____/Б.Г. Каплунов/

Студент_____/Д.В. Копленков/

Аннотация

Копленков Д.В. Проектирование участка горячей штамповки поковки «Шестерня ведущая» на базе кузнечного цеха №2 ОАО «ЧКПЗ» – Челябинск: ЮУрГУ, МиМТ-475, 2016 г. – 74 с., 18 табл., 35 рис., библ. список – 21 наим., 2 прил.,8 чертежей формата А1, 1 чертеж формата А2.

Выпускная квалификационная работа выполнена с целью создания проекта участка горячей штамповки поковки «Шестерня ведущая» на базе кузнечного цеха №2 ОАО ЧКПЗ.

В выпускной квалификационной работе выбрана номенклатура поковок проектного участка горячей штамповки.

Выполнен анализ существующих способов штамповки поковок полых вал-шестерен.

В работе предложена технология закрытой штамповки выдавливанием поковки-представителя типа «полые вал-шестерни».

Разработан технологический процесс и спроектирована необходимая штамповая оснастка для осуществления процесса горячей закрытой штамповки поковки «Шестерня ведущая» на КГШП.

Выполнена проверка результатов конструкторско-технологического проектирования в программе «Рапид 2Д».

Решены основные организационные вопросы разработки участка горячей штамповки.

Разработана планировка участка горячей штамповки поковки «Шестерня ведущая».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1 СПОСОБЫ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ПОЛЫЕ ВАЛ-ШЕСТЕРНИ»

1.1 Выбор номенклатуры поковок проектного участка горячей штамповки 7

1.2 Анализ существующих способов штамповки поковок полых вал-шестерен 8

1.3 Способ закрытой штамповки выдавливанием полых поковок тел вращения 12

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Конструктивно-технологический анализ «детали-представителя» выбранной номенклатуры изделий «Шестерня ведущая» 4320Х-2402017 15

2.2 Базовый технологический процесс изготовления поковки-представителя 17

2.3 Разработка проектного варианта технологии закрытой штамповки ... 19

2.3.1 Исходные данные для разработки технологии закрытой штамповки 19

2.3.2 Конструирование поковки 19

2.3.3 Разработка технологии прессовой горячей закрытой штамповки 26

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Исходные данные для конструирования штампа 48

3.2 Характеристика штамповочного оборудования 48

3.3 Выбор конструкции проектируемого штампа (КГШП) 51

3.4 Проектирование блока штампа 51

3.5 Проектирование комплекта рабочих вставок 54

3.6 Вычерчивание штампа 56

3.7 Описание работы и требования к эксплуатации штампа 57

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКРЫТОЙ ШТАМПОВКИ В СИСТЕМЕ РАПИД-2Д

4.1 Назначение системы 59
4.2 Подготовка данных к расчету 60
4.3 Проверка конструкторско-технологических расчетов путем анализа НДС и формоизменения 61
5 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЧАСТЬ
5.1 Годовой план производства участка 65
5.2 Потребность в производственном оборудовании 66
5.3 Расчёт численности основных рабочих 67
5.4 Конструкция здания 68
5.5 Разработка планировки участка горячей закрытой штамповки 69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 72
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 73

ПРИЛОЖЕНИЕ А. КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ГОРЯЧЕЙ ЗАКРЫТОЙ ШТАМПОВКИ
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СПЕЦИФИКАЦИЯ ШТАМПА КГШП

ВВЕДЕНИЕ

Ковка и штамповка поковок деталей машин, инструмента и других металлоизделий являются древнейшими процессами металлообработки, но и в наше время эти процессы наиболее распространены из-за их высокой производительности, экономичности и качества продукции.

Основная цель этих процессов – изменение формы заготовки и максимальное приближение заготовки к форме готовой детали, повышение точности, качества поковок, экономия металла, улучшение условий труда.

Горячая объёмная штамповка (ГОШ) – это вид обработки металлов давлением, при которой формообразование поковки из нагретой до ковочной температуры заготовки осуществляют с помощью специального инструмента – штампа (открытого или закрытого).

В себестоимости поковок стоимость металла является главной составляющей. Его экономия достигается в первую очередь за счет совершенствования методов горячей пластической деформации, которые в ближайшее время останутся основными способами производства заготовок с высокими эксплуатационными свойствами. Один из основных прогрессивным способом производства заготовок является закрытая штамповка.

При отсутствии денежных средств на закупку и модернизацию оборудования большое значение приобретают технические решения, реализация которых возможна на имеющемся универсальном оборудовании. В этом случае затраты на внедрение новых процессов связаны только с разработкой технологий, проектированием и изготовлением оснастки. Работа направлена на решение задач создания усовершенствованного участка горячей штамповки на основе способа закрытой штамповки.

Цель работы – проектирование участка горячей штамповки поковки «Шестерня ведущая» на базе кузнечного цеха №2 ОАО «ЧКПЗ».

Задачи работы:

– выбрать номенклатуру поковок проектного участка горячей штамповки;

– проанализировать существующие технологии способов штамповки поковок типа «полые вал-шестерни»;

– проанализировать базовую технологию изготовления поковки «Шестерня ведущая»;

– разработать усовершенствованную технологию изготовления поковки «Шестерня ведущая»;

– разработать конструкторскую документацию для реализации проектной технологии;

– обосновать проект участка горячей штамповки «Шестерня ведущая» на базе кузнечного цеха №2 ОАО «ЧКПЗ».

1 СПОСОБЫ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ПОЛЫЕ ВАЛ-ШЕСТЕРНИ»

Качественными заготовками (прочными и экономичными заготовками) для изготовления деталей данной номенклатуры, с указанными ниже характеристиками, являются горячештамповочные поковки.

1.1 Выбор номенклатуры поковок проектного участка горячей штамповки

Номенклатура представляет собой поковки типа «полые вал-шестерни», которые производятся на ОАО «Челябинском кузнечно-прессовом заводе».

Рассматриваемая номенклатура поковок является типовой и характеризуется наличием следующих конструктивных элементов:

– полой ступичной части;

– развитого утолщения (фланцевой части).

Изготавливаемые детали рассматриваемой номенклатуры являются средне и тяжело нагруженными элементами узлов ходовых частей транспортных и строительных машин. Они работают при динамических нагрузках и высоких удельных давлениях на посадочной поверхности, скручивающих моментах. В волокнистой макроструктуре детали нежелательно наличие перерезанных волокон.

Таблица 1 – Номенклатура деталей участка горячей штамповки

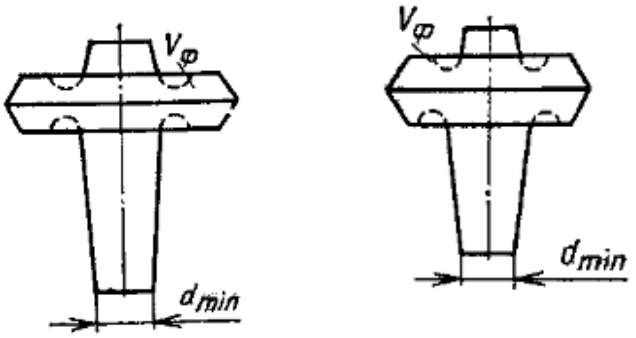
Поковка	Вес заготовки, кг	Маркопрофиль
4320Х-2402017 Шестерня ведущая	9,630	Круг 80 сталь 17ХГР
123В-4503020 Муфта	6,471	Круг 80 сталь 40Х
375-1802088Б Шестерня	9,5874	Круг 105 сталь 12Х2Н4А
375-4501044 Ступица	14,07	Круг 105 сталь 18ХГТ
4322-1802036 Шестерня	10,535	Круг 105 сталь 12Х2Н4А

1.2 Анализ существующих способов штамповки поковок полых вал-шестерен

С целью получения технического решения для повышения эффективности процесса штамповки поковок «полые тела вращения» выполнен анализ известных технологий.

Осесимметричные детали с развитой ступичной частью со сквозным отверстием и фланцем распространены в машиностроении. Поковки для деталей типа «полые тела вращения» могут быть получены следующими способами.

1. Штамповкой на молоте поковок типа конического стержня с фланцем (рисунок 1) (поковка II группы 3 подгруппы) [1].



а) б)

Рисунок 1 – Молотовые поковки II группы 3 подгруппы

Технологические особенности изготовления таких поковок:

– необходимы заготовительные операции: высадка фланца или бурта для поковок с относительно небольшим объемом фланца (рисунок 1а);

– необходимы заготовительные операции для протяжки в специальном протяжном ручье или высадка для поковок с большим объемом фланца (рисунок 1б).

Поковки штампуется без полости или имеет небольшую глухую наметку под отверстие. Сквозное отверстие получают последующей механической обработкой, что ведет к большому расходу металла и высокой трудоемкости обработки.

2. Известен способ горячей штамповки с прошивкой глубоких отверстий в высокой ступице, согласно которому, в начале окончательно штампуют на молоте по-

ковку во всех ее частях, кроме ступичной, оформленной в виде набора металла, который затем окончательно деформируют в комбинированном штампе на механическом прессе, где за один ход обрезают облой и прошивают отверстие при одновременном формовании ступицы (рисунок 2) [2].

Недостаток – коробление фланца и нестабильность высотного размера поковки вследствие несогласования переходов штамповки по ступичной части:

– возможность коробления при прошивке фланцевой части;

– возможность развития колебаний высоты поковок из-за возникновения при прошивке стадии обратного выдавливания.

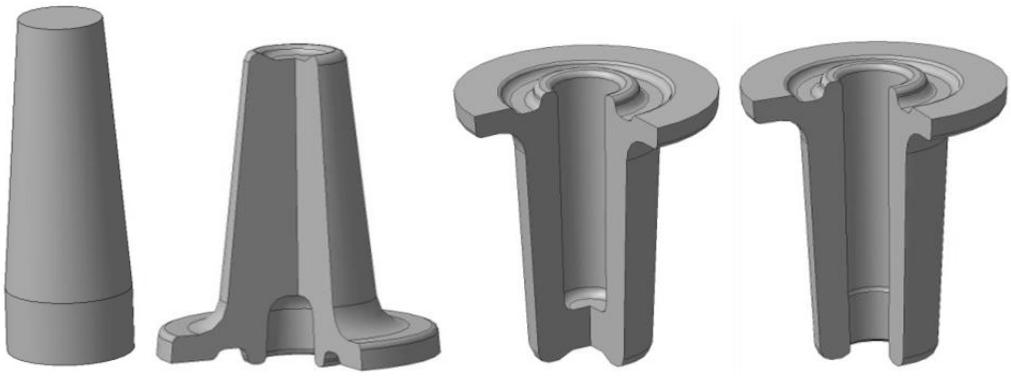


Рисунок 2 – Переходы штамповки «полые ступицы» на молоте и механическом прессе [2]

3. Штамповка выдавливанием на прессе поковок с глухой или сквозной полостью с фланцем путем выдавливания сплошной заготовки в замкнутую кольцевую полость (рисунок 4, рисунок 5). Это поковки V группы 3 подгруппы.

Группа поковок V – поковки, изготавливаемые выдавливанием [1].

Подгруппа 3 – поковки с глухой или сквозной полостью. Поковки образуются выдавливанием металла в замкнутую кольцевую полость (рисунок 3).

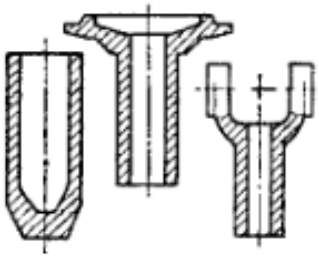


Рисунок 3 – Поковки V группы 3 подгруппы, штампуемые выдавливанием на КГШП

Особенностью указанного способа является многопереходность (трудоемкость) штамповки, что определяет реализуемость способа только на механических и гидравлических прессах.

В зависимости от характера течения металла в процессе такой штамповки различают облойную и безоблойную штамповку.

При облойной штамповке (рисунок 4, рисунок 5) объем исходной заготовки берут большим, чем объем получаемой поковки. Деформируемый металл течет не только в рабочую часть штампа, соответствующую конфигурации поковки и называемую ручьем штампа, но и в зазор между подвижной и неподвижной частями штампа, образуя облой (заусенец). Впоследствии облой удаляется на обрезном штампе. В связи с существованием в процессе облойной штамповки между подвижной и неподвижной частями штампа переменного зазора, через который течет деформируемый металл, этот вид объемной штамповки также называют штамповкой в открытых штампах. Точность получаемых поковок здесь зависит от точности раскроя (отрезки) исходных заготовок, что позволяет не предъявлять высоких требований к точности заготовок по массе.

Основными недостатками данного типа штамповки являются:

– повышенный расход металла на облой;

– обязательное применение обрезных и прошивных штампов;

– класс точности поковок при штамповке в открытом штампе Т4, что соответствует увеличенным напускам и припускам на механическую обработку.

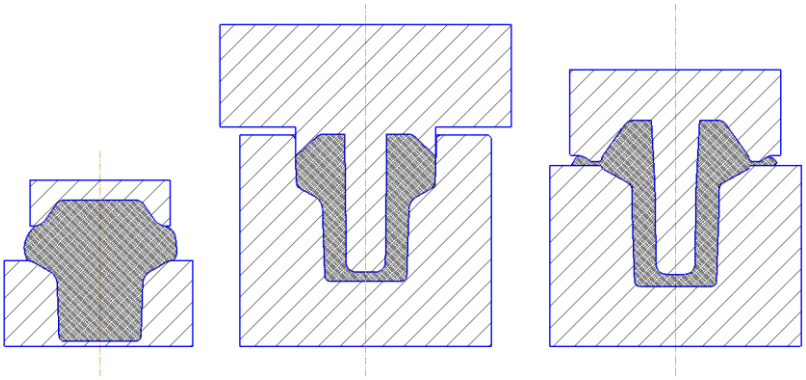


Рисунок 4 – Переходы открытой штамповки выдавливание на КГШП с образованием глухой полости

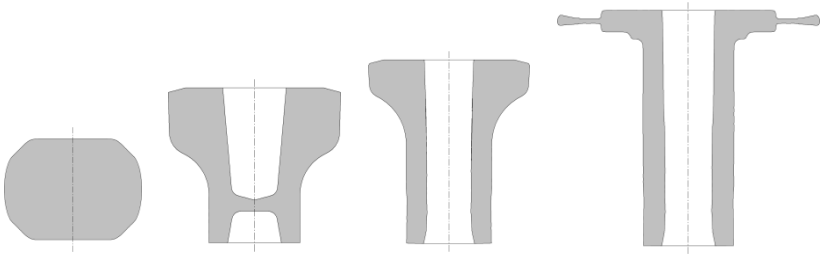


Рисунок 5 – Переходы открытой штамповки выдавливанием на КГШП с образованием сквозной полости

Безоблойная штамповка – горячее деформирование металлических заготовок в закрытых штампах без потерь металла на образование облоя (заусенцев) (рисунок 6).

Безоблойная штамповка применяется для получения точных поковок, имеющих форму тел вращения, а также для заготовок под штампование деталей сложной формы.

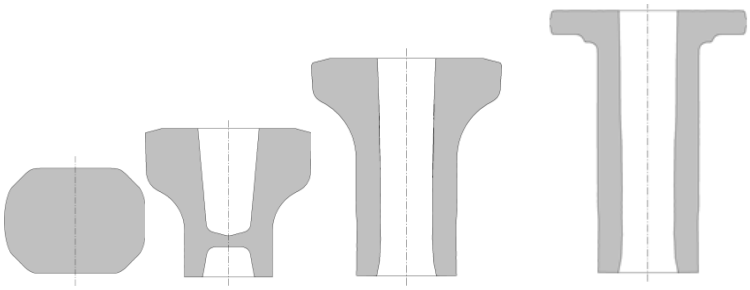


Рисунок 6 – Переходы закрытой штамповки выдавливанием на КГШП с образованием сквозной полости

4. Известен также способ, при котором специально подготовленную заготовку размещают в верхней части матрицы и осуществляют формообразование (прошивку) пуансоном, больший диаметр которого равен меньшему диаметру матрицы или меньше его. При этом происходит процесс комбинированного выдавливания сдвигом (КВС) металла под пуансоном и вытеснение его в нижнюю часть полости матрицы (рисунок 7). Недостатки данного способа: необходимость предварительной подготовки исходной заготовки путем калибровки в контейнере, фигурной осадкой, закрытой штамповкой с калибровкой; получение качественных поковок с по-

лой ступицей возможно только при узком интервале соотношений коэффициента прошивки (соотношения площади полости и большего основания заготовки) и площади боковой опорной поверхности заготовки.

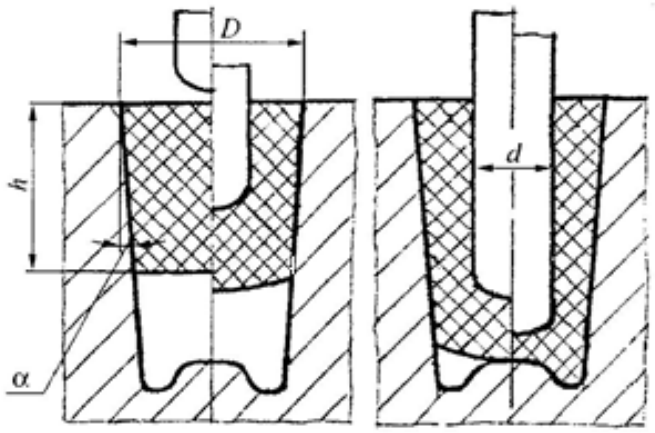


Рисунок 7 – Схема КВС

5. Известен способ изготовления, включающий осадку исходной заготовки до диаметра фланцевого утолщения на полом полуфабрикате, который получают последующей штамповкой в открытом штампе с высотой не менее высоты окончательно отштампованной поковки, формообразуемой на следующем переходе прямым выдавливанием с одновременным формообразованием фланца

Недостаток – необходимость регламентации параметров ступичной и фланцевой частей полуфабриката; реализуемость только на прессе.

1.3 Способ закрытой штамповки выдавливанием полых поковок тел вращения

Полые поковки тел вращения могут быть получены применением различных технологий горячей штамповки, в том числе и прогрессивными способом формоизменения в закрытых штампах различной конструкции на оборудовании как с нежестким, так и с жестким ходом рабочего органа. В последнем случае используют заготовки повышенной точности или штампы с предохранителями от перегрузки в виде компенсационных устройств и полостей. Закрытый тип штампа не исключает возможности образования заусенцев в плоскостях разъема, т.е. между пуансоном и матрицей, между частями матрицы. Образование торцового заусенца предопреде-

ляется зазорами в штампе, который может составлять 0,2…0,5 мм на сторону, если он выполняет конструкционные функции, и до 1…3 мм, если этот зазор частично служит компенсатором для размещения избыточного металла.

Освоение процессов закрытой штамповки тесно связано с получением точных по объему и геометрии исходных заготовок. В настоящее время возможно получение заготовок с максимальной погрешностью по объему не превышающей 2…3 %, компенсируемой упругой деформацией системы пресс-штамп, а использование новых конструкций оборудования, штампов и комплексных заготовительно-разделительных процессов обеспечивает получение заготовок с удовлетворительным качеством торцов [3].

Широкая распространенность в кузнечных цехах большинства отраслей машиностроения универсальных КГШП обуславливают постановку задачи разработки и освоения технологий закрытой штамповки полых поковок тел вращения на этом оборудовании. Результаты анализа параметров кривошипных прессов и точностных характеристик штамповки в закрытых штампах, показали возможность использования их конструкций без компенсационных устройств. Такие штампы обеспечивают реализацию процесса при колебаниях объема заготовки до 2…4% [4].

При закрытой штамповке создаётся напряжённое состояние, близкое к неравномерному всестороннему сжатию, благодаря чему металл деформируется при относительно невысоких растягивающих напряжениях, что важно для малопластичных материалов.

Преимущества закрытой штамповки в закрытых штампах:

– экономия металла на 10…50% за счет исключения облоя и повышения точности формы и размера заготовок (класс точности поковок Т3, Т4);

– уменьшение технологического усилия на 20…40% за счет исключения облоя;

– повышение производительности штамповки на 20…50%;

– уменьшение затрат на нагрев;

– сокращение трудоемкости последующей механической обработки заготовок на 10…40% за счет повышения точности их формы и размеров (что наиболее важно в настоящее время);

– увеличение прочности и надежности изделий, улучшение внешнего вида продукции.

Таким образом, способ закрытой штамповки является экономичным и прогрессивным. Он позволяет получить точную поковку с минимальной последующей обработкой резанием, т.ч. и для поковок выбранной номенклатуры.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Конструктивно-технологический анализ «детали-представителя» выбранной номенклатуры изделий «Шестерня ведущая» 4320Х-2402017

В качестве «детали-представителя» рассматриваемой номенклатуры изделий была выбрана поковка детали «Шестерня ведущая» 4320Х-2402017.

Деталь «Шестерня ведущая» 4320Х-2402017 – шестерня стальная коническая (рисунок 8). Применяется в трансмиссии автомобилей Урал (рисунок 9) [5].

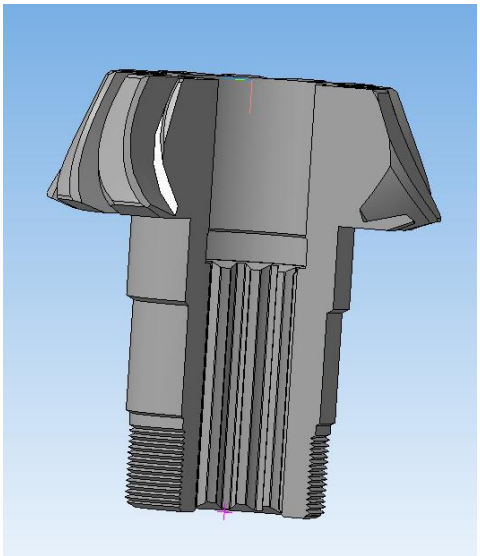


Рисунок 8 – «Шестерня ведущая» 4320Х-2402017

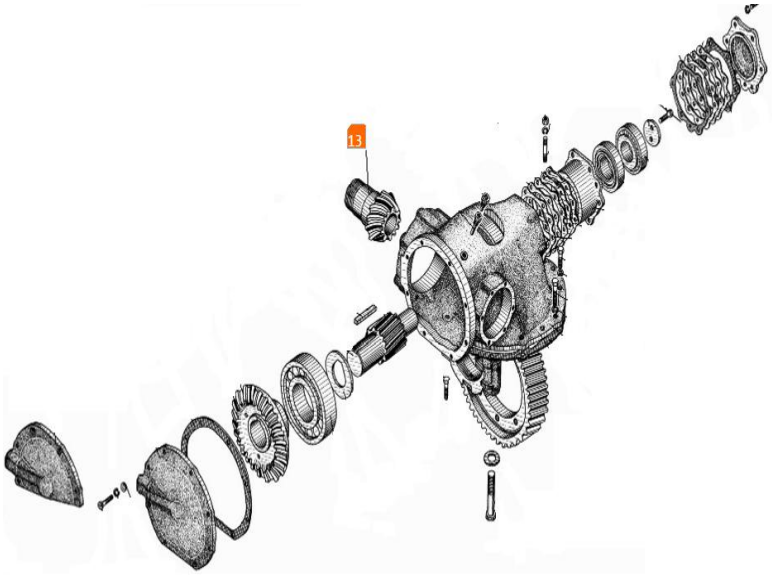


Рисунок 9 – Узел трансмиссии автомобилей Урал

Масса детали 4,5 кг.

Материал – 17ХГР СТО-00186465-18-2008.

Использование в промышленности стали 17ХГР: зубчатые колеса, вал-шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие, улучшаемые или цементируемые детали, работающие в условиях ударных нагрузок [21].

Химический состав и механические свойства стали 17ХГР не найдены в литературе и, поэтому зададим их по близкой по химическому составу стали 20ХГР.

Таблица 2 – Химический состав стали (ГОСТ 4547-71) [6]

Сталь	Содержание, %			
	C	Si	Mg	Cr
20ХГР	0,18-0,24	0,17-0,37	0,7-1,00	0,75-1,05

Таблица 3 – Механические свойства стали 20ХГР после термической обработки (ГОСТ 4543-71) [6]

Сталь	1-я закалка или нормализация, °С	2-я закалка, °С	Среда охлаждения	Отпуск, °С	Среда охлаждения	$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	Δ, %	Ψ, %	KCV, кДж/м^2	Размеры сечения заготовок
						Не менее					
20ХГР	Воздух 880	-	Масло	200	Воздух или масло	800	1000	9	50	800	15

Механические характеристики при ковочных температурах стали 17ХГР возьмем по стали 20ХГНР.

Таблица 4 – Механические характеристики стали при ковочных температурах [6]

Марка стали	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_В$, МПа	δ,%	Ψ, %	$K_{Ψ,}$—	Состояние стали, размеры образца, скорости деформирования U и деформирования έ
20ХГНР	800	117	121	40,5	84	0,69	Прокатное, d_0 = 10 мм, l_0 = 50 мм, U= 320 мм/мин, έ = 0,007 с$^{-1}$
	900	74	82	46,5	100	1,21	
	1000	33	45	58	100	2,22	
	1100	19	30	63	100	3,33	
	1200	15	25	76	100	4,00	
	1250	16,5	23	82	100	4,35	

Таблица 5 – Технологические свойства Стали 20ХГР [7]

Удельный вес	7820 кг/м3
Термообработка	Закалка 880°С, масло, Отпуск 200°С, воздух
Твердость материала	НВ 10^{-1} = 197 МПа
Температура ковки	С: начала 1150, конца 800. Сечения более 75 мм охлаждаются замедленно
Температура критических точек	Ac1 = 735°С , Ac3(Acm) = 835°С, Ar3(Arcm) = 760°С , Ar1 = 670°С
Флокеночувствительность	чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	склонна

Деталь имеет следующие конструктивные элементы:

– конический зубчатый фланец (зуб круговой);

– полую ступицу.

Деталь является средне или тяжело нагруженной, что обуславливает высокие прочностные требования к ней. Штамповкой можно обеспечить необходимую макро и микроструктуру материала шестерни, потребную программу производства, а так же повысить коэффициент использования металла. Окончательная точность обеспечивается последующей механической обработкой.

2.2 Базовый технологический процесс изготовления поковки-представителя

В качестве базового технологического процесса принимаем технологию горячей открытой штамповки выдавливанием поковки детали «Шестерня ведущая» 4320Х-2402017.

Базовый технологический процесс изготовления горячей открытой штамповки был спроектирован в ходе выполнения курсовой работы по дисциплине «Технология ковки и горячей штамповки» под руководством профессора Б.Г. Каплунова.

Базовый технологический процесс изготовления горячей открытой штамповки состоит из операций, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Базовый технологический процесс

Операция	Содержание операции
Входной контроль проката	сертификат качества стали
Транспортирование проката на стеллаж	платформа ж/д, кран Q = 10 т
Отрезка заготовок	ленточнопильной станок по металлу, допуск на отрезку по длине L ± 0,6 мм
Транспортирование заготовок на участок штамповки	автопогрузчик Q = 5 т, кран Q = 10 т
Нагрев заготовок	индукционный нагреватель ИНУ-1-85, нагрев заготовок до температуры 1150…1250˚С
Штамповка объемная: – фасонная осадка – прошивка – окончательный ручей	КГШП 25 МН, штамп формовочный: открытый штамп закрытый штамп открытый штамп
Пробивка перемычки с последующие обрезкой облоя	однокривошипный закрытый пресс КА2534 2,5 МН, штамп обрезной
Контроль	контрольно-измерительные инструменты
Термообработка	печь проходная
Очистка	дробеметный барабан 42203
Контроль	контрольно-измерительная машина и инструменты контроля

Базовый технологический процесс характеризуется следующими технико-экономическими показателями и балансом металла:

1) баланс металла:

– масса заготовки ($G_{заг}$) – 9,630 кг (100 %);

– масса поковки ($G_{пок}$) – 8,800 кг (92 %);

– масса угара ($G_{уг}$) – 0,144 кг (1,5 %);

– масса облоя ($G_{об}$) – 0,5 кг (5,24 %);

– масса перемычки ($G_{пер}$) – 0,121 кг (1,26 %).

2) технико-экономические показатели:

– норма расхода металла (N), N = 10,3 кг;

– коэффициент использования металла ($К_и$), $К_и$ = 45 %;

– коэффициент раскроя ($К_р$), $К_р$ = 65,89 %;

– коэффициент точности заготовки ($К_{заг}$), $К_{заг}$ = 89,2%;

– коэффициент точности поковки ($К_{пок}$), $К_{пок}$ = 52%.

Для улучшения технико-экономических показателей технологии горячей открытой штамповки поковки «Шестерня ведущая» необходимо применить более прогрессивную технологию. Данной технологией является технология горячей закрытой штамповки выдавливанием.

2.3 Разработка проектного варианта технологии закрытой штамповки

2.3.1 Исходные данные для разработки технологии закрытой штамповки

Исходные данные для разработки технологии закрытой штамповки:

– закрытая штамповка без оформления зуба;

– конструктивные признаки детали (см.п.2.1);

– схема штамповки – штамповка выдавливанием в торец т.к. поковка будет иметь удлинённую ось ступичной части;

– вид оборудования – КГШП;

– точная резка по длине круглого проката на заготовки под штамповку;

– ускоренный индукционный нагрев заготовок.

2.3.2 Конструирование поковки

2.3.2.1 Исходные данные для конструирования поковки

Исходные данные для конструирования поковки:

Конструирование поковки по ГОСТ 7505-89 [8].

Наименование детали – «Шестерня ведущая» 4320Х-2402017.

Штамповочное оборудование – КГШП.

Тип штамповки – штамповка в торец.

Штамповая оснастка – штамп закрытый.

Материал детали – 17ХГР СТО-00186465-18-2008.

Масса детали 4,5 кг.

2.3.2.2 Расчётная масса поковки

Массу поковки определяем по массе детали и расчетного коэффициента по формуле:

$$M_{п.р} = M_д \cdot К_р, \quad (1)$$

где: $M_д$ – масса детали, $M_д$ = 4,5 кг;

Кр – расчетный коэффициент.

Для деталей полые валы, фланцы и блоки шестерен Кр = 1,9.

$$M_{п.р} = 4,5 \times 1,9 = 8,550 \text{ кг}.$$

2.3.2.3 Группа стали

Группу стали подбираем в соответствии с химическим составом по таблице 5.

Таблица 7 – Группа стали

Группа стали	М1 – сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включ. и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0% включ.; М2 – сталь с массовой долей углерода выше 0,35 до 0,65 % включ. или суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 до 5,0 % включ.; М3 – сталь с массовой долей углерода выше 0,65% или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %.	При назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов

Сталь 17ХГР – 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, следовательно, выбираем группу стали М2.

2.3.2.4 Степень сложности поковки

Степень сложности поковки рассчитываем как отношение объема (массы) поковки к объему (массе) простейшей фигуры, описанной вокруг поковки, по формуле:

$$C = \frac{}{} \qquad (2)$$

где: – масса поковки;

– масса фигуры.

и определении размеров, описывающих геометрическую фигуру поковки допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных поверхностей.

Размеры описывающей фигуры (цилиндр), мм:

– диаметр d = 140,5 · 1,05 = 147,525;

– высота h = 155,5· 1,05 = 163,275.

Массу фигуры определим по формуле:

$$= \frac{}{} \qquad (3)$$

$$= 21{,}88 \text{ кг.}$$

$$C = \frac{}{} = 0{,}391.$$

Определим степень точности поковки:

С1 – С свыше 0,63;

С2 – 0,32 до 0,63 включительно;

С3 – 0,16 до 0,32;

С4 – 0,16.

Учитывая неравенство 0,32 0,388 0,63, степень точности поковки С2.

2.3.2.5 Класс точности поковки

Класс точности поковки определяем исходя из принятого варианта штамповки по таблице 8.

Таблица 8 – Класс точности

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая (облойная) штамповка				+	+
закрытая штамповка		+	+		
выдавливание			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Штамповку производим на кривошипном горячештамповочном прессе в закрытом штампе выдавливанием, что соответствует классу точности Т3.

2.3.2.6 Поверхность разъема

Разъем по наибольшему диаметру фланцевой части поковки в направлении движения инструмента (торцевой).

Конфигурация поверхности разъема штампа цилиндрическая.

2.3.2.7 Исходный индекс

Исходный индекс – условный показатель, учитывающий в обобщенном виде сумму конструктивных характеристик и массу поковки. Он определяется для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений.

Исходный индекс определяем по рисунку 10.

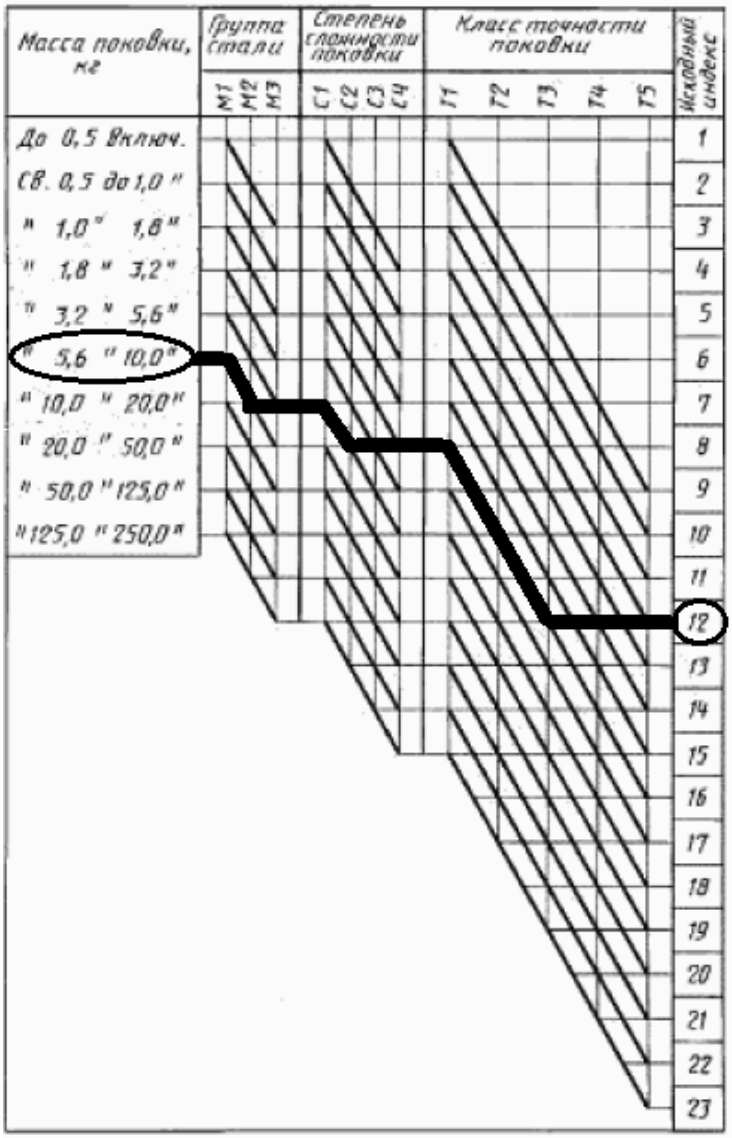


Рисунок 10 – Диаграмма определения исходного индекса

Исходный индекс принимаем равным 12.

2.3.2.8 Припуски и кузнечные напуски

Основные припуски на размеры (по ГОСТ 7505 – 89), мм:

2,3 – толщина 155,5 мм, чистота поверхности 5,0;

1,5 – диаметр 140,5 мм, чистота поверхности 20;

1,9 – диаметр 80 мм, чистота поверхности 1,25;

1,7 – диаметр 72 мм, чистота поверхности 6,3;

1,7 – диаметр 45,5 мм, чистота поверхности 10;

1,7 – диаметр 53,3 мм, чистота поверхности 2,5;

величина припуска назначается конструктивно – диаметр 92,3 мм, чистота поверхности 20;

величина припуска назначается конструктивно – высота 40,3 мм, чистота поверхности 20;

Дополнительные припуски на размеры:

– учитывающие отклонение от плоскостности фланца – 0,3 мм.

Дополнительные напуски на размеры:

– периферийный участок по торцу фланца поковки – 14,6 мм.

2.3.2.9 Штамповочные и естественные уклоны

Штамповочные уклоны:

– на наружной поверхности ступичной части – 2˚;

– на поверхности отверстия фланцевой части – 3˚.

Естественные уклоны:

– на наружной верхней поверхности фланца – 35˚22 ;

– – .

2.3.2.10 Радиусы закруглений

Исходя из плавности сопряжения при штамповке выдавливанием, назначаем радиус закругления между фланцевой частью и ступичной частью R10 мм.

Учитывая геометрию сопрягаемых поверхностей, образующих верхний контур поковки, назначаем радиус закругления на торце фланцевой части R8 мм. Данный радиус обеспечивает плавность соединения.

2.3.2.11 Допуски и допускаемые отклонения

Допуски и допускаемые отклонения:

– толщина 155,5 мм, мм;

– диаметр 140,5 мм, ;

– диаметр 80 мм, ;

– диаметр 72 мм, ;

– диаметр 45,5 мм, ;

– диаметр 53,3 мм, ;;

– диаметр 92,3 мм, ;

– толщина 40,3 мм, мм.

2.3.2.12 Моделирование поковки

В графическом редакторе Компас-3D V16.1 создаем 3D-модель горячештамповочной поковки детали «Шестерня ведущая» и определяем ее объем и массу (рисунок 10).

Построение модели ведется с учетом половины допуска на износ соответствующего размера, если размер внешний, то к номинальному размеру прибавляется половина допуска, если внутренний - отнимается.

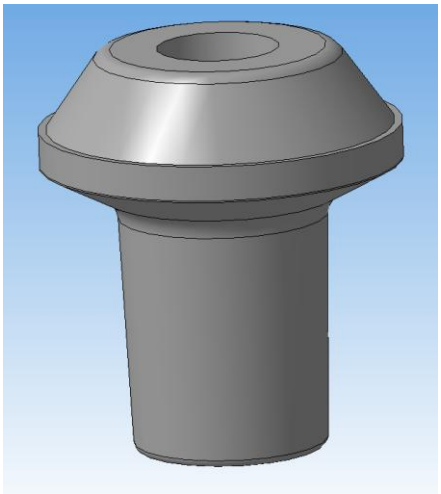


Рисунок 11 – 3D модель поковки детали «Шестерня ведущая»

Объем поковки равен:

$V_п$ = 1033694,764 мм^3;

$M_п$ =8,083 кг.

2.3.2.13 Оформление чертежа поковки

Чертеж поковки выполнен в масштабе 1:1 в положении штамповки [9].

Контуры готовой детали на чертеже поковки вычерчены штрихпунктирной линией, наглядно показывающей наличие припусков и напусков.

Размеры готовой детали проставлены в скобках под размерами поковки.

Размерные линии на поверхности с уклонами нанесены от вершин уклонов.

При простановке размеров поковки учитывалось удобство проверки размеров и формы поковки шаблонами; простоту разметки поковки при контроле; удобство проверки на чертеже величины припуска.

Указаны базы механической обработки и от них проставлены размеры с допусками.

В примечании к чертежу приведены: степень сложности, группа стали поковки, класс точности изготовления, индекс поковки; величина штамповочных уклонов и радиусов закруглений, неуказанных на чертеже.

В технических требованиях по ГОСТ 8479-70 указано: группа по видам испытаний, вид термообработки поковки, допускаемая величина заусенцев [10].

2.3.3 Разработка технологии прессовой горячей закрытой штамповки

2.3.3.1 Определение размеров исходной заготовки

Объем исходной заготовки подсчитывается по формуле:

$$V_{заг} = V_п + V_{уг} + V_{пер}, \quad (4)$$

где: $V_п$ – объем поковки;

$V_{уг}$ – объем угара;

$V_{пер}$ – объем перемычки.

Определим потери металла на угар:

$$V_{уг} = 0{,}015 \cdot V_п. \quad (5)$$

$$V_{уг} = 0{,}015 \cdot 1033694{,}764 = 15505{,}421 \text{ мм}^3.$$

$$M_{уг} = V_{уг} \cdot р. \quad (6)$$

$$M_{уг} = 15505{,}421 \cdot 7{,}82 \cdot 10^{-6} = 0{,}121 \text{ кг}.$$

Определим объём $V_{пер}$ и массу перемычки $M_{пер}$.

Практически возможно получение полости с диаметром основания:

$$d_{осн\ min} = 24 + 0{,}0625 \cdot D_п, \quad (7)$$

где: $d_{осн\ min}$ – минимальный диаметр основания полости, мм.

$$d_{осн\ min} = 24 + 0{,}0625 \cdot 144 = 33 \text{ мм}.$$

$d_{осн}$ $d_{осн\ min}$.

42 мм 33 мм.

Наметка перемычки делается нижним знаком глубиной $h_н$ $0{,}8d_{осн}$, где $d_{осн}$ – диаметр основания полости, $d_{осн}$ = 42 мм.

$h_н$ 33,6 мм.

Наименьшая толщина перемычки определяется по формуле:

$$S_{min} = 0{,}65 \cdot S, \tag{8}$$

где: S – средняя толщина перемычки.

$$\frac{\qquad\qquad}{\qquad\qquad}. \tag{9}$$

$$S_{min} = 0{,}65 \cdot 6 = 3{,}9 \text{ мм}.$$

Минимальную толщину перемычки S_{min} принимаем равную 4 мм.

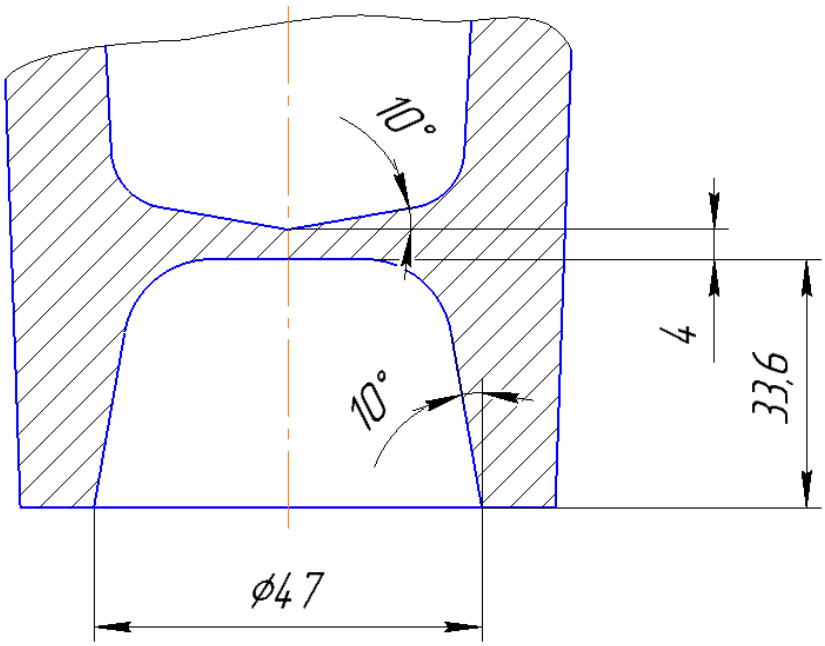


Рисунок 12 – Эскиз перемычки

Объем перемычки определяем в графическом редакторе КОМПАС-3D V16.1:

$V_{пер}$= 20931,651 мм^3.

$M_{пер}$ = 15458,99 · 7,82·10^{-6} = 0,163 кг.

$$V_{заг} = 1033694{,}764 + 15505{,}421 + 20931{,}651 = 1070131{,}836 \text{ мм}^3.$$

Масса равна:

$$M_{заг} = 7{,}82 \cdot 10^{-6} \cdot 1070131{,}836 = 8{,}368 \text{ кг}.$$

Проверим расчеты на баланс металла.

Примем $M_{заг} = 8{,}368$ кг за 100%, тогда:

$M_{пок} = 8{,}083$ кг – 96,6 %;

$M_{пер} = 0{,}163$ кг – 1,95 %;

$M_{уг} = 0{,}121$ кг – 1,45 %.

.

Размеры заготовки во избежание ее искривления при обработке, должны удовлетворять условие $m = L_{заг}/D_{заг} \leq 2{,}5...1{,}8$, так как операция осадки выполняется на КГШП m принимаем равное наибольшему значению т.к при таком значении m заготовка имеет наименьший диаметр.

Осадка будет проводится на бойках с элементами фиксации по торцу, что позволяет уменьшить свободную высоту осаживаемой заготовки. Исходя из этого условие осадки можно принять равным $m = L_{заг}/D_{заг} \leq 2{,}8...1{,}5$.

Задавшись m можно найти диаметр круглой заготовки по формуле (9).

$$D_{заг} = 1.08 \cdot \sqrt{\frac{\quad}{\quad}}, \qquad (10)$$

где: $D_{заг}$ – диаметр заготовки, мм.

$$D_{заг} = 1.08 \cdot \sqrt{\frac{\quad}{\quad}} = 78{,}376 \text{ мм}.$$

Принимаем $D_{заг} = 80$ мм.

Длина заготовки определяется по формуле (10).

$$L_{заг} = \frac{\quad}{\quad} \qquad (11)$$

где: $L_{заг}$ – длина заготовки, мм.

$$L_{заг} = \frac{\quad}{\quad} = 212{,}895 \text{ мм}.$$

Принимаем $L_{заг} = 212{,}9$ мм.

Проверим рассчитанные размеры заготовки на условие осадки:

1,5 2,661 2,8.

Условие осадки выполняется.

2.3.3.2 Прогнозирование максимально предельных колебаний объема заготовки

При штамповке необходимо обеспечить колебания объема заготовки в большую сторону не превышающие 2…3% от объема заготовки.

Колебания объема зависят от геометрической точности прокатки сортамента и точности резки заготовок.

Выбираем профиль и размеры исходной заготовки по ГОСТ 2590-2006.

Прокат круг 80 мм по точности прокатки изготавливают [11]:

А1 – высокая точность, ;

Б1 – повышенная точность, ;

В1 – обычная точность, ;

В2 – обычная точность,80±1,0.

Точность резки заготовок принимаем равной ± 0,5 мм.

Определим величину колебаний объема заготовки с учетом потерь металла при нагреве.

Таблица 9 – Максимально предельные колебания объема заготовки

Точность прокатки	Верхнее отклонение, мм	$V_{заг}$, мм^3	$V_{заг}$ - $V_{уг}$, мм^3	$V_п$, мм^3	,%
А1	+0,3	1080725,491	1064514,609	1033694,764	2,89
Б1	+0,3	1080725,491	1064514,609		2,89
В1	+0,5	1086115,634	1069823,899		3,37
В2	+1,0	1099649,655	1083154,91		4,56

По данным таблицы 9 построим графики максимально предельных колебаний объема заготовки (рисунок 13).

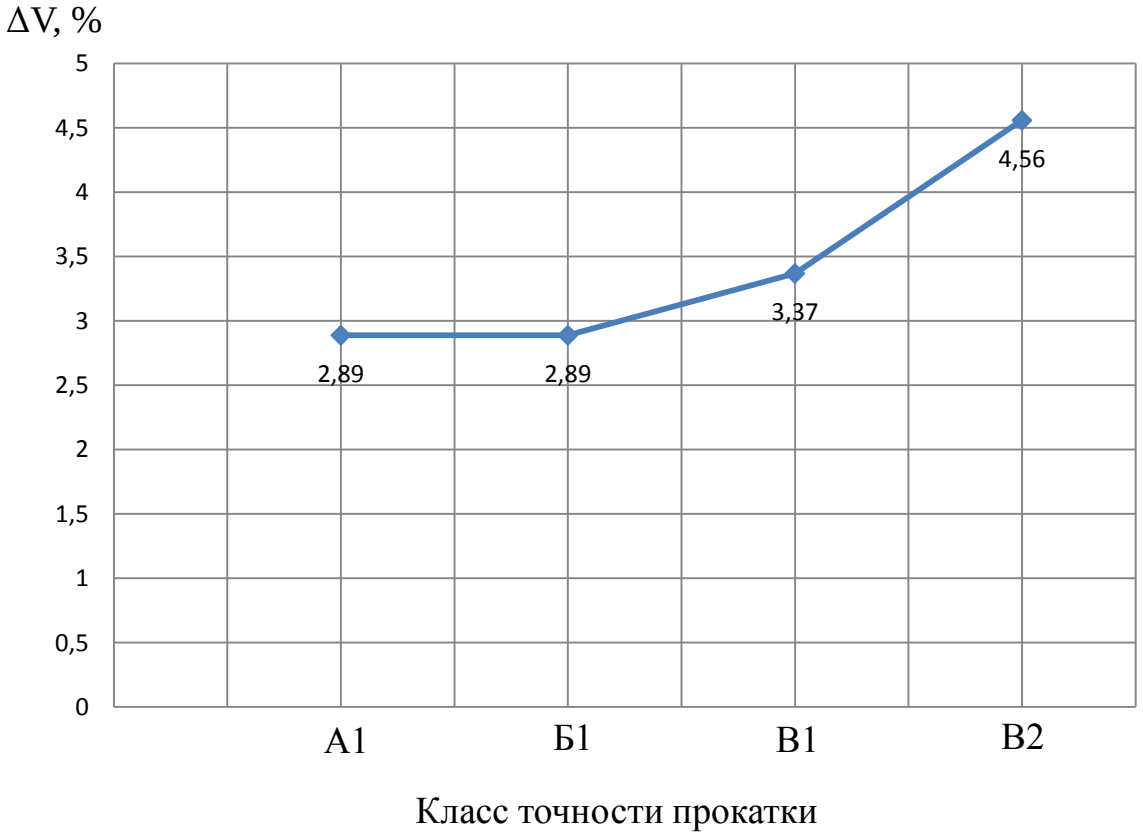


Рисунок 13 – График отклонения объема заготовки при различной точности прокатки заготовки

Условие выбора заготовки выполняется только при точности прокатки А1 и Б1. Выбираем прокат с точностью прокатки Б1, т.к прокат с данной точностью прокатки имеет большую экономическую выгоду чем прокат с точностью прокатки А1.

Профиль и размеры исходной Круг ——————————.

2.3.3.3 Раскрой металла и расчет нормы расхода

Отрезку заготовки производим на дисковом станке по металлу Tsune TK5C-102GL. Допуск на отрезку ±0,5 мм.

Таблица 9 – характеристика дискового станка по металлу Tsune TK5C-102GL

Характеристика	Наименование
Тип привода/Режим распила	автоматический

Окончание таблицы 9

Диаметр диска, мм	360
Напряжение, В	380/400В
Max диаметр трубы/круга, мм	100
Max сторона квадратной заготовки, мм	75
Max длина прямоугольной заготовки, мм	75
Ширина диска, мм	3

Расчет нормы расхода металла при резки заготовок из проката немерной длины на дисковой пиле рассчитываем по методике ОАО «ЧКПЗ».

Количество заготовок из штанги:

$$n = \frac{\quad}{\quad}, \tag{12}$$

где: n – количество заготовок из штанги, шт.;

$L_{шт}$ – длина штанги немерной длины, $L_{шт}$ = 3750 мм;

$L_{отр}$ – длина отрезаемой части с торца штанги, $L_{отр}$ = 20 мм;

$L_{заг}$ – длина заготовки, мм (округление до 1 знака после запятой);

$L_{проп}$ – ширина пропила дисковой пилы, $L_{проп}$ = 3 мм;

$L_{заг}/2$ – средневероянтная (расчетная) длина некратности;

$L_{отр} + L_{проп}$ – длина отрезаемой части с торца штанги с учетом пропила;

$L_{заг} + L_{проп}$ – это длина заготовки с учетом пропила.

$$n = \frac{\quad}{\quad} = 16{,}797 \text{ шт.}$$

Принимаем n = 16 шт.

Норма расхода, кг:

$$N_р = \frac{\quad}{\quad}, \tag{13}$$

где: $L_{шт}$ – средняя унифицированная длина штанги немерной длины,

$L_{шт}$ = 3,750 м;

$G_{пог.м}$ – вес погонного метра проката данного диаметра, кг;

n - количество заготовок из штанги, шт.

$$N_p = \frac{\quad}{\quad} = 8{,}77 \text{ кг.}$$

2.3.3.4 Назначение операций изготовления поковки «Шестерня ведущая»

Таблица 10 – Операции и переходы штамповки

Операция	Оборудование / документация
Входной контроль проката	сертификат качества стали
Транспортирование проката на стеллаж	платформа ж/д кран Q = 10т
Отрезка заготовок (	дисковый станок по металлу Tsune TK5C-102GL
Транспортирование заготовок на участок штамповки.	автопогрузчик Q = 5 т; кран Q = 10 т
Нагрев заготовок.	индукционный нагреватель
Штамповка объемная закрытая: – осадка; – осадка фасонная с наметкой перемычки; –формовка с одновременной прошивкой отверстия; – окончательная штамповка.	КГШП
Контроль.	контрольно-измерительные инструменты
Термообработка – отжиг нормализационный	печь термическая
Очистка.	дробеметный барабан
Контроль.	контрольно-измерительная машина и инструменты контроля

2.3.2.5 Расчет операций технологии закрытой штамповки

Температурный режим штамповки.

При нагреве стальных заготовок под штамповку должны быть обеспечены требуемая температура, равномерное распределение температуры по поверхности и по сечению заготовки, минимальное окисление и обезуглероживание поверхности, сохранение целостности нагреваемого материала, то есть отсутствие микро- и макротрещин.

Нагрев заготовки из стали 17ХГР осуществляется в индукционном нагревателе ИК-750/1 до температуры 1150...1250 °С, один раз на все последующие переходы штамповки. Температурный интервал на штамповку 1150...800 °С. Время нагрева 24...26 сек [12].

Таблица 11 – Характеристика индукционного нагревателя ИК-750/1

Параметр	Значение
Мощность	750 кВТ
Частота	1 кГц
Расход	Вода 12 м3/ч; воздух 10 м3/ч
Длина индуктора	3000 мм
Диаметр заготовки	80…160 мм
Длина заготовки	120…400 мм
Производительность	1800 кг/ч

Штамповочные переходы.

Штамповка объемная закрытая состоит из осадки, осадки фасонной с наметкой перемычки, формовки с прошивкой перемычки, окончательной штамповки.

Первый переход – осадка.

Осадку применяют, когда необходимо:

– получить поковку или ее участок с поперечным сечением большим, чем сечение заготовки или слитка;

– уменьшить анизотропию механических свойств и улучшить эти свойства в осевом и поперченном направлениях поковки;

– выровнять торцевые поверхности заготовки и увеличить поперечное сечение перед прошивкой;

– удалить окалину;

– приблизить размеры исходной заготовки к размерам поковки.

Осадку производим на осадочных байках.

Определение размеров осаженной заготовки.

С учетом того, что осаженная заготовка по размерам должна приближаться к размерам поковки и по высоте не должна быть слишком низкой во избежание быстрого охлаждения принимают средний диаметр осаженной заготовки равный:

(14)

где: D_1 – средний диаметр осаженной заготовки.

Максимальный диаметр осаженной заготовки принимаем равным:

Высота осаженной заготовки:

(15)

где: H_1 – высота осаженной заготовки.

По полученным данным выполним эскиз осадки (рисунок 14).

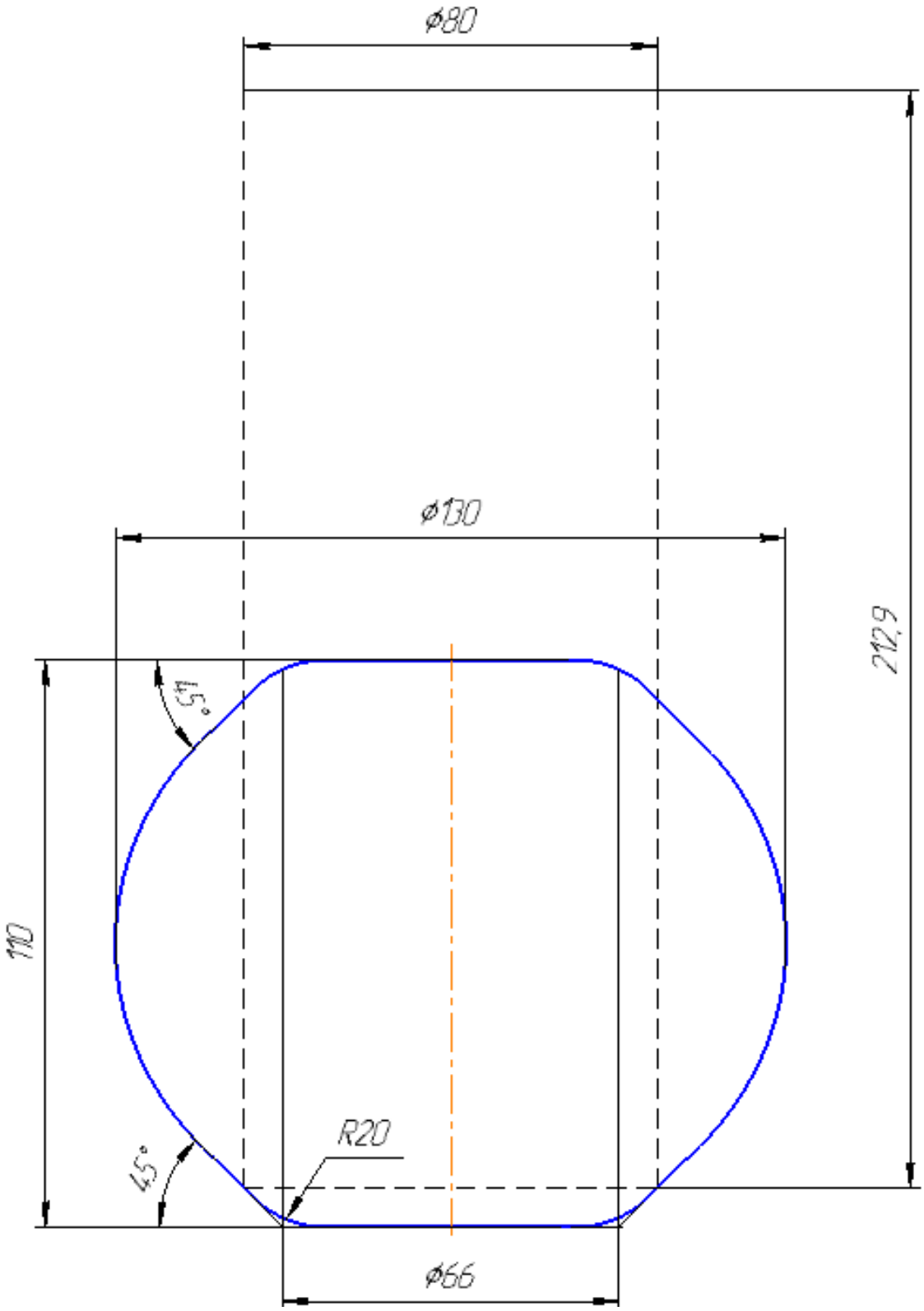


Рисунок 14 – Эскиз осадки

Осадка фасонная – второй переход.

Фасонную осадку с наметкой перемычки (рисунок 15) производим в закрытом фасоном ручье. Он состоит из нижней углубленной полости, для фиксации заго-

товки и образования ступичной части и прошивника для наметки перемычки, верхней углубленной полости, имеющей коническую форму для центрирования заготовки и образования фланцевой части и прошивника для наметки перемычки.

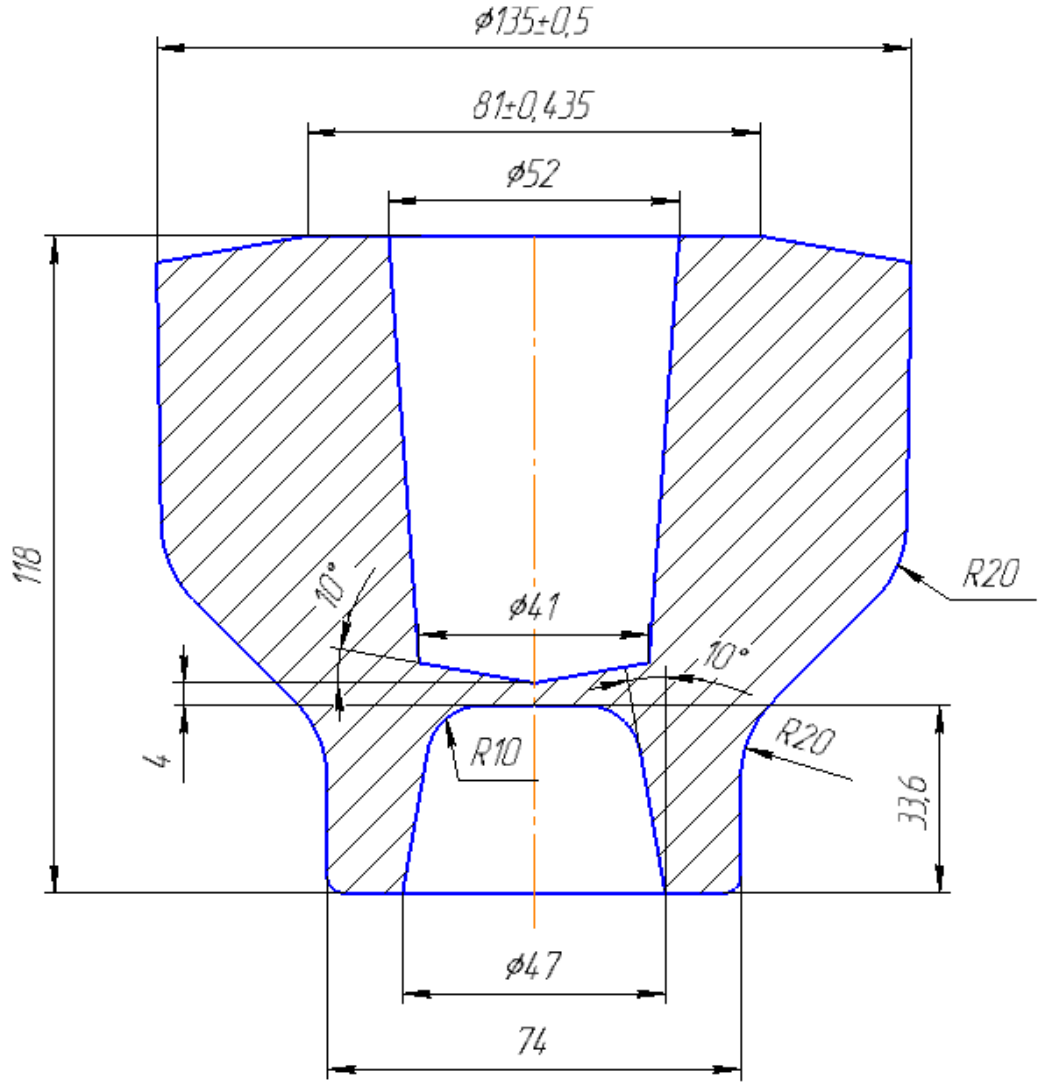


Рисунок 15 – Эскиз фасонной осадки

Предварительная штамповка – 3 переход.

Закрытая прошивка перемычки отверстия с образованием сквозной полости и формированием набора на окончательное формообразование фланцевой части (рисунок 15).

Диаметр прошиваемого отверстия у основания Ø 42 мм.

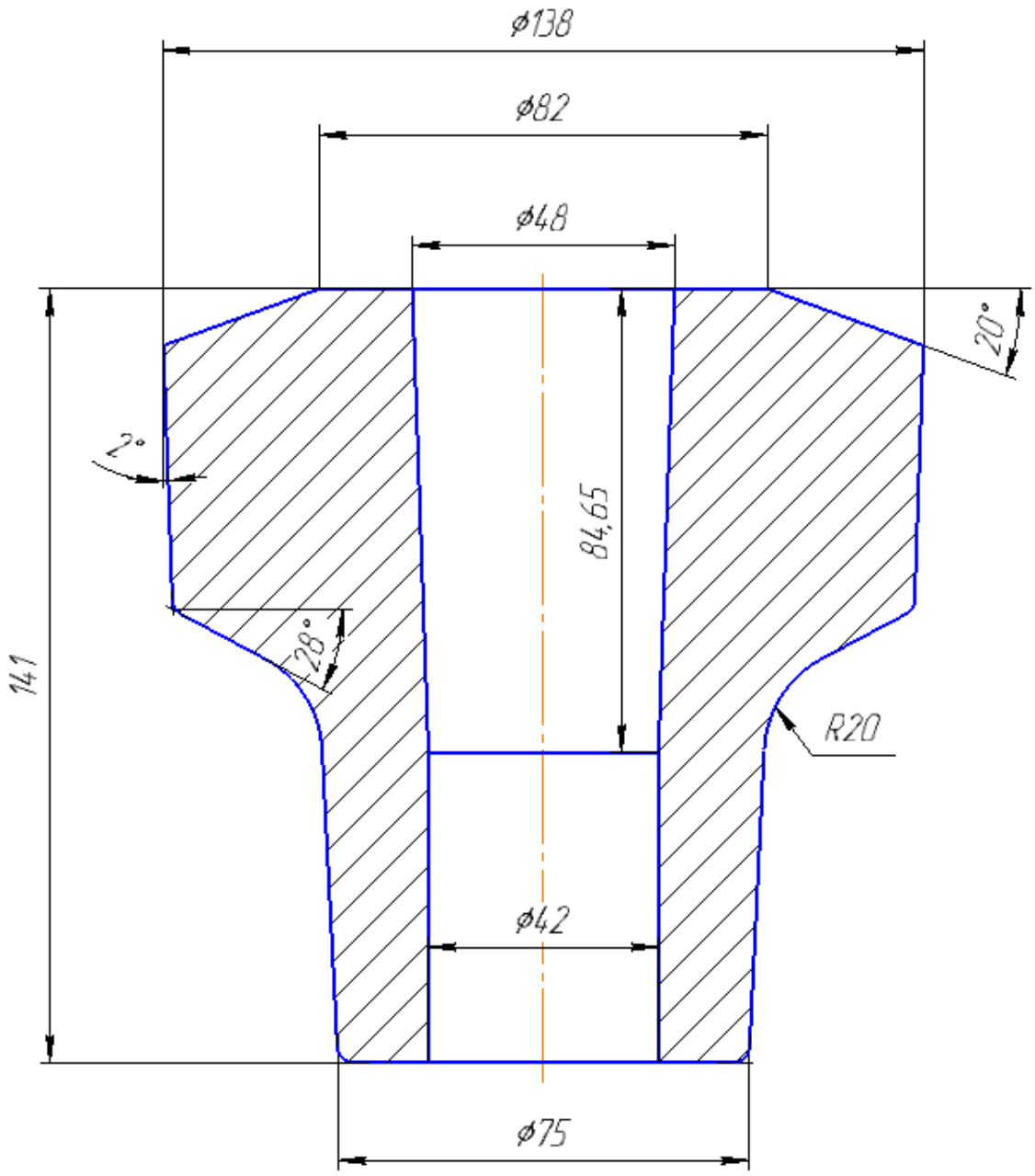


Рисунок 16 – Эскиз предварительной штамповки

Окончательная штамповка – 4 переход.

Окончательная формовка поковки. Выполняется в закрытом ручье.

Эскиз окончательной штамповки представлен на рисунке 17.

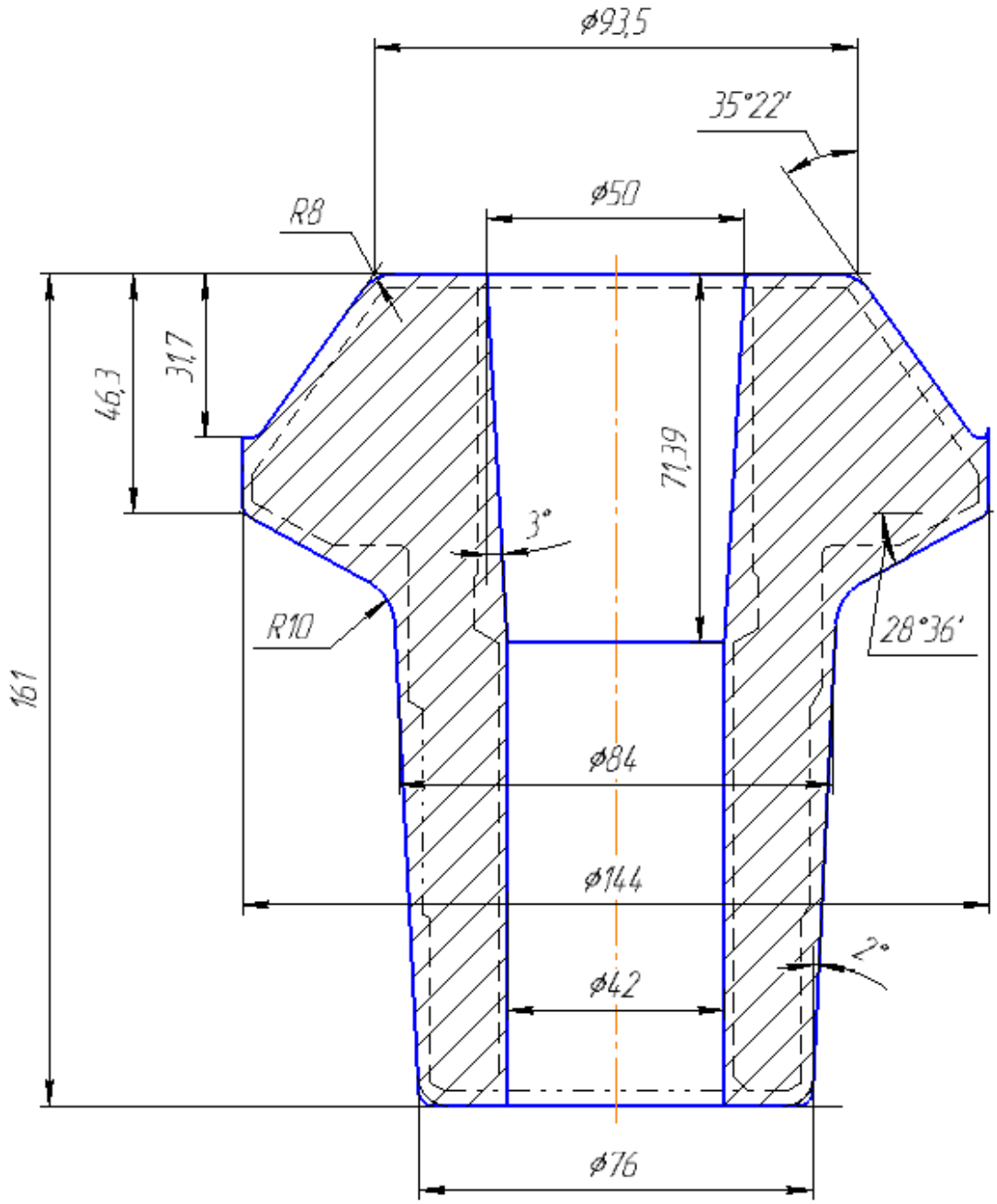


Рисунок 17 – Эскиз окончательной штамповки

Определение усилия закрытой штамповки.

Окончательную штамповку производят в закрытом ручье, t = 1000°С.

Усилие штамповки определяют по общей формуле:

(16)

где: а – скоростной коэффициент, который зависит от скорости деформирования (ε) и скорости деформации (ε_0), а также от отношения температуры деформирования ($t_д$) и температуры плавления ($t_{пл}$);

p – удельное усилие;

$F_п$ – площадь поковки в ппалне, $F_п$ = 14734,92 мм^2.

Определяем скоростной коэффициент по таблице 12.

Таблица 12 – Значения скоростного коэффициента [1]

Отношение скоростей деформации /			
	0,3-04	0,6-0,7	Более 0,7
10	1,1 – 1,15	1,15 – 1,3	1,3 – 1,5
100	1,22 – 1,32	1,32 – 1,7	1,7 – 2,25
1000	1,34 – 1,52	1,52 – 2,2	2,2 – 3,4
При ударной нагрузке	1,25 – 1,75	1,75 – 2,5	2,5 – 3,5

Скоростной коэффициент «а» равен 1,52…2,2, а = 2,2.

Удельное усилие (р) рассчитывается по формуле:

, (17)

где: $p_п$ – удельное усилие на пуансоне.

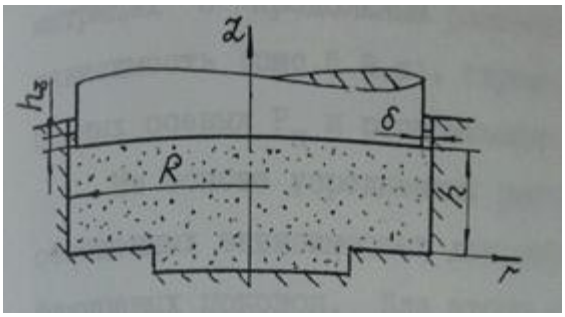


Рисунок 18 – Схема закрытой штамповки: R – радиус поковки, h – высота поковки, $h_з$ – высота заусенца, δ – односторонний зазор между пуансоном и матцей, принимаемый по рекомендациям [13]

h = 161 мм; $h_з$ = 2 мм, δ = 0,3 мм, R = 144 мм.

По номограмме [13] принимаем $p_п$ = 13.

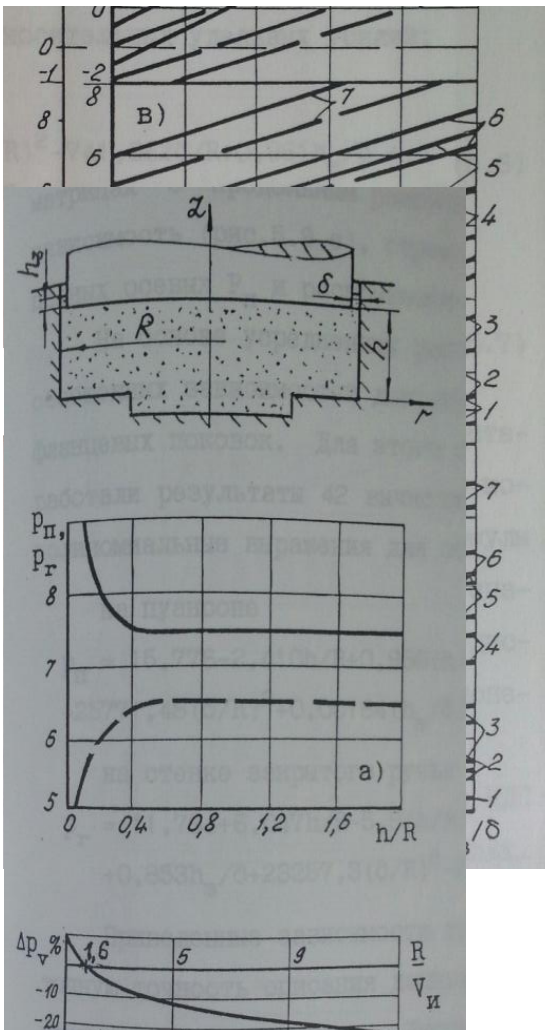


Рисунок 19 – Номограмма для определения удельного усилия штамповки [13]

$$P = 2{,}2 \cdot 42 \cdot 13 \cdot 14734{,}92 = 17699585{,}904 \text{ Н};$$

$$P = 17{,}7 \text{ МН}.$$

Выбираем КГШП усилием 25 МН т.к. по ГОСТ 6809 – 87 [14] он является ближайшим по номинальному усилию.

Термическая обработка поковки.

Целью термической обработки поковки является снятие остаточным напряжений после штамповки, улучшение обрабатываемости резанием, подготовка структуры стали к последующей термической обработке и получение требуемых технологических и механических свойств.

Термической обработкой для поковки «Шестерня ведущая» из материала 17ХГР является нормализационный отжиг. Температура отжига t = 860 – 880° 149-207 НВ, что соответствует гр. II ГОСТ 8479-70 [10].

Для термической обработки будет использоваться автоматическая линия для нормализации стальных поковок модели 36ГТОЛ-3500Р.

Таблица 12 – Характеристика 36ГТОЛ-3500Р [15]

Параметры	Линия 36ГТОЛ-3500Р
Производительность	3500 кг/ч
Расход газа	240 нм3/ч
Размер поддонов с садкой	1000×600×450 мм
Установленная мощность	69 кВт
Габаритные размеры	25550×8350×6000 мм

Очистка поковок от окалины.

Для получения поковок с высоким качеством поверхности, требующих минимальной обработки резанием, необходимо очистить заготовку от окалины и поверхностных дефектов.

Для очистки поковки применяется метод дробеметной очистки для удаления с поверхности окалины.

Для очистки поверхности применятся дробеметный барабан 42203.

Таблица 13 – Характеристика дробеметного барабана 42203 [16]

Параметр	Характеристика
Объем загрузки, не более, $м^3$	0,3
Наибольшая масса загрузки, кг	600
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	40
Наибольшая объемная диагональ обрабатываемой детали, не более, мм	450

Окончание таблицы 13

Производительность аппарата дробеметного,	350±10% кг/мин

Рекомендуемый абразив	дробь ДСЛ 0,8...2,8 мм ГОСТ 11964-81
Режим работы	полуавтоматический
Тип конвейера	эластичный ленточный
Объем отсасываемого воздуха, не менее, $м^3$/час	8 000
Габаритные размеры барабана, не более, мм:	4700×4370×5700
Масса барабана, не более, кг	10 700
Количество обслуживающего персонала, чел	1

Смазка полости штампа.

Технологические смазочные материалы при штамповке на КГШП применяют с целью понижения усилия деформирования и снижения трения, охлаждения инструмента и предотвращения упрочнения.

Специфика работы технологической смазки определяется условиями трения, имеющими следующие характерные особенности:

– неизбежное изменение поверхностей обрабатываемого изделия, появление новых поверхностей в зоне пластической деформации;

– высокие удельные усилия, возникающие в пластической зоне, нередко во много раз превышающие сопротивление металла пластической деформации;

– высокие температуры, возникающие за счет тепла, вносимого заготовкой, тепла, выделяющегося в процессе пластической деформации, тепла трения;

– большая неравномерность и неоднородность трения, характерная не только для различных видов деформации, но даже для различных участков очага деформации при одном и том же процессе.

Перечисленные особенности трения могут привести к застреванию поковок, появлению брака, замедленного темпа штамповки. Застревание может быть вызвано залипанием металла заготовок на инструмент и большими силами контактного

трения с инструментом. Поверхности поковки и инструмента иногда схватываются под воздействием высоких удельных усилий и температур во время штамповки.

Технологические смазки должны удовлетворять следующим требованиям:

– предотвращать контакт между заготовкой и штампом;

– снижать контактное трение при штамповке;

– способствовать удалению поковок из ручья;

– создавать равномерное покрытие по всей гравюре штампа;

– не загрязнять гравюру штампа.

Учитывая требования, указанные выше, в качестве смазочного материала применяем технологическую смазку лигносульфонат технический, ЛТС, марки А и воду техническую.

Таблица 14 – Характеристика технологической смазки [17]

Наименование компонентов смазки	Обозначение КТД	Содержание компонентов смазки	Применяемость
Лигносульфонат технический, ЛТС, марки А Вода техническая	ЗТУ-13--0281036-05-89	25...35% 65...75%	Для штамповки поковок средней и сложной конфигурации

Контроль штампованных поковок.

Контроль поковок включает проверку размеров формы элементов и их механический контроль.

Действия при контроле поковок:

– провести измерение температуры заготовки непосредственно после нагрева;

– проверить размеры: мм; ; ø , ø ;

– провести внешний осмотр отобранных поковок – проверить отсутствие зажимов, волосовин, незаполнений, вмятин, забоин (20 поковок);

– проверить наличие, читаемость маркировки и клеймения. Заполнить карту управления и карту качества.

Методы контроля включают в себя следующее оборудование:

– пирометр «Термоскоп 800» ТУ 4211-001-148036674;

– контрольно-измерительная машина «FARO»;

– контрольные приспособления для разметки поковок 8734-4012;

– штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0.01 ГОСТ 166;

– штангенрейсмас ШР-250-0.05 ГОСТ 164;

– плита контрольная для разметки поковок 8734-4013;

– контрольное приспособление 8734-4001.

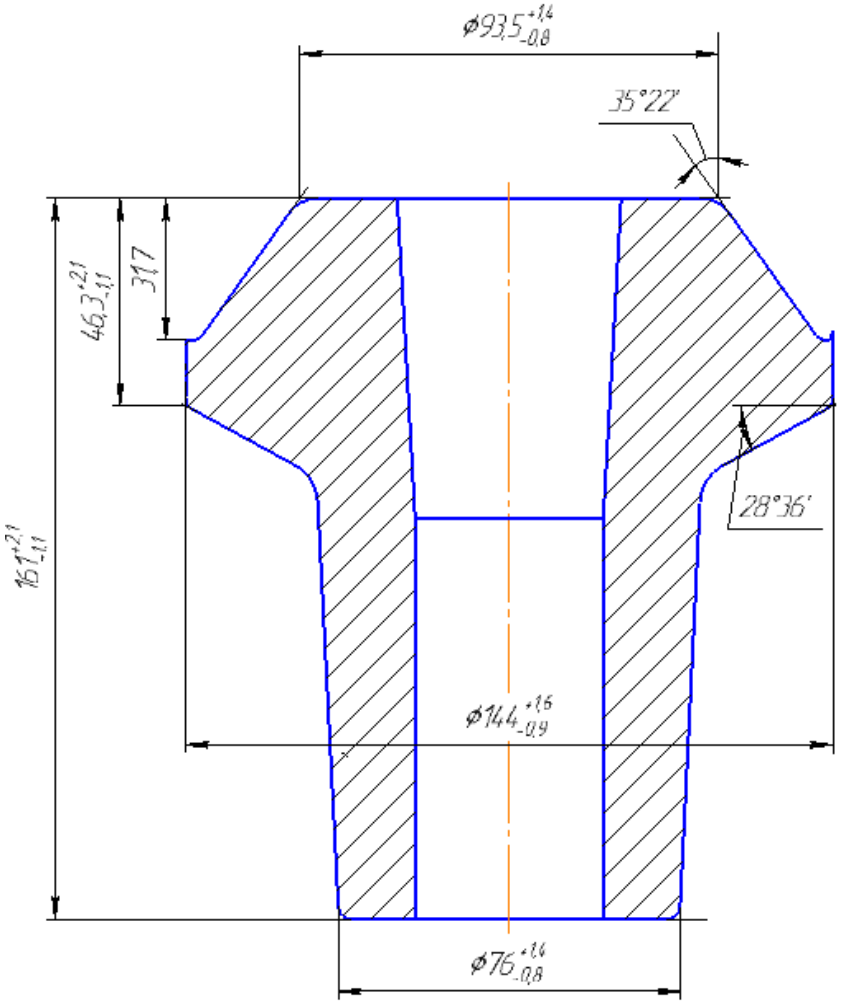


Рисунок 20 – Схема контроля размеров поковки «Шестерня»

Технологическая карта потока.

Технологическая карта потока выполнена по ГОСТ 3.1403-85 Форма 1 (приложение А).

2.3.2.6 Нормирование и расчет технико-экономических показателей проектной технологии закрытой штамповки

Нормирование оперативного времени горячей штамповки производится дифференцированно по отдельным элементам основной и вспомогательной работы. При этом учитываются возможные совмещения отдельных приёмов, а также случаи затраты времени на выполнение некоторых приёмов, повторяющихся через несколько деталей.

В норму времени включено основное и вспомогательное время штамповки, а так же время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности

Норма штучного времени на горячую штамповку определяется по формуле:

$$T_ш = (T_о + T_в) \cdot К, \quad (18)$$

где: $T_ш$ – норма штучного времени, мин;

$T_о$ – основное (технологическое) время на одну поковку, мин;

$T_в$ – вспомогательное время на одну поковку, мин;

К – поправочный коэффициент, К = 1,27.

Основное время $T_о$ – это время, в течение которого осуществляется изменение формы и размеров заготовки.

$$T_о = 0{,}132 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T_в$ при горячей штамповке определяется как сумма времени на выполнение отдельных приемов вспомогательной работы с учетом возможных перекрытий основным временем и совмещением приемов.

Вспомогательное время на ручные приемы состоит из:

1) взять заготовку клещами с транспортера, установить в ручей и нажать на педаль – 0,11 мин.;

2) переложить поковку без перевертывания из ручья в ручей и нажать на педаль фиксированная укладка – 0,18 мин.;

3) поправить поковку в ручье штампа – 0,16 мин.;

4) вынуть поковку из ручья и отложить на транспортер – 0,07 мин.;

5) взять поковку с транспортера, уложить в ручей штампа для маркировки – 0,07 мин.;

6) осмотреть поковку после штамповки – 0,03 мин.;

7) сдуть окалину со штампа – 0,24 мин.;

8) смазать ручьи – 0,48 мин.;

9) взять поковку клещами с транспортера, установить на штамп и нажать на педаль – 0,11 мин.;

10) вынуть поковку клещами и отбросить в тару – 0,11.

$$T_в = 1,56 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места.

К обслуживанию рабочего места относится:

– раскладка инструмента в начале смены и уборка его в конце смены;

– уборка рабочего места на протяжении и в конце смены;

– подналадка, регулировка оборудования в процессе работы;

– пуск и остановка оборудования в начале и конце работы.

Время на отдых и личностные надобности, а также время на облуживание рабочего места при расчете нормы штучного времени на горячую штамповку учитывает поправочный коэффициент К.

$$T_ш = (0,132 + 1,56) \cdot 1,27 = 2,149 \text{ мин.}$$

Результаты расчёта технологических параметров проверяются и анализируются, рассчитываются показатели эффективности использования металла:

– коэффициент использования металла $К_и$;

$$К_и = М_{дет} / Н, \quad (19)$$

где: $М_{дет}$ – масса детали, полученной обработкой резанием из поковки;

Н – норма расхода металла на изготовление поковки.

$$К_и = 4,5 / 8,77 = 51,3 \%;$$

– коэффициент раскроя;

$$К_р = М_{заг} / Н, \quad (20)$$

где: $М_{заг}$ – масса заготовки;

$$К_р = 8,368 / 8,77 = 95,4\ \%.$$

– коэффициент точности заготовки;

$$К_{заг} = М_{пок} / М_{заг}, \quad (21)$$

где: $М_{пок}$ – масса поковки.

$$К_{заг} = 8,083 / 8,368 = 96,59\ \%.$$

– коэффициент точности поковки;

$$К_{пок} = М_{дет}/М_{пок}. \quad (22)$$

$$К_{пок} = 4,5/8,083 = 55,6\ \%.$$

Изменение показателей эффективности использования металла представлено в таблице 15.

Таблица 15 – Изменение показателей эффективности использования металла

Показатель	Базовая технология	Проектная технология	Изменение показателя
$К_и$	45 %	51,3 %	6,3 %
$К_р$	96 %	95,4 %	- 0,6 %
$К_{заг}$	91 %	96,59 %	5,59 %
$К_{пок}$	52 %	55,6 %	3,6 %

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Исходные данные для конструирования штампа

Исходными данными для проектирования штампа являются:

– чертеж поковки;

– технологический процесс штамповки поковки;

– серийность производства;

– сведения о КГШП 25МН.

3.2 Характеристика штамповочного оборудования

Сравнительно широкое распространение КГШП объясняется рядом технологических и эксплуатационных преимуществ по сравнению со штамповкой на молотах:

– поковки получают относительно высокую точность, особенно по высоте. По сдвигу поковки не всегда контролируют, так как конструкция пресса обеспечивает высокую точность ввиду хорошего направления ползуна и наличия направляющих колонок в штампе;

– припуски на обработку резанием и штамповочные уклоны меньше, так как существуют выталкиватели. Этим экономится металл и уменьшается последующая обработка резанием (рисунок 21);

– производительность при штамповке на КГШП выше в среднем в 1,4 раза, а при штамповке поковок шестерен – в 2 раза. Это объясняется тем, что деформация на прессе в каждом ручье происходит за один ход, а на молоте за несколько ударов;

– при штамповке на КГШП можно применять автоматические перекладчики заготовок и процесс штамповки полностью автоматизируется;

– по расходу энергии пресс обходится дешевле, чем молот. КПД прессов выше, чем у молотов в 4 раза;

– КГШП имеет безударный характер работы, что позволяет устанавливать их в зданиях облегченной конструкции по сравнению с молотовыми цехами, меньше фундамент, выше стойкость штампов;

– надежность КГШП более высокая;

– работа на прессах более простая, т.к. не требуется регулировка энергии, удара и высокой квалификации рабочего.

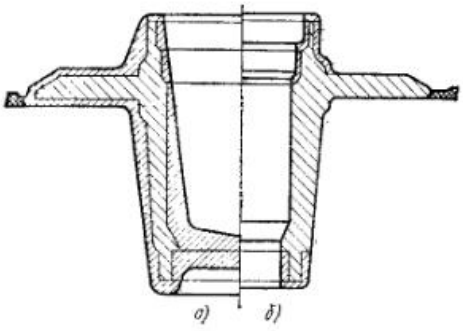


Рисунок 21 – Пример поковок, отштампованных на молоте (а) и на КГШП (б)

В качестве штамповочного оборудования назначается КГШП КБ8544 (рисунок 22).

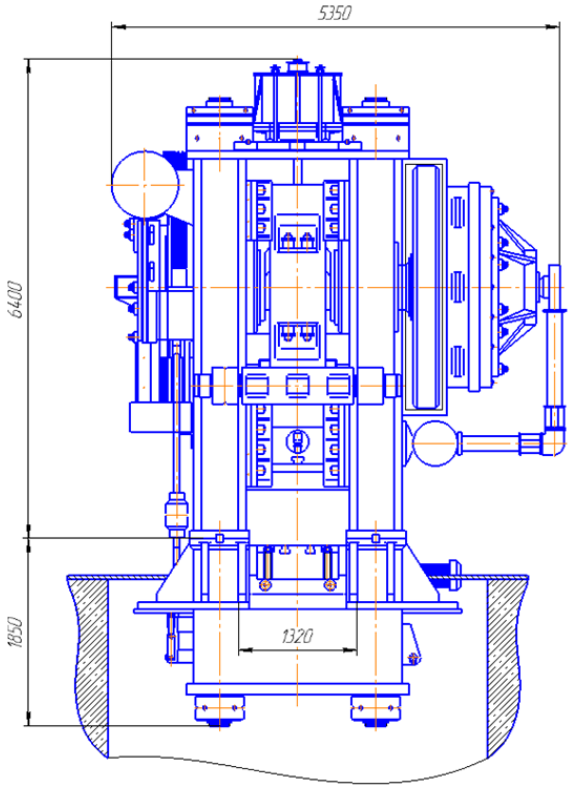


Рисунок 22 – Общий вид КГШП КБ8544

Характеристики КГШП КБ8544 представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Характеристики КГШП КБ8544

Наименование параметра	КБ8544
Номинальное усилие, тс	2500
Ход ползуна, мм	350
Частота ходов ползуна в мин.	60
Штамповая высота, мм	1000
Наименьшее расстояние между столом (промежуточной плитой, установленной на столе) и подштамповой плитой ползуна в его крайнем положении Н, мм	890
Величина регулировки расстояния между столом и ползуном, мм	10
Размеры стола, мм	1200х1400
Размеры ползуна, мм	1070х1120
Верхний выталкиватель: величина хода, мм усилие, кН, не менее	60 63
Нижний выталкиватель: величина хода, мм усилие, кН, не менее	70 100
Электродвигатель: тип мощность, КВт число оборотов в мин.	 АК102-6М 125 970
Габаритные размеры пресса, мм: в плане высота над уровнем пола	 5350х4680 6400
Вес пресса, т	190

3.3 Выбор конструкции проектируемого штампа (КГШП)

В условиях серийного производства штамповка на штамповочных прессах поковок всех форм осуществляется в штампе, предназначенном для осадки и штамповки в окончательном открытом/закрытом ручье заготовки.

Штампы кривошипных горячештамповочных прессов имеют сборную конфигурацию, благодаря чему упрощается изготовление сменного инструмента, и создаются условия для экономии дорогих инструментальных сталей. Эти штампы состоят из сменных штамповых вставок, в которых выполнены ручьи, и универсальных блоков (пакетов) или державок, в которых закрепляют вставки.

Конструкция штампов должна обеспечивать:

1) качественную штамповку:

– получение штампуемых деталей и поковок с данной точностью геометрической формы и размеров;

– с требуемыми механическими свойствами и структурой металла;

– отсутствием поверхностных и внутренних дефектов;

2) необходимую производительность;

3) конструкция должна быть технологичной в изготовлении;

4) удобства для обслуживания и ремонта;

5) обладать достаточной стойкостью;

6.) иметь сравнительно невысокую стоимость изготовления;

7.) отвечать требованиям охраны труда.

3.4 Проектирование блока штампа

Для штамповки выбранной номенклатуры поковок применяем цилиндрические вставки, монтируемые в призматических державках, которые в свою очередь закрепляются в блоке для призматических вставок.

Верхняя плита блока крепится болтами к ползуну пресса, нижняя – к столу. Для перемещения блока на столе пресса и фиксации его бокового сдвига клином в нижней плите блока имеются скошенные плоскости; в верхней плите выполнен

паз, соответствующий выступу ползуна пресса, сделанный в соответствии с размерами по характеристикам штампового пространства пресса.

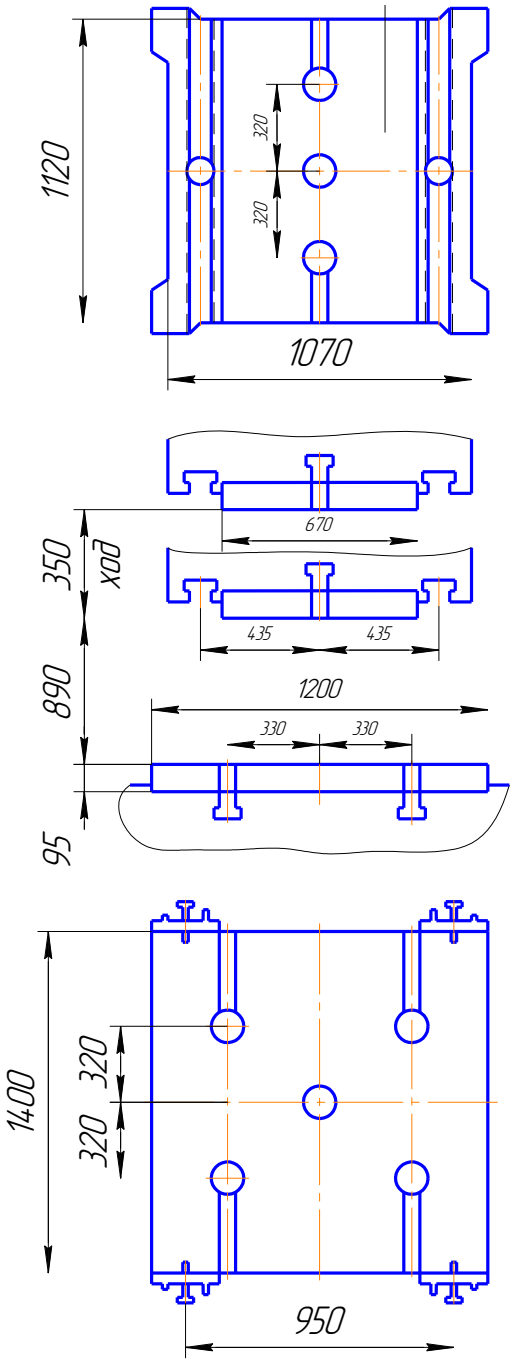


Рисунок 23 – Штамповое пространство пресса КБ 8544

Размеры штампового блока (таблица 17).

Таблица 17 – Размеры штампового блока

Усилие пресса, МН	H/H_{min},мм	B,мм	L, мм
25	898/890	1200 max	1400 max

Конструкция блока штампа.

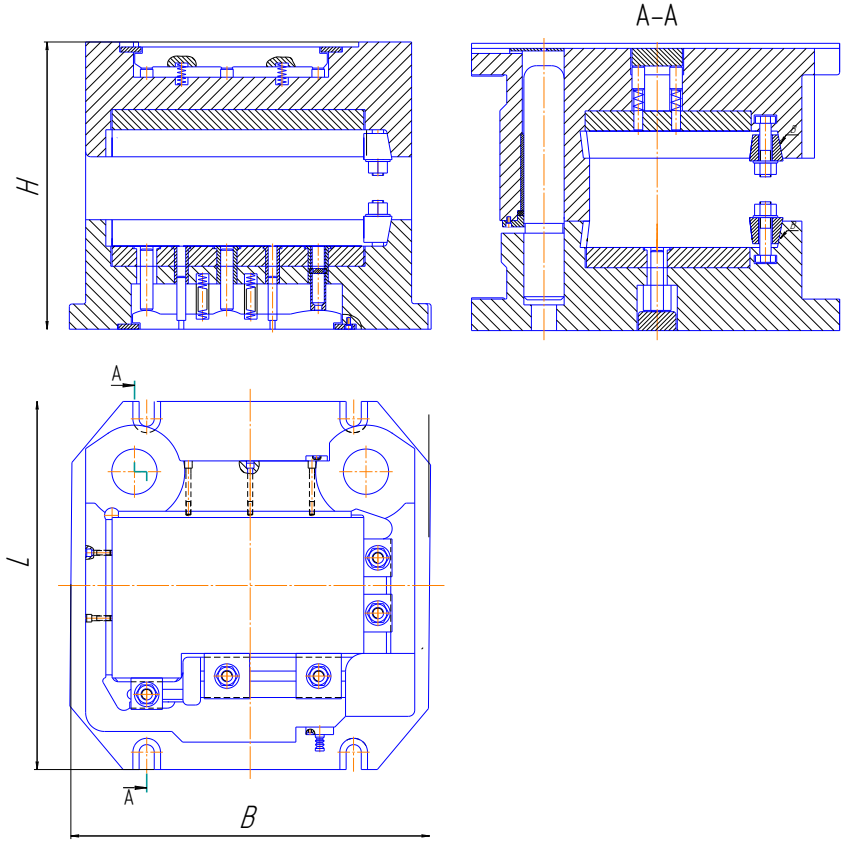


Рисунок 24 – Размеры штампового блока

Наилучшие эксплуатационные показатели имеют блоки, для которых закрытая высота выбрана по формуле:

$$H = A+0,75 \cdot a, \qquad (23)$$

где: A – номинальная закрытая высота штампового пространства пресса;

a – величина регулирования клиновой подушки стола пресса, a = 10 мм.

$$H= 890+0,75 \cdot 10= 897,5 \text{ мм.}$$

Принимаем H = 898 мм.

Усовершенствована система выталкивания блока. Привод толкателей блока трехпозиционный. Для предотвращения перекоса выталкивателей предложены дополнительные направляющие втулки и возвратные пружины.

Материал основных деталей штампа:

– плиты-блоки – 40ХЛ, НВ 302-352;

– колонки направляющие – сталь 45;

– втулки направляющие – Бр06Ц6С3;

– прижимы – 40ХЛ, НВ 255-321;

– выталкиватели – 5ХНМ, HRC 48-52.

3.5 Проектирование комплекта рабочих вставок

Для штамповки поковки «Шестерня ведущая» используются 4 штамповые вставки:

– вставка осадочная;

– вставка под фасонную осадку;

– вставка под прошивку отверстия с образованием перемычки;

– вставка под окончательный ручей.

Вставки имеют цилиндрическую форму. Для их фиксации в блоке используются призматические державки – обоймы. Вставки в обоймах закрепляются крышкой и болтами. Данная конфигурация рабочих вставок позволяет использовать обоймы из конструкционных сталей, а вставки – из инструментальной штамповой стали.

Вставки имеют сборную конструкцию: плита подкладная верхняя, державка, пуансон, обойма, матрица, плита подкладная нижняя, прошивник.

Вставка осадочная (рисунок 25).

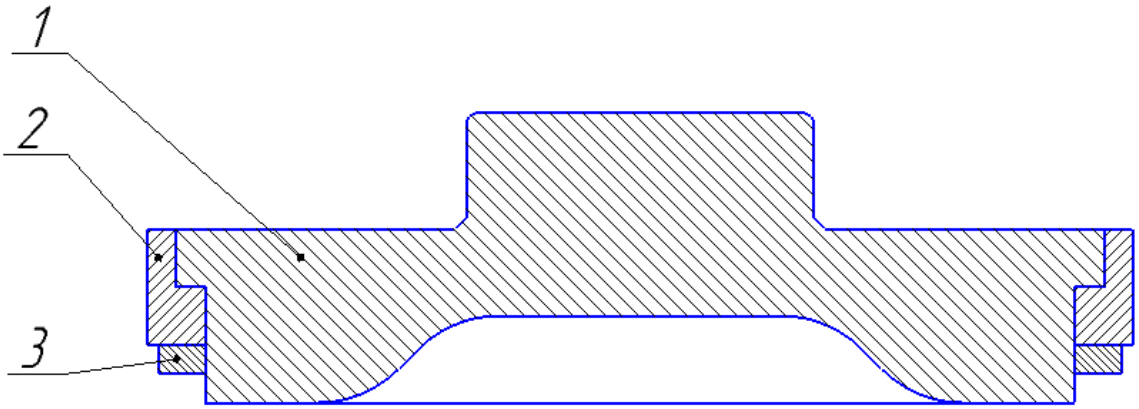


Рисунок 25 – Вставка осадочная: 1 – вставка осадочная (5ХНМ); 2 – опорный вкладыш (45Х); 3 – прижим (45Х).

Вставка второго перехода – осадка фасонная с наметкой перемычки (рисунок 26)

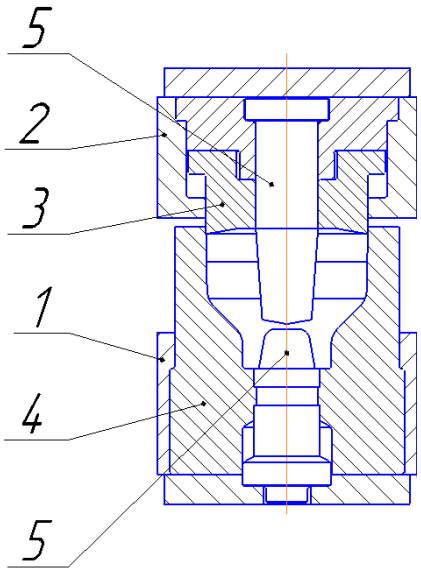


Рисунок 26 – Вставка осадки фасонной: 1 – обойма нижняя (40Х); 2 – обойма верхняя (45Х); 3 – пуансон (5ХНМ); 4 – матрица (5ХНМ); 5 – прошивник (3Х2В8Ф)

Вставка четвертого перехода – окончательная штамповка (рисунок 27).

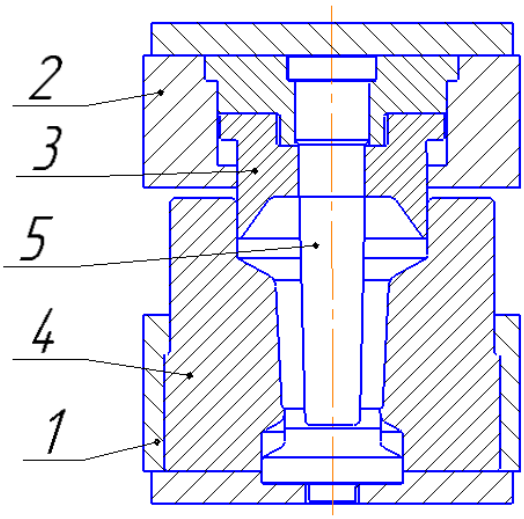


Рисунок 27 – Вставка окончательной штамповки: 1 – обойма нижняя (40Х); 2 – обойма верхняя (45Х); 3 – пуансон (5ХНМ); 4 – матрица (5ХНМ); 5 – прошивник (3Х2В8Ф).

Размеры штамповых вставок:

– вставка осадочная;

– вставка под фасонную осадку с наметкой перемычки 220 мм;

– вставка под предварительный ручей 290 мм;

– вставка под окончательный ручей 290 мм.

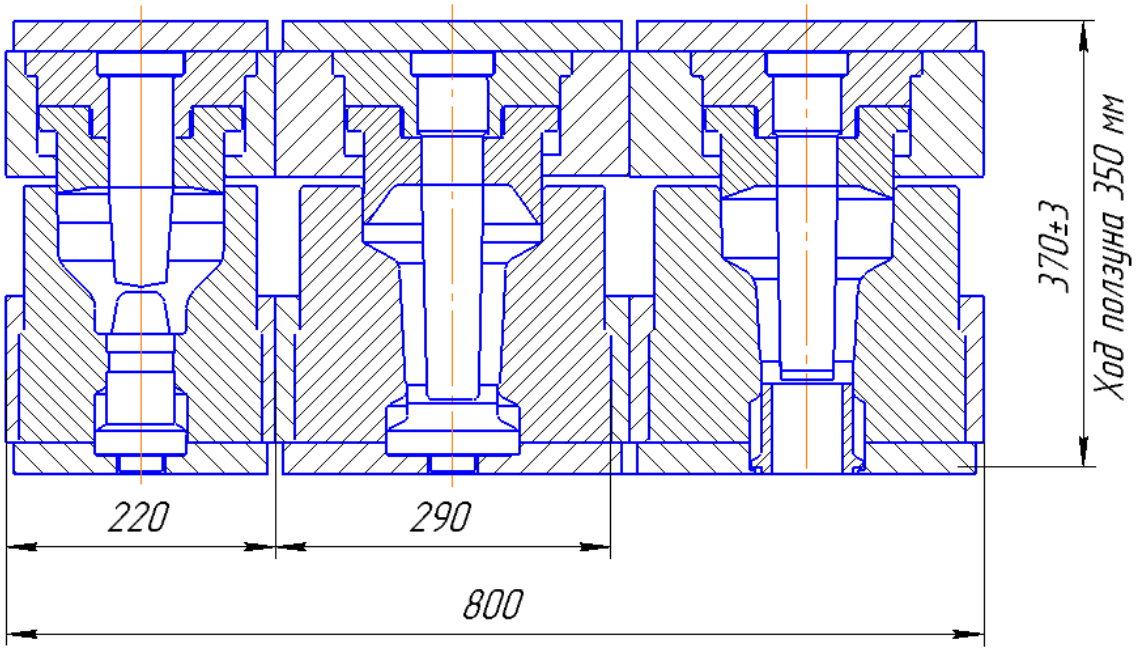


Рисунок 28 – Эскиз комплекта рабочих вставок

3.6 Вычерчивание штампа

Согласно ГОСТ 2.424-80 [19] на сборочном чертеже штамп должен быть изображен в крайнем нижнем (рабочем) положении. На главном виде чертежа изображается пакет штампа КГШП со вставками.

Также на сборочном чертеже показывают габаритные размеры башмака, отверстия для крепления штампа в столе пресса, а также показаны их размеры относительно главных осей штампа.

На виде А-А показан разрез по оси направляющей колонки и по оси штамповой вставки под осадку, что позволяет увидеть вставку в разрезе, а также выталкиватель.

В технических требованиях на сборочный чертеж должны быть указаны:

– максимальный ход толкателей;

– условия установки прижимов;

– условия смазки направляющих колонок;

– условия соосности направляющих колонок и втулок;

– условия смазки трущихся поверхностей.

Технические требования на штамп КГШП усилием 25 МН:

– максимальный ход толкателей 50 мм.

– прижимы должны устанавливаться без перекосов, прижимать вставки как в вертикальном направлении к подкладным плитам, так и в горизонтальном к боковым плоскостям.

– обеспечить при сборке контакт прижимов с опорными плоскостями, а также с поверхностями вставок на площади не менее 80% .

– направляющие колонки смазывать через 1000...2000 ходов ползуна пресса маслом «Индустриальное 45».

– установить блок на КГШП усилием 25 МН.

– соосность колонок и втулок обеспечить технологически.

– блок собрать со вставками и проверить на соответствие технологическим требованиям.

– трущиеся поверхности смазывать консталином не реже одного раза в три месяца.

– не реже двух раз в год проводить профилактическую промывку деталей пакета в щелочном растворе с последующей их смазкой машинным маслом.

3.7 Описание работы и требования к эксплуатации штампа

Нижний башмак закреплен на столе пресса, а верхний, закрепленный на ползуне пресса, имеет возвратно-поступательное движение вместе с ползуном пресса. Комплект вставок (нижней и верхней половин) установлен в гнездо нижнего и верхнего башмаков и закреплены в продольном и поперечном направлении.

Имеет механизм выталкивателя. Выталкиватель, расположенный по оси стола пресса, передает движение на выталкиватели, расположенные во вставках.

Нагрев ручьевых вставок производят с целью обеспечения оптимальных условий формоизменения и повышения стойкости штампа.

Подогревать штамп до 200…400°С инжекционно-диффузионной горелкой. Контролировать температуру нагрева штампов ручным пирометром Raynqer ST 80.

Охлаждение производят с целью уменьшения разогрева гравюры штампа во время работы. Обеспечивается подачей струи сжатого воздуха на гравюру штампа.

Смазку штампа производят с целью уменьшения трения и теплопередачи при деформировании и улучшения извлечения поковки из штампа после штамповки.

В качестве смазочного материала применяем технологическую смазку лигносульфонат технический, ЛТС, марки А и воду техническую.

Основными видами износа являются:

– истирание – отрыв частичек металла штампа. Истирание ускоряется при появлении разгара. При достаточной твердости и чистоте поверхности гравюры износ штампа незначителен;

– смятие – деформация отдельных частей штампа, где имеется сильный нагрев штампа в процессе работы и высоком давлении;

– разгар – образование сети термических трещин на поверхности гравюры. Это наиболее распространенный вид износа. Для повышения разгаростойкости необходимо тщательно регулировать режим работы штампа.

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАКРЫТОЙ ШТАМПОВКИ В СИСТЕМЕ «РАПИД-2Д»

4.1 Назначение системы

Система РАПИД предназначена для моделирования, анализа, разработки и оптимизации технологических процессов горячей объемной штамповки. Система РАПИД позволяет провести индивидуальный анализ, исследование и корректировку каждого технологического процесса до изготовления оснастки и его окончательной отладки, что позволяет проектировать оптимальные технологические процессы и обеспечить снижение себестоимости и повышение производительности труда.

Система РАПИД позволяет:

– исследовать формоизменение и схему напряженного состояния;

– рассчитать энергосиловые параметры процесса;

– прогнозировать образование дефектов (незаполнение штампов, зажимов, утяжин, образование трещин).

Система обеспечивает моделирование многопереходных процессов и реализует следующие основные функции: подготовка исходных данных, расчет параметров процесса деформирования, просмотр результатов, предоставление справочной информации, обмен информацией с CAD системами [17].

Подготовка исходных данных.

Подготовка информации о геометрии инструмента, подбор исходной заготовки, и задание технологических условий. Пользователь формирует данные о геометрии инструмента и заготовки, механических и тепловых граничных условиях.

Расчет параметров процесса деформирования.

Рассчитывается напряженно-деформированное состояние, формоизменение, температурное поле в процессе деформации, усилия на инструмент и накопленная деформация. Дополнительно рассчитывается остывание или нагрев заготовки между переходами.

Просмотр результатов.

Пользователь имеет возможность просмотреть на экране дисплея поля скоростей, напряжений, скоростей деформации, накопленной деформации, температуру деформируемого материала и других величин на разных стадиях процесса. Имеется режим просмотра, позволяющий проследить изменение этих величин в течение процесса. Система позволяет просматривать процесс формоизменения заготовки в режиме мультипликации.

Предоставление справочной информации.

Система имеет базу данных со справочной информацией о механических и тепловых свойствах материалов, энергосиловых и скоростных характеристиках оборудования, и позволяет пользователю дополнять ее.

Обмен информацией с CAD системами.

Обмен данными о геометрии инструмента между системой РАПИД и CAD системами осуществляется через файлы в стандартных форматах.

4.2 Подготовка данных к расчету

Подготовка исходных данных начинается с формирования геометрии инструмента и заготовки. Геометрия инструмента и заготовки разрабатывается в графическом редакторе Компас-3D V16.1 во фрагменте с указанием локальной системы координат. Контур инструмента и заготовки – замкнутая непересекающаяся кривая.

Второй этап подготовки данных – назначение параметров инструмента и заготовки.

Параметры инструмента:

– вид оборудования;

– направление движения инструмента;

– величина хода;

– условия трения и теплообмена.

Параметры заготовки:

– материал;

– начальная температура;

– начальная деформация.

Третий этап подготовки данных – триангуляция.

Триангуляция предназначена для подготовки сетки треугольных конечных элементов. Каждая линия заготовки разбивается на число отрезков от 2 до 18 и затем автоматически генерируется сетка треугольных элементов. Рекомендованное число треугольников в первоначальной сетке около 300.

Четвертый этап подготовки данных – построение вмороженной сетки.

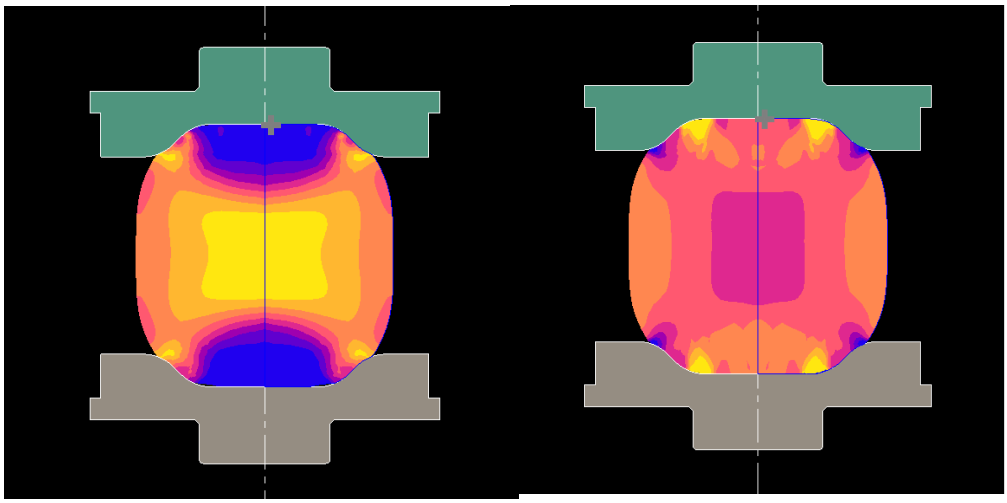
Этот этап предназначен для формирования прямоугольной вмороженной сетки. По искажению прямоугольных ячеек можно визуально оценить деформацию (наличие вмороженной сетки необязательно для расчета).

4.3 Проверка конструкторско-технологических расчетов путем анализа НДС и формоизменения

После подготовки данных производим расчет процесса деформирования.

Первый переход – осадка.

Результат расчёта деформирования осадкой представлен на рисунке 29.



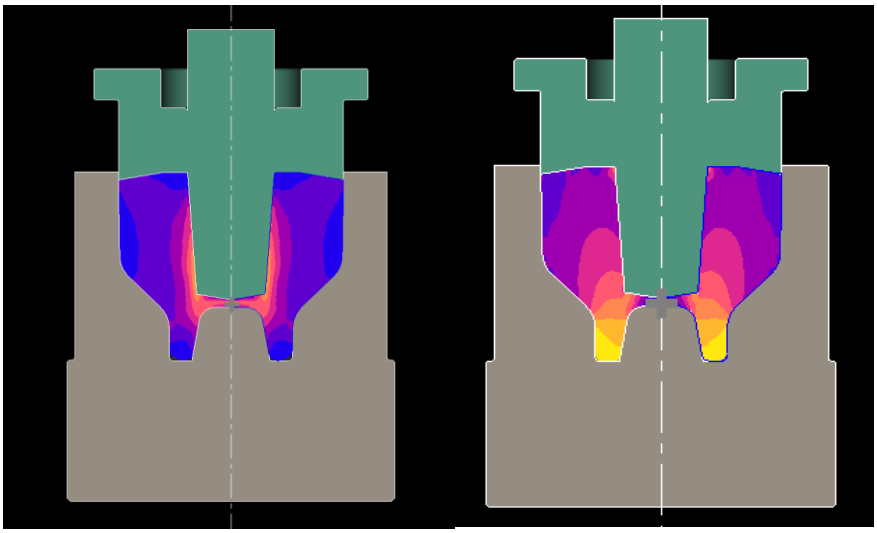
а) б)

Рисунок 29 – Результат расчёта деформирования при осадке: а – накопленная деформация; б – изменение напряжения

Потребное усилие при осадке P = 76 тс.

Второй переход – осадка фасонная с наметкой перемычки.

Результат расчёта деформирования при осадке фасонной с наметкой перемычки представлен на рисунке 30.



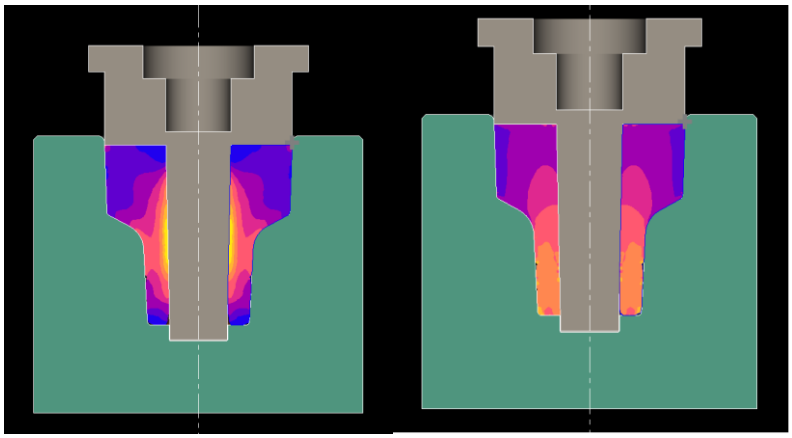
а) б)

Рисунок 30 – Результат расчёта деформирования при осадке фасонной с наметкой перемычки: а – накопленная деформация; б – изменение напряжения

Потребное усилие при осадке фасонной P = 658,9 тс

Третий переход – формовка с одновременной прошивкой отверстия.

Результат расчёта деформирования при формовке с одновременной прошивкой отверстия представлен на рисунке 31.



а) б)

Рисунок 31 – Результат расчёта деформирования при формовке с одновременной прошивкой отверстия: а – накопленная деформация; б – изменение напряжения

Четвертый переход – окончательная формовка.

Результат расчёта деформирования при окончательной представлен на рисунках 32,33,34.

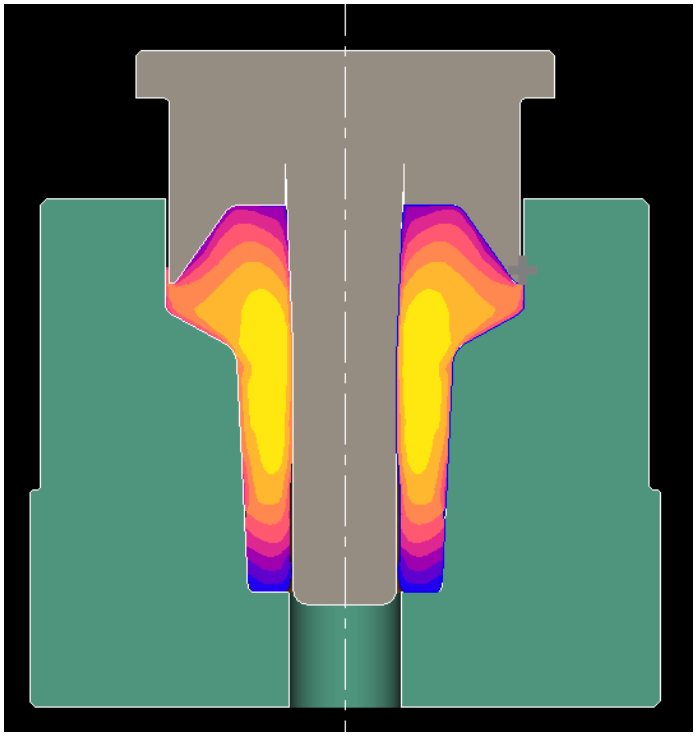


Рисунок 32 – Изменение температуры поковки при деформировании

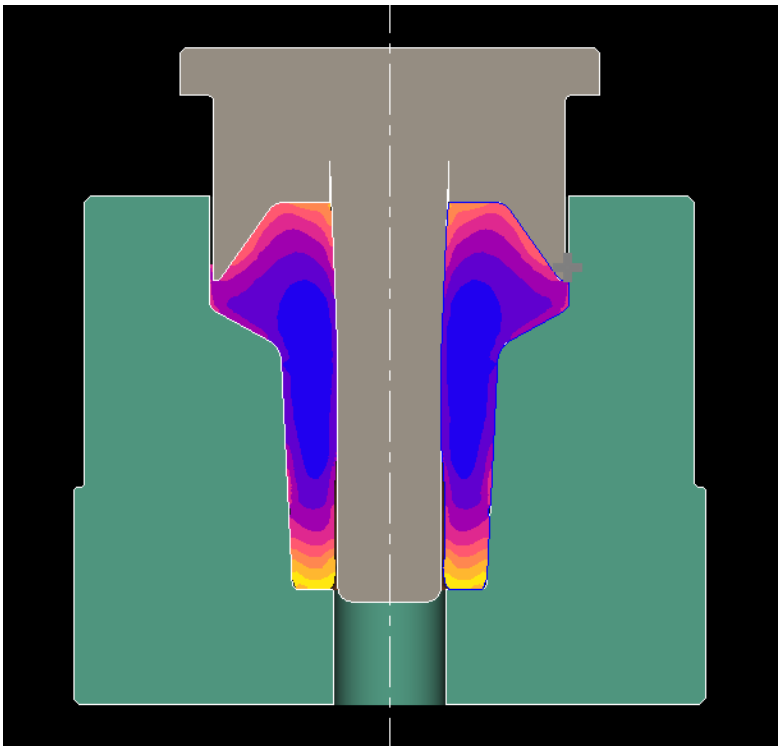
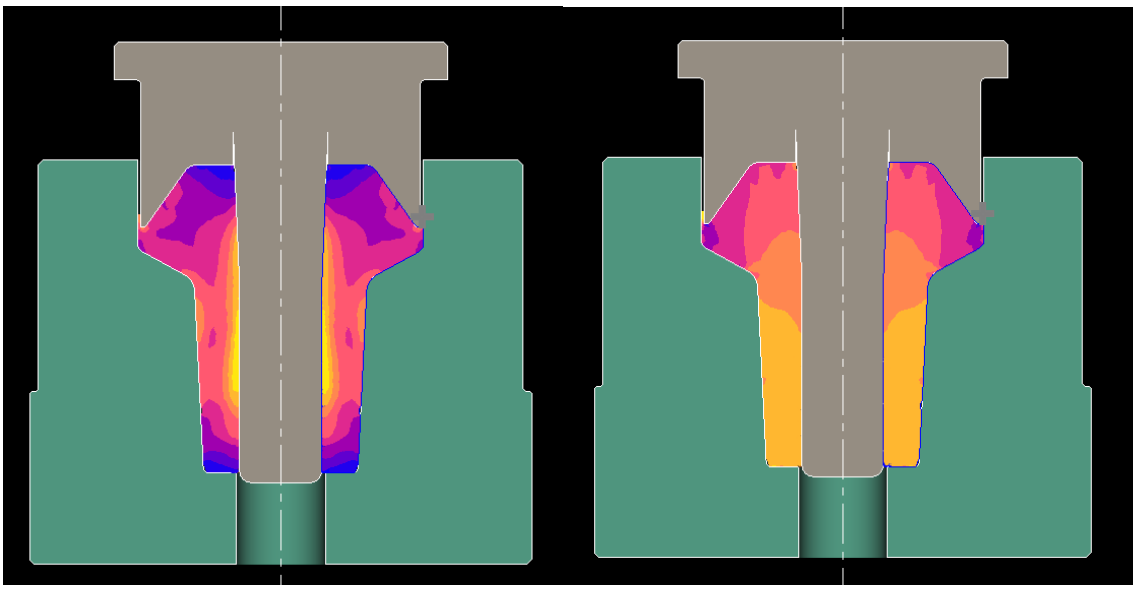


Рисунок 33 – Изменение вязкости материала поковки



а) б)

Рисунок 34 – Результат расчёта деформирования при окончательной формовке: а – накопленная деформация; б – изменение напряжения

Результаты моделирования показали правильность разработки технологи закрытой штамповки и конструирования штамповой оснастки.

.

5 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

5.1 Годовой план производства участка

Годовая программа выпуска ($Q_в$) на проектном участке составляет 41000 шт. поковок в год (таблица 18). Рассматриваемая деталь-представитель имеет программу выпуска 10000 шт. в год.

Расчет программы запуска производится по следующей формуле:

$$Q_з = Q_в \cdot (1+\beta), \quad (24)$$

где: β – коэффициент, учитывающий возможный брак при производстве изделий, β=1% или β= 0,01;

$Q_в$ – годовая программа выпуска.

Таблица 18 – Номенклатура поковок проектируемого участка и их годовая программа

№	Наименование поковки	Годовая программа выпуска, тыс.шт. (т)	Потери на брак, %	Годовая программа запуска, тыс.шт. (т)	Масса поковки, кг	Марка стали
1	4320Х-2402017 Шестерня ведущая	17 (137,411)	1	17,17 (138,785)	8,083	17ХГР
2	123В-4503020 Муфта	17 (92,65)	1	17,17 (93,58)	5,545	40Х
3	375-1802088Б Шестерня	17 (151,3)	1	17,17 (152,813)	8,900	12Х2Н4А
4	375-4501044 Ступица	17 (205,7)	1	17,17 (207,757)	12,100	18ХГТ
5	4322-1802036 Шестерня	17 (169,745)	1	17,17 (171,442)	9,985	12Х2Н4А
Итого:		= 85000 шт. (756,806 т)		(764,374 т)		

5.2 Потребность в производственном оборудовании

Необходимое количество оборудования в линий определяется следующей формулой:

(25)

где: $Т_{ст}$ – годовая технологическая станкоёмкость операций всей номенклатуры изделий, изготовляемых на данном типе оборудования;

$Ф_{эо}$ – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$К_{н}$ – коэффициент, учитывающий потери времени работы оборудования, вызванного переналадками в рабочее время, Кн = 0,05 или 5%;

$К_{д}$ – коэффициент допустимой загрузки оборудования, принимают Кд = 85% или 0,85.

Расчет $Т_{ст}$. ведется по деталям для каждой группы номенклатуры участка, но т.к. штучное время операции $Т_{шт}$ рассматриваемой детали-представителя «Шестерня ведущая» приблизительно равно $Т_{шт}$ для деталей всей номенклатуры участка (детали имеют одинаковый технологический процесс), то $Т_{ст}$ участка можно определить по формуле:

(26)

где: $Q_{з}$ – годовая программа запуска участка, $Q_{з}$ = шт.;

$Т_{шт}$ - штучное время операции, $Т_{шт}$ = 1,031 мин (определено в разделе 3.2.6).

Определим $Ф_{эо}$ для линий с КГШП 25 МН:

(27)

где: $Д_{р}$ – число рабочих дней в году, принимаем $Д_{р}$ = 246 дней;

$t_{см}$ – продолжительность рабочей смены, $t_{см}$ = 8 ч;

$к_{с}$ – число смен в сутки, $к_{с}$ = 2 см;

$к_{п}$ – коэффициент учитывающий простои оборудования, $к_{п}$ = 0,93.

Согласно расчету принимаем один КГШП 25МН.

Следовательно, для изготовления, проектируемым технологическим процессом, годовой программы поковок необходима одна линия, имеющая в своем составе:

1) Индукционный нагреватель;

2) КГШП КБ8544;

3) Механический пресс для маркировки 2,5 МН.

Данный состав оборудования в линии соответствует предлагаемой технологии изготовления поковки «Шестерня ведущая».

5.3 Расчёт численности основных рабочих

К производственным рабочим относятся все работающие, выполняющие технологические операции по изготовлению заготовок, полуфабрикатов и готовой продукции. Численность производственных рабочих L определяется по числу бригад $L_П$:

(28)

где: Н – численность бригады (количество рабочих, одновременно обслуживающих одну линию).

$L_П$ – определяется округлением расчетного числа бригад до ближайшего большего целого:

$$L_П^Р = \frac{(1+\alpha)\cdot T_{СТ}}{k_{В.Н.}\cdot k_{ДР.}\cdot Ф_{Э.Р.}}, \quad (29)$$

где: α – коэффициент, учитывающий плановые невыходы на работу, α = 0,05;

$k_{В.Н.}$ – коэффициент перевыполнения нормы, $k_{В.Н.}$ = 1;

$k_{Д.Р.}$ – коэффициент допустимой занятости рабочего, $k_{Д.Р.}$ = 0,95.

$Ф_{эо}$ – годовой эффективный фонд времени рабочего, ч.

Округляем $L_{пр}$ до 2, следовательно, число бригад – . Численность бригады – 3 человека

Таким образом, получаем, что основных рабочих на спроектированном участке будет 6 человек.

5.4 Конструкция здания

Участок размещается в одноэтажном производственном здании второй степени долговечности (не менее 80 лет). Высота здания цеха №2 ОАО ЧКПЗ 24000 мм, ширина цеха 36000 мм.

Колонны одноэтажного производственного здания могут быть железобетонными и стальными. Крайние колонны – у крайних продольных рядов, средние колонны – у средних продольных рядов. Колонны для пролетов с мостовыми кранами имеют консоли и площадки для подкрановых балок.

В здании стальные колонны ступенчатые переменного по высоте сечения. Шаг колонн 6000 мм.

Фундамент под колонны делают из сборного или монолитного железобетона. Глубина заложения фундамента колонн зависит от характеристики грунта, нагрузок, расстояния от фундамента колонн до фундамента оборудования.

Подкрановые балки изготавливают из стали. Железобетонные подкрановые балки не изготавливают из-за их недолговечности. Подкрановые балки крепят к консолям колонн болтами. Подкрановые рельсы к подкрановым балкам крепят болтами с помощью прижимных планок.

Стропильные фермы служат для поддержания покрытия и восприятия действующих на них нагрузок. Они могут быть железобетонными и стальными. В нашем здании стальные стропильные фермы.

Плиты покрытия укладываются на стропильные фермы здания. Их изготавливают

5.5 Разработка планировки участка горячей закрытой штамповки

Вся площадь участка условно разделяется на производственную и вспомогательную.

К производственным относятся площади, занимаемые основным оборудованием со всеми вспомогательными механизмами, средствами механизации и автоматизации, рабочими местами, местными проходами и проездами, межоперационными складами заготовок и полуфабрикатов, местами хранения технологической оснастки и производственного инвентаря возле оборудования.

К вспомогательным относятся площади, занятые цеховыми складами основных и вспомогательных материалов, готовой продукции, технологической и инструментальной оснастки, цеховыми проходами и переездами, энергетическими и санитарно-техническими установками, ремонтными мастерскими и лабораториями цеха.

Площадь участка определяется по укрупнённым показателям и затем уточняется при планировке участка. В качестве укрупненных показателей применяется выпуск поковок с одного квадратного метра общей площади.

Общую площадь участка определим по формуле:

(30)

где: – годовая программа запуска, ;

– выпуск продукции в т/м^2., которая находится по таблице [20].

Показатели таблицы [20] относятся к полному технологическому циклу. При неполном технологическом цикле (без учета термообработки и доделочных операций) выпуск выше, и чтобы его определить, показатели таблицы надо умножить на 2,5:

Размер вспомогательной площади можно определить в процентном соотношении от производственной. Ориентировочная разбивка между производственной и вспомогательной площадями выражается процентным соотношением от общей площади участка.

Для универсального участка горячей объемной штамповки:

– производственная – 45 % от общей площади участка , ;

– вспомогательная – 55% от общей площади участка , .

Размещение производственных отделений необходимо производить в соответствии с последовательностью технологических процессов и соблюдения прямоточности поступательного движения грузопотоков (заготовок, полуфабрикатов).

Вспомогательные участки необходимо располагать так, чтобы они не разрывали и не нарушали поточности производства, но и были ближе к тем участкам, которые они обслуживают.

Служебно-бытовые помещения в состав участка не входят и расположены на расстоянии 70 м. от самого удаленного рабочего места.

Схему расположения оборудования выбираем поперечную (рисунок 35). Поперечное расположение линии обеспечивает широкий фронт для передачи готовых поковок на склад, строгую поточность технологического процесса в одном направлении и отсутствие встречных и пересекающихся грузопотоков.

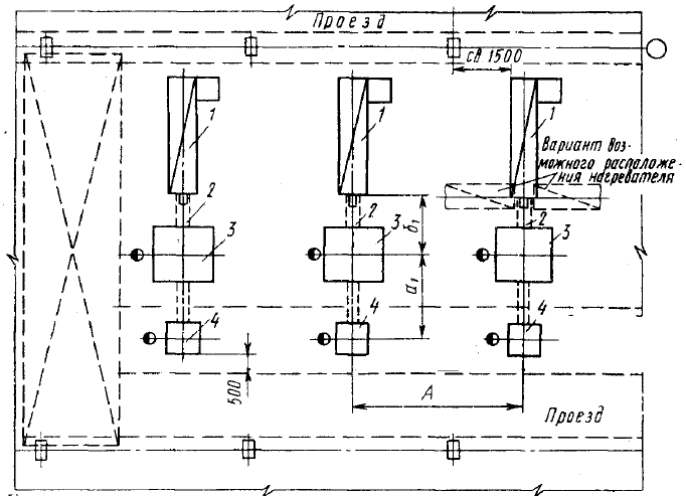


Рисунок 35 – Схема расположения оборудования: 1 – индукционный нагреватель, 2 – транспортер, 3 – КГШП, 4 – механический пресс для маркировки,

$$A = 9000 \text{ мм}, a_1 = 4500 \text{ мм}, б_1 = 3000.$$

Проектный производственный участок представлен на чертеже «Участок горячей штамповки».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выбрана номенклатура поковок проектного участка горячей штамповки. Номенклатура представляет собой поковки типа «полые вал-шестерни», которые производятся на ОАО «Челябинском кузнечно-прессовом заводе».

Выполнен анализ существующих способов штамповки поковок полых вал-шестерен, с целью получения технического решения для повышения эффективности процесса штамповки поковок «полые тела вращения». В ходе анализа было выделено пять основных способов получения поковок рассматриваемой номенклатуры.

В работе предложена технология закрытой штамповки выдавливанием поковки-представителя типа «полые вал-шестерни».

Разработан технологический процесс закрытой штамповки выдавливанием поковки «Шестерня ведущая»: разработан чертеж поковки «Шестерня ведущая», разработана технология штамповки поковки. Разработана маршрутно-операционная технологическая карта процесса. Процесс состоит из 21 операции.

Спроектирована необходимая штамповая оснастка для осуществления процесса горячей закрытой штамповки поковки «Шестерня ведущая».

Выполнена проверка результатов конструкторско-технологического проектирования в программе «Рапид 2Д».

Решены основные организационно-технические вопросы разработки участка горячей штамповки.

Разработан проект участка горячей штамповки поковки «Шестерня ведущая» на базе кузнечного цеха №2 ОАО «ЧКПЗ».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Семенов, Е.И. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985 – Т.2. Ковка и штамповка / Под ред. Е.И. Семенова. 1986. – 592 с., ил..

2 Тяжельников, В.М. Кузнечно-штамповочное производство / В.М. Тяжельников, Б.Г. Каплунов // Заготовительные производства в машиностроении. – 2008. – №12. – С. 15–18.

3 Мещерин, В.Т. К вопросу о форме заготовки для точной объемной штамповки / Автомобильная промышленность, 1967. – №3. – С.23–32.

4 Копыский, Б.Д. О возможности безоблойной штамповки без компенсаторов на кривошипных прессах (в порядке обсуждения) // Кузнечно-штамповочное производство. – 1966. – №8. – С. 12–16.

5 «Шестерня ведущая» 4320Х-2402017. – http://az-ural.ru/detail/6545.

6 Семенов, Е.И. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985 – Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование.Ковка/Под ред. Е.И. Семенова. 1985. – 568 с., ил..

7 Технологические свойства Стали 20ХГР. – http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20XGR.

8 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Государственный стандарт союза СССР. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 52 с.

9 ГОСТ 3.1126-88. Правила оформления графических документов на поковки. Межгосударственный стандарт.– М.: Издательство стандартов, 1989. – 5 с.

10 ГОСТ 8479-70. Поковки из углеродистой и легированной стали. Межгосударственный стандарт. – М.: Издательство стандартов, 1970. – 9 с.

11 ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. Межгосударственный стандарт. – М.: Издательство стандартов, 2008. – 10 с.

12 Сторожев. М.В. Технологический справочник по ковке и объемной штамповке. В 2-х т. / Ред. Сторожев. – М.: Машиностроение, 1978. – Том 1. Изд. 2-ое, переработанное.

13 Исследование машин и технологии кузнечно-штамповочного производства: Сборник трудов. / Б.Г Каплунов, В.И. Одиноков, А.И. Сконечный. - Челябинск, 1978. – 146 с.

14 ГОСТ 6809-87. Прессы кривошипные горячештамповочные. Параметры и размеры. Нормы точности. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 10 с.

15 36ГТОЛ-3500Р – http://www.istra-vniieto.ru/shahtnye-promyshlennye-vakuumnye-pechi-soprotivleniya-s-nagrevatelnymi-blokami-iz-tugoplavkih

16 Дробеметный барабан 42203 – http://www.amurlitmash.ru/drobemetnye-barabany/periodicheskogo-dejstvija/42203.

17 Стандарт предприятия ОАО ЧКПЗ – СТП 108-158-90.

18. Жиров, Д.С. Описание пакета программ Рапид 2D. Руководство пользователя / Ред.совет: Д.С Жиров, Е.Г. Полищук – М.: Уральский государственный технический университет УПИ, 1995. – 62 с.

19 ГОСТ 2.424-80. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей штампов. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 15 с.

20 Шехтер, В.Я. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов: учеб. Для студентов машиностроительных специальностей взов / В.Я. Шахтер – М.: Высш. шк., 1991. – 367 с.

21 Жестковой, И.Н. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. / Под ред. И.Н. Жестковой, – Т. 1 – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.