

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет» (национальный
исследовательский университет)

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»
Кафедра «Процессы и машины обработки металлов давлением»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____/Л.В. Радионова/
« ____ » _____ 2020 г.

***СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛИ
«ПАТРУБОК» В УСЛОВИЯХ ПАО «ЧКПЗ»***

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ЮУрГУ–15.03.01.2020.00000.ВКР 2020

Руководитель работы
д.т.н., профессор

_____/Б.А. Чаплыгин
« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы
студент группы П-438

_____/Е.С. Маркин
« ____ » _____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Маркин Е.С. Совершенствование технологии производства летали «патрубок» в условиях ЧКПЗ. – Челябинск: ЮУрГУ, 2020г. - 44с., 7 ил., чертеж: ф.А1 – 1, ф.А2 – 2, ф.А3 -1, 16 таблиц, 53 формулы, библиографический список – 19 наименований.

В данном проекте предложена усовершенствованная технология изготовления штамповки «патрубок».

Проведены основные технологические расчеты. Выбрано оборудование.

В организационной части проведен расчет требуемого количества оборудования.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ Документа_</i> | <i>Подпись_</i> | <i>Дата</i> | | 3 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 6 |
| 1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ..... | 7 |
| 1.1. Анализ детали..... | 7 |
| 1.2. Характеристика материала детали..... | 7 |
| 1.3. Анализ существующей технологии, ее недостатки..... | 8 |
| 1.4. Цели и задачи работы..... | 9 |
| 1.5. Выбор способа штамповки поковки детали «патрубок»..... | 10 |
| 1.6. Обоснование метода нагрева заготовок..... | 13 |
| 1.7. Определение типа производства..... | 13 |
| 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОКОВКИ ДЕТАЛИ «ПАТРУБОК»..... | 16 |
| 2.1. Выбор поверхности разъема штампа..... | 16 |
| 2.2. Исходные данные для конструирования поковки..... | 17 |
| 2.3. Конструирование поковки..... | 17 |
| 2.4. Назначение припусков..... | 18 |
| 2.5. Размеры поковки и их допускаемые отклонения..... | 19 |
| 2.6. Кузнечные напуски..... | 20 |
| 2.7. Разработка чертежа поковки..... | 22 |
| 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ.. | 24 |
| 3.1. Определение размеров исходной заготовки..... | 24 |
| 3.2. Отрезка заготовки..... | 27 |
| 3.3. Определение коэффициента раскроя и нормы расхода металла..... | 27 |
| 3.4. Выбор операций и переходов..... | 31 |
| 3.5. Температурный режим штамповки..... | 32 |
| 3.6. Определение размеров осаженой заготовки..... | 32 |
| 3.7. Расчет усилия штамповки..... | 33 |
| 3.8. Технологическая смазка..... | 35 |
| 3.9. Расчет усилия обрезки облоя и прошивки перемычки..... | 36 |
| 3.10. Термическая обработка поковки..... | 38 |

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 4 |

| | |
|---|----|
| 3.11 Очистка поковки от окалины..... | 39 |
| 3.12 Контроль штампованных заготовок..... | 39 |
| 3.13 Технологическая карта процесса..... | 40 |
| 4. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЧАСТЬ..... | 41 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 42 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 43 |

| | | | | | | |
|-------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ Документа_</i> | <i>Подпись_</i> | <i>Дата</i> | | 5 |

ВВЕДЕНИЕ

Штамповка металла - процесс контролируемой деформации, при котором тело меняет свою форму под воздействием избыточного давления. Благодаря такой обработке металлическим изделиям придают самые разнообразные формы, которые необходимы им для выполнения своих функциональных обязанностей. Штамповке поддаются детали небольшой толщины, так как сгибать толстую продукцию весьма проблематично.

Горячая штамповка металла позволяет обрабатывать более толстые заготовки, так как в раскаленном сплаве гораздо слабее межмолекулярные связи, и он лучше поддается сгибанию. Металлические изделия перед началом процедуры проходят те же самые подготовительные этапы, как и в случае с холодной штамповкой. Но оборудование для штамповки металла уже существенно отличается. Оно состоит из двух основных частей: печи и прессы. Печь используется для предварительного нагрева заготовки до температуры красного каления. В производственном процессе горячей штамповки обязательно необходимо участие человека. В нормальных условиях заготовка быстро остывает, в связи с этим необходима быстрая доставка из печи до станка. Для этого рабочий при помощи кузнечных клещей доставляет заготовку до нужного места. Данная работа негативно отражается на организме, в связи с чем необходимо нормирование рабочей смены, для минимизации вредного воздействия условий на работников.

Актуальность нашей темы выбрана для того что бы показать преимущества, недостатки и возможности для усовершенствования штамповки на примере разработки технологического процесса, для более наглядного примера рассмотрим на примере организации «Совершенствование технологии производства детали «Патрубок» в условиях ЧКПЗ.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 6 |

1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

1.1. Анализ детали

Патрубок (рис.1) – это деталь, служащая для подключения к ней трубопроводов и арматуры в для отвода по нему пара, жидкости или газа. Выделяют следующие виды в зависимости от типа соединения свободного конца патрубка имеющего фланц, резьбу или раструбок. Если патрубок отличается от размера на конце формы то его называют переходным. Патрубок — может соединять трубопроводы, которые предназначены для транспортировки рабочих тел под действием разности давлений.

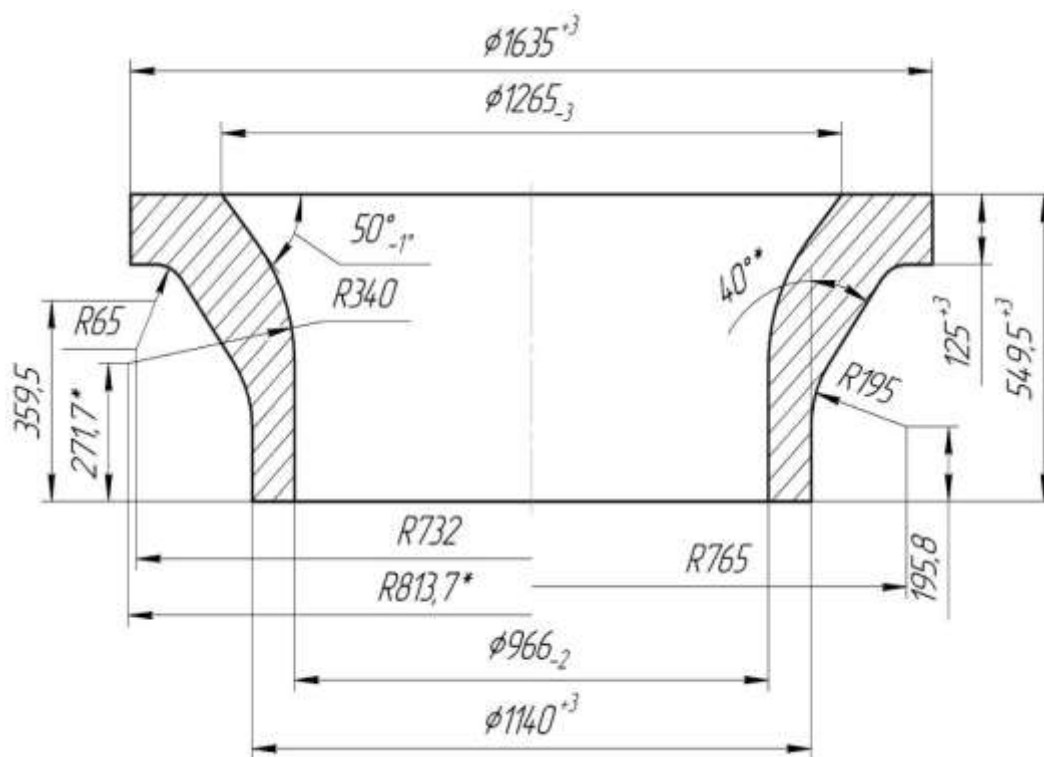


Рисунок 1 – Эскиз патрубка

Деталь представляет собой тело вращения с центральным отверстием.

Материал детали - сталь 09Г2С-8 по ГОСТ 19281-2014, допускается сталь 09Г2С по ГОСТ 550-79.

Габаритные размеры детали: $\phi 1635 \times 549,5$ мм

| | | | | | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 7 |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.00000.ВКР | | | | | |

1.2. Характеристика материала детали

Марка стали 09Г2С используется при производстве труб и других металлопрокатных изделий. В промышленности используют детали и элементы с рабочей температурой от – 70 до +425°С под давлением.

Расшифровка марки 09Г2С: Обозначение 09Г2С означает, что в стали присутствует 0,09% углерода, поскольку 09 идет до букв, далее следует буква «Г» которая означает марганец, а цифра 2 – процентное содержание до 2% марганца. Далее следует буква «С», которая означает кремний, но поскольку после С цифры нет – это означает содержание кремния менее 1%. Таким образом, расшифровка 09Г2С означает, что перед нами сталь имеющая 0,09% углерода, до 2% марганца, и менее 1% кремния и поскольку общее кол-во добавок колеблется в районе 2,5% то это низколегированная сталь.

Химический состав стали представлен в таблице 1

Таблица 1.1– Химический состав стали 09Г2С ГОСТ 19281 - 2014

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | V | N | Cu | As |
|---------|-----------|-----------|--------|----------|---------|--------|---------|----------|--------|---------|
| до 0.12 | 0.5 - 0.8 | 1.3 - 1.7 | до 0.3 | до 0.035 | до 0.03 | до 0.3 | до 0.12 | до 0.008 | до 0.3 | до 0.08 |

Удельный вес 09Г2С: 7,85 г/см³

Температура критических точек: $A_{c1} = 725$, $A_{c3}(A_{cm}) = 860$,
 $A_{r3}(A_{rcm}) = 780$, $A_{r1} = 625$.

Свариваемость материала: без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.

Флокеночувствительность: не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 850.

Обработываемость резанием: в нормализованном отпущенном состоянии $\delta_B=520$ МПа, $K_{v\text{ б.ст}}=1,0$ $K_{v\text{ тв. спл}}=1,6$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 8 |

Предел текучести $\sigma_{0,2}$ МПа (по ГОСТ 5520-79) при разных температурах: $250^{\circ}\text{C}=225\text{МПа}$, $300^{\circ}\text{C}=195\text{МПа}$, $350^{\circ}\text{C}=175\text{МПа}$, $400^{\circ}\text{C}=155\text{МПа}$.

1.3. Анализ существующей технологии, ее недостатки

На заводе штамповка патрубка осуществляется на молотах.

Рассмотрим подробнее данный метод.

Штамповка на молоте в каждом ручье штампа осуществляется не за один, а за несколько ударов.

Недостатки метода:

- Низкая стойкость штампов, в следствии работы с большими ударными нагрузками;
- Подсадка выступа нижнего штампа, из-за деформации под действием ударных нагрузок;
- Может разрушить штамп торцевой заусенец;
- Высокие давления в полости создают разгарные трещины;
- Ограниченность форм поковок, которые можно штамповать данным способом.

1.4. Цели и задачи работы

После анализа производства, в данной работе предложено изменить ее штамповку КГШП, так как используемая на заводе технология является устаревшей и не соответствует современным тенденциям производства.

Цель данной работы: усовершенствовать технологический процесс для повышения эффективности производства с учетом современных тенденций и требований к готовой продукции.

Задачи работы:

- выбрать способ штамповки

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| | | | | | | 9 |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | |

- обосновать выбор штамповки
- обосновать метод нагрева
- определить тип производства
- сконструировать заготовку «патрубок», получаемую на КГШП
- разработать технологический процесс получения штамповки.

1.5. Выбор способа штамповки поковки детали «патрубок»

Выбираем способ изготовления детали – объемная горячая штамповка. В заводской технологии –поковка на ГКМ.

Объемная штамповка - это штамповка изделий из сортового проката с обусловленным значительным перераспределением металла в поперечном сечении исходной заготовки. Если заготовку перед штамповкой нагревают до температурыковки - это горячая объемная штамповка (основной вид обработки металлов давлением (ОМД), которым изготавливают заготовки для ответственных деталей автомобилей, тракторов и пр.)

Штамповка в открытых штампах наиболее распространена и производится на различных машинах: молотах, кривошипных горячештамповочных прессах, гидравлических прессах, фрикционных прессах и т. д.

Штамповка в закрытых штампах производится обычно на ГКМ. Однако закрытые штампы применяются при штамповке на молотах и КГШП. Этот вид штамповки называют также безоблойной штамповкой.

Рассмотрим преимущества метода КГШП.

Штамповка на КГШП по сравнению со штамповкой на паровоздушных молотах имеет ряд преимуществ. Благодаря наличию выталкивателей в штампах КГШП штамповочные уклоны назначают примерно в два раза меньшими, чем на молотах. В отличие от молотовых штампов в штампах КГШП облойная канавка во избежание соударения вставок при холостом ходе делается открытой. Во вставках с глубокими замкнутыми полостями сверлят

| | | | | | | |
|-------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ Документа_</i> | <i>Подпись_</i> | <i>Дата</i> | | 10 |

отверстия $\text{Ø}1,2-1,5$ мм, предназначенные для выхода образующихся при сгорании смазки газов.

КГШП используют чаще, чем молоты. Преимущества и недостатки рассмотрены в таблице 1.

Таблица 1.1 – Преимущества и недостатки КГШП.

| Преимущества: | Недостатки: |
|---|---|
| – большой коэффициент использования материала за счет улучшенной конструкции штампов. | – нужно очищать от окалины перед штамповкой, в связи с тем что за один ход происходит деформация при равномерном нагружении |
| – нормирование труда как результат уменьшение шумовой нагрузки и вибрации и сотрясения почвы, а так же можно устанавливать КГШП в зданиях облегченной конструкции | – стоимость КГШП увеличивается в 3-4 раза при сопоставимых мощностях КГШП и молота |
| – возможности применения автоматических переключателей заготовок | – меньшая универсальность – из-за жесткого хода ползуна не применяют подкатку и протяжку заготовок |
| – высокая производительность, в связи с тем что деформация происходит за один ход | – нужно применения большего числа ручьев при получении поковок сложной формы из-за худшего заполнения глубоких полостей |
| – высокий КПД 6–8%, экономический (приведенный к энергии топлива) КПД прессы в 2–4 раза выше | – более сложные конструкции штампов и их регулирование |

Продолжение таблицы 1.1

| Преимущества: | Недостатки: |
|--|---|
| <p>– низкая себестоимости продукции из-за уменьшения количества расхода металла и эксплуатационной стоимости</p> | <p>– существует вероятность заклинивания, а так же поломки прессов на крайних нижних положениях ползуна, на вывод из которого затрачивается много времени</p> |
| <p>– высокая точности размеров на КГШП поковок связанная с постоянным ходом пресса и определенности нижнего положения ползуна, что уменьшает отклонения размеров поковок по высоте, и точность совпадения нижней и верхней частей штампа</p> | |

Можно сделать вывод, что, несмотря на ряд имеющихся недостатков, преимуществ КГШП для данного вида деталей намного больше, следовательно, выбираем штамповку на КГШП.

Согласно классификации процессов горячей объемной штамповки, выберем способ штамповки поковки «патрубков», представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Способ штамповки

| По виду | Примечание |
|-----------------------------------|--|
| оборудования | Применяется КГШП – наибольшая точность и экономичность, а так же большая производительность. |
| расположению исходной заготовки | Штампуются в торец, так как поковка по классификации относится ко 2 группе 1 подгруппе |
| конструктивному исполнению штампа | Универсальный способ это штамповка в открытом штампе. Он определяется перпендикулярным расположением поверхности разъема по отношению к направлению движения инструмента, что снижает погрешности. |

1.6. Обоснование метода нагрева заготовок

На технико-экономических показателях продукции отображается выбор метода нагрева. Для нагрева заготовок из различных сталей, цветных металлов и сплавов в интервале 800–1300⁰С применяют устройства электронагрева.

Исходя из этого выбираем индукционный нагрев, продолжительностью по времени 325 секунды, и частотой тока 500 Гц [2].

| | | | | | | |
|-------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ Документа_</i> | <i>Подпись_</i> | <i>Дата</i> | | 13 |

1.7. Определение типа производства

Наш технологический процесс изготовления детали увязан с организацией его выполнения, т.е. типом производства.

Основные признаки определяющие тип производства:

- широта номенклатуры;
- регулярность;
- стабильность;
- объем выпуска деталей [3].

В начале необходимо определить класс к которому относится деталь.

Класс 71 - детали тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.

Деталь имеет массу 1242,5 кг.

Таблица 1.3 - Ориентировочные данные для определения типа производства [3]:

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

Годовой выпуск деталей N составляет 1000 дет/год.

Согласно исходным данным, и таблицы 1.3 данное производство относится к среднесерийным.

Среднесерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска, чем при единичном типе производства.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 14 |

Объём партии определяется по следующей зависимости [3]:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} \quad (1.1)$$

- где N – годовой объём производства;
 t – количество дней на которое создаётся запас, равное 5 для среднесерийного производства при изготовлении мелких деталей (определяется по таблице 1.3);
 Φ – количество рабочих дней в году.

Таблица 1.3 - Запас деталей на складе [3]:

| Характеристика деталей | Производство | |
|------------------------|---------------|---------------------------------|
| | Мелкосерийное | Среднесерийное и крупносерийное |
| Мелкие | 10 | 5 |
| Средние | 5 | 3 |
| Тяжелые | 5 | 3 |

Тогда объём партии составит:

$$n = \frac{1000 \cdot 3}{260} = 12 \text{ шт.}$$

Принимаем $n=12$ штук.

2 . КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОКОВКИ ДЕТАЛИ «ПАТРУБОК»

2.1. Выбор поверхности разъема штампа

Поверхность разъема открытого штампа следует выбирать в виде плоскости или сочетания плоскостей и воздерживаться от криволинейной поверхности.

Необходимые условия при назначении поверхности разъема:

- поковка должна свободно удалять из верхней и нижней частей штампа;
- положение разъема должно исключить наличие поднутрений на боковых поверхностях у поковки;
- положение разъема должно устанавливаться и с учетом сокращения расхода металла за счет: наиболее выгодной ориентации поковки, взаимного расположения наружной и внутренней поверхности разъема;
- ручки ориентируются таким образом, чтобы их заполнение осуществлялось за счет осадки, а не выдавливания, при этом полости под тонкие и высокие ребра, бобышки и приливы рекомендуется располагать в верхней половине штампа;
- при выборе поверхности разъема следует учитывать возможность контроля сдвига между верхним и нижним штампами по внешнему виду поковки после обрезки заусенца;
- конфигурация линии разъема должна быть простой, чтобы не усложнять конструкцию обрезного инструмента.



Рисунок 2 – Схема плоскости разъема штампа

| | | | | | | | | | |
|------|------|--------------|----------|------|-------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 16 |
| Изм. | Лист | № Документа_ | Подпись_ | Дата | 15.03.01.2020.00000.ВКР | | | | |

2.2. Исходные данные для конструирования поковки

Конструирование поковки производится в соответствии ГОСТ 7505–89[3].

1. Наименование детали – «Патрубок».
2. Штамповочное оборудование – КГШП.
3. Нагрев заготовок – индукционный.
4. Материал – сталь 09Г2С (по ГОСТ 19281 - 2014).
5. Масса детали – 1242,5 кг.

2.3 Конструирование поковки

Исходный индекс для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по ГОСТ 7505-89.

Расчетная масса поковки определяется по формуле [3]:

$$M_{п.р} = M_{д} \cdot K_{р}, \quad (2.1)$$

где $M_{д}$ - масса детали, кг;

$K_{р}$ - расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с [3].

В нашем случае масса поковки имеет следующее значение:

$$M_{п.р} = 1242,5 \cdot 1,7 = 2112,25 \text{ кг}$$

Следовательно для данного метода поковки применяем класс точности Т4.

При назначении группы стали, определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni). В соответствии с [3] можно принять для рассматриваемой стали группу М1.

Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы $G_{п}$ поковки к массе геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 17 |

При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение её обработанных поверхностей.

Рассчитаем массу описывающей фигуры [3]:

$$G_{\Pi} = 1,05 \cdot \rho \cdot V_{\Pi} \cdot 10^{-6}, \quad (2.2)$$

где ρ – плотность стали, кг/м³;

V_{Π} – объём цилиндра, мм³;

$$V_{\Pi} = \frac{\pi}{4} (D_{\phi}^2 \cdot L_{\phi}) \quad (2.3)$$

где D_{ϕ} – диаметральный размер описываемого цилиндра, мм;

L_{ϕ} – линейный размер описываемого цилиндра, мм;

$$V_{\Pi} = \frac{3,14}{4} (1635^2 \cdot 549,5) = 1\,153\,115\,652,9375 \text{ мм}^3$$

$$G_{\Pi} = 1,05 \cdot 7,8 \cdot 1\,153\,115\,652,9375 \cdot 10^{-6} = 9444 \text{ кг}$$

Соотношение массы поковки и массы описывающей фигуры будет иметь следующее значение: $G_{\phi} / G_{\Pi} = 2112,25 / 9444 = 0,22$.

В соответствии с полученными параметрами по таблице [3] можно принять степень сложности поковки С1.

Исходный индекс по известным параметрам по таблице [3] принимаем равным 15.

2.4. Назначение припусков

По определенному ранее исходному индексу и шероховатости поверхностей детали определяем припуски на поверхности исходной заготовки.

Полученные результаты показаны в табл. 2.1

Таблица 2.1– Основные припуски поковки

| Толщина, | Диаметр, | Шероховатость | Припуск на |
|----------|----------|---------------|------------|
|----------|----------|---------------|------------|

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| | | | | | | 18 |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | |

| мм | высота, мм | Ra, мкм | сторону Z, мм |
|-------|------------|---------|---------------|
| 549,5 | X | 6,3 | 3,5 |
| | | 6,3 | 3,5 |
| 125 | X | 6,3 | 3,5 |
| | | 6,3 | 3,0 |
| X | Ø996 | 6,3 | 3,5 |
| X | Ø1140 | 6,3 | 3,8 |
| X | Ø1265 | 6,3 | 3,8 |
| X | Ø1635 | 6,3 | 4,3 |

В зависимости от массы и класса точности поковки назначаем дополнительные припуски на поверхности заготовки.

Дополнительный припуск, учитывающий смещение по поверхности разъема штампа 1,8 мм [3].

Отклонение от плоскостности 0,5 мм [3].

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Общий припуск и размеры исходной заготовки, мм

| Размер детали | Припуск на сторону | | | Размер на заготовке |
|---------------|--------------------|----------------|-------|---------------------|
| | Основной | Дополнительный | Общий | |
| 549,5 | 3,5 | 0,5 | 4,0 | 557,5 |
| | 3,5 | 0,5 | 4,0 | |
| 125 | 3,5 | 0,5 | 4,0 | 132 |
| | 3,0 | 0,5 | 3,5 | |
| Ø996 | 3,5 | 1,8 | 5,3 | Ø985,5 |
| Ø1140 | 3,8 | 1,8 | 5,3 | Ø1150,5 |
| Ø1265 | 3,8 | 1,8 | 5,3 | Ø1275,5 |
| Ø1635 | 4,3 | 1,8 | 6,1 | Ø1647 |

2.5. Размеры поковки и их допускаемые отклонения

Допуск – это отклонение размера поковки от номинального, обусловлено неточностью изготовления, недоштамповкой, износом ручья штампа. Допуск зависит от массы поковки, степени ее точности, группы стали и размерам поверхности [3].

Результаты выбора допусков записаны в табл. 2.3.

Неуказанные допуски радиусов закругления – 10,0 мм [3].

| | | | | | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 19 |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | | | | | |

15.03.01.2020.00000.ВКР

Допускаемая величина остаточного облоя – 1,6 мм [3].

Допускаемая величина высоты заусенца на поковке по контуру обрезки облоя не должна превышать 6 мм [3].

Таблица 2.3 - Допуски, предельные отклонения и размеры исходной заготовки, мм

| Расчетный размер | Допуск | Отклонение | | Размер |
|------------------|--------|------------|--------|---|
| | | Верхнее | Нижнее | |
| 557,5 | 5,0 | +3,3 | -1,7 | 557,5 ^{+3,3} _{-1,7} |
| 132 | 4,0 | +2,7 | -1,3 | 132 ^{+2,7} _{-1,3} |
| Ø985 | 5,6 | +3,7 | -1,9 | Ø985 ^{+1,9} _{-3,7} |
| Ø1150,5 | 6,3 | +4,2 | -2,1 | Ø1150,5 ^{+4,2} _{-2,1} |
| Ø1254,5 | 7,1 | +4,7 | -2,4 | Ø1254,5 ^{+2,4} _{-4,7} |
| Ø1647 | 7,1 | +4,7 | -2,4 | Ø1647 ^{+4,7} _{-2,4} |

Примечание: при окончательной записи допусков отверстий, отклонения переворачиваем, чтобы большая величина предельного отклонения находилась со стороны корки заготовки.

2.6. Кузнечные напуски

Напуск – увеличение припуска в целях упрощения конфигурации поковки из-за невозможности или нерентабельности ее изготовления с контуром, соответствующим контуру готовой детали.

К кузнечным напускам относят напуски на заранее невыполнимые элементы (зубчатый венец, проточки), штамповочные уклоны, внутренние радиусы закруглений и перемычки отверстий [4].

Для того чтобы определить возможна ли прошивка сквозного отверстия назначается напуск на центральное отверстие. Предварительно определяется минимальный возможный диаметр прошивного отверстия[4]:

$$D_{\min} = 24 + 0,0625 \cdot D_{\Pi} \quad (2.4)$$

где D_{Π} – диаметр поковки.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 20 |

$$D_{\min} = 24 + 0,0625 \cdot 1647 = 126,9 \text{ мм}$$

Принимаем $D_{\text{отв}} = 985 \text{ мм}$

Рассчитаем толщину перемычки.

Высота перемычки сверху h находится по приближенной формуле [4]:

$$h \leq 0,5H \quad (2.5)$$

Подставим известные величины и найдем h и S [4]:

$$h = 0,5 \cdot 557,5 = 278,75 \text{ мм}$$

Выбираем плоскую перемычку, ее толщину S можно определить по формуле [4]:

$$S = 0,5 \cdot \sqrt{d_{\text{осн}} + \frac{h}{4} - 5} + \sqrt{h} \quad (2.6)$$

где $d_{\text{осн}} = 985 \text{ мм}$ – диаметр основания,

$$h = 278,75 \text{ мм}$$

$$S = 0,5 \cdot \sqrt{985 + \frac{278,75}{4} - 5} + \sqrt{278,75} = 33 \text{ мм}$$

По расчётам получаем таблицу 2.4 расчет напусков.

Таблица 2.4 – Расчет напусков

| Обозначение, размерность | Число |
|--------------------------|--------|
| d , мм | 985 |
| S , мм | 33 |
| H , мм | 557,5 |
| h , мм | 278,75 |

Схема перемычки с обозначением всех размеров приведена на рисунке 3.

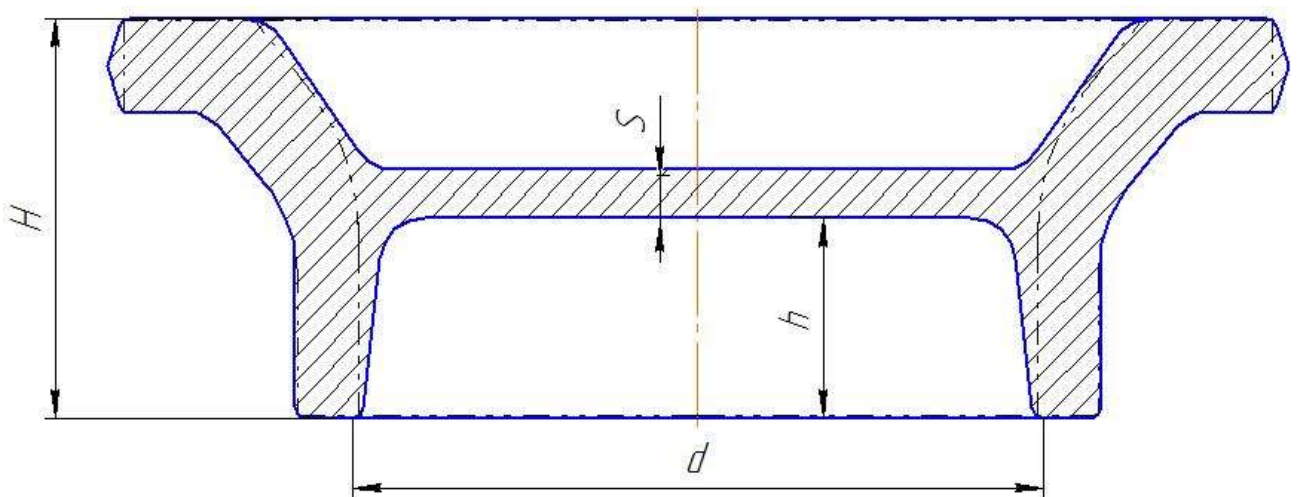


Рисунок 3 – Схема перемышки

Штамповочные уклоны назначают на все поверхности детали, располагающиеся параллельно движению инструмента.

Согласно ГОСТ 7505–89 устанавливаются минимальные радиусы закругления наружных углов для поковок, в зависимости от массы поковки и глубины полости. Радиусы выбирают по таблице при дополнительном учете относительных размеров полости ручья [5].

Примем следующие параметры радиусов с учетом глубины элементов полости ручья и предполагаемого характера течения:

$$R=4,0 \text{ мм.}$$

Внутренние радиусы закруглений примерно в три раза больше соответствующих наружных радиусов, $r \approx (3 \div 4)R$, где $R = 4 \text{ мм}$

$$r = 4 \cdot 4 = 16 \text{ мм}$$

Внутренние радиусы закругления принимаются $R=9 \text{ мм}$.

2.7. Разработка чертежа поковки

Согласно по ГОСТ 3.1126–88 разработаем чертеж поковки.

Рекомендовано чертеж поковки составлять в масштабе 1:1, и изображается он в положении штамповки. Контуры готовой детали на чертеже поковки необходимо вычерчивать штрихпунктирной линией с двумя точками

| | | | | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 22 |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | | | | |


15.03.01.2020.00000.ВКР

или сплошной тонкой линией, наглядно показывающей припусков и напусков [7].

Необходимо указать базы механической обработки и от них поставить размеры с допусками.

В соответствии с ГОСТ 8479–70 [8] чертеж поковки должен быть снабжен техническими требованиями на приемку поковок, регламентирующими отношения между потребителем и изготовителем.

Технические требования к поковке:

1. Поковка разработана по ГОСТ 7505–89.
2. Группа стали М1.
3. Степень сложности С1.
4. Класс точности Т4.
5. Исходный индекс 15.
6. Неуказанные радиусы закруглений 10 мм.
7. Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа 1,8 мм.
8. Допускаемое отклонение от concentричности пробитого отверстия 1 мм.
9. Допускаемый заусенец после обрезки облоя до 5 мм.
10. Термическая обработка – нормализация.
11. Группа Ш НВ 170...228 ГОСТ 8479–70.
12. Очистка поверхности от окалины дробью.
13. В [] размеры механически обработанной детали.
14. * – размеры обеспечиваются инструментом.
15.  – база первичной механической обработки.

Чертеж поковки должен содержать все данные для изготовления, контроля и приемки.

Эскиз поковки представлен на рисунке 4.

| | | | | | | |
|------|------|--------------|----------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа_ | Подпись_ | Дата | | 23 |

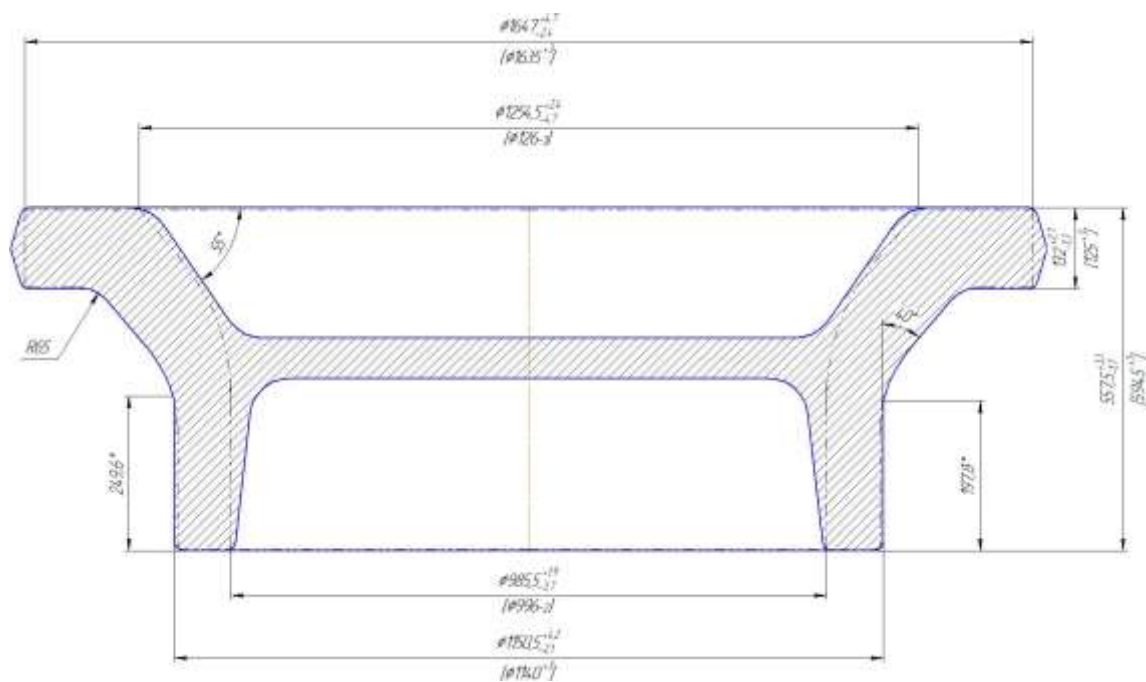


Рисунок 4 – Эскиз поковки

| | | | | |
|------|------|--------------|----------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № Документа_ | Подпись_ | Дата |

15.03.01.2020.00000.ВКР

Лист

24

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ

3.1. Определение размеров исходной заготовки

Размеры исходной заготовки рассчитываются с учетом увеличения размеров поковки на половину положительного отклонения на наружные размеры и половину отрицательного отклонения на внутренние размеры.

Объем исходной заготовки рассчитывается по формуле [9]:

$$V_{заг} = V_n + V_{обл} + V_{уг} + V_{пер} \quad (3.1)$$

где V_n - объем поковки, $V_n = 226\,114\,649,68 \text{ мм}^3$;

$V_{пер}$ - объем перемычки, $V_{пер} = 25\,133\,678,625 \text{ мм}^3$;

$V_{обл}$ - объем облоя;

$V_{уг}$ - потери на угар, составляют (2-3)% от объема заготовки.

Толщину облоя на мостике рекомендуется определять от формы поковки в плане, тогда, для круглых поковок диаметром D_n [9, стр. 65, ф.10]:

$$h_0 = 0,015 \cdot D_n \quad (3.2)$$

$$h_0 = 0,015 \cdot 1647 = 24,7 \text{ мм}$$

По рекомендации [4, стр. 65, табл. 7] принимаем $h_0 = 25 \text{ мм}$.

При штамповке объем облоя в открытых штампах на КГШП находится:

$$V_{обл} = S_0 \cdot P_n \quad (3.3)$$

где P_n - периметр поковки по линии разъема;

$$P_n = \pi \cdot D_n \quad (3.4)$$

где D_n - диаметр поковки, принимается $D_n = 1647 \text{ мм}$.

$$P_n = 3,14 \cdot 1647 = 5171,58 \text{ мм}$$

S_0 - средняя площадь поперечного сечения облоя;

$$S_0 = \xi \cdot S_{об.к} \quad (3.5)$$

где ξ - коэффициент, учитывающий степень заполнения облойной канавки, принимается по [10, с. 67, табл. 8] $\xi = 0,8$;

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 25 |

$S_{об.к.}$ – площадь поперечного сечения облойной канавки, $S_{об.к.} = 7,68\text{см}^2$.

$$S_0 = 0,8 \cdot 7,68 = 6,144 = 614,4 \text{ мм}^2$$

Объем облоя по формуле [9, стр. ф. 11] равен:

$$V_{обл} = 614,4 \cdot 5171,58 = 3\,177\,418,752 \text{ мм}^3$$

Масса облоя равна:

$$M_{обл} = V_{обл} \cdot \rho = 3\,177\,418,752 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 24,94 \text{ кг}$$

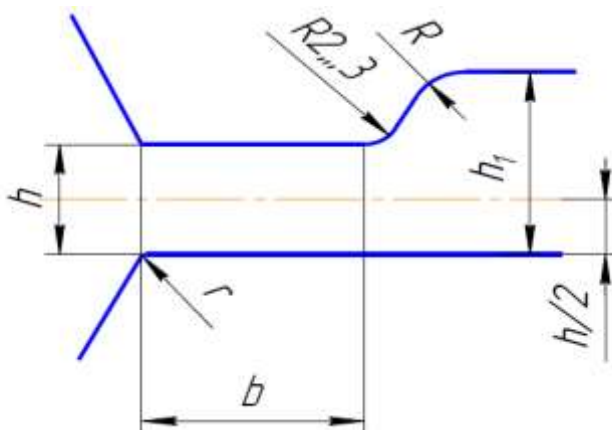


Рисунок 5 - Схема облойной канавки

Таблица 3.1 - Параметры облойной канавки для штамповки выдавливанием поковок несложной формы[19]

| h_0 , мм | h_1 , мм | R , мм | b , мм | b_1 , мм | $S_{об.к.}$, см^2 |
|------------|------------|----------|----------|------------|-----------------------------|
| 25 | 12 | 4 | 15 | 40 | 7,86 |

Потери металла при нагреве в методической печи на угар составляет примерно 3%. Его определяют по формуле [9]:

$$V_{уг} = (V_{\Pi} + V_{пер} + V_{обл}) \cdot 0,03 \quad (3.6)$$

Объем металла на угар равен:

$$V_{уг} = (226\,114\,649,68 + 25\,133\,678,625 + 3\,177\,418,752) \cdot 0,03 = 7\,632\,772,41171 \text{ мм}^3$$

Объем исходной заготовки равен[9]:

$$\begin{aligned} V_{заг} &= 226\,114\,649,68 + 25\,133\,678,625 + 3\,177\,418,752 + 7\,632\,772,41 \\ &= 262\,058\,519,467 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

Масса исходной заготовки рассчитывается по формуле[9]:

$$M_{заг} = V_{заг} \cdot \rho \quad (3.7)$$

где ρ - плотность стали, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

Масса исходной заготовки равна:

$$M_{\text{заг}} = 262\,058\,519,467 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 2057,16 \text{ кг}$$

Диаметр исходной заготовки определяется по формуле:

$$D_{\text{заг}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{\text{заг}}}{m}} \quad (3.8)$$

где m - коэффициент, равный 1,5 - 2,8; чтобы обеспечить устойчивость и облегчить отрезку заготовки, принимают $m=2.5$

Диаметр исходной заготовки равен:

$$D_{\text{заг}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{262\,058\,519,467}{2,5}} = 509 \text{ мм}$$

Принимаем по ГОСТ 2590-2006 [15, стр. 76, табл. 13] обычной точности диаметр прутка: $\phi 510^{+2}_{-4}$ мм.

Длина исходной заготовки определяется по формуле:

$$L_{\text{заг}} = \frac{V_{\text{заг}}}{S_{\text{заг}}} \quad (3.9)$$

где $S_{\text{заг}}$ - площадь поперечного сечения заготовки.

$$S_{\text{заг}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 510^2}{4} = 204\,178,5 \text{ мм}^2$$

Длина исходной заготовки равна:

$$L_{\text{заг}} = \frac{262\,058\,519,467}{204\,178,5} = 1283,5 \text{ мм}$$

Принимаем $L_{\text{заг}} = 1285 \text{ мм}$

После этого выбираем по [2, стр.76, табл.13] сортовой горячекатаный прокат $\phi 510$ мм немереной длины обычной точности $\phi 510^{+2}_{-4}$ мм по ГОСТ 2590-2006 из стали 09Г2С, интервальной длины (от 2 до 6 метров).

Круг $\frac{510 \text{ ГОСТ } 2590 - 2006}{09\text{Г}2\text{С} \text{ ГОСТ } 4543 - 2016}$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 27 |

Исходный материал транспортируют на участок резки сортового проката на заготовки. Там производят контроль прутков: проверяют диаметр 510 мм и длину исходной заготовки 1285 мм.

Все дефекты на поверхности сортового проката должны быть удалены перед дальнейшей обработкой.

3.2. Отрезка заготовки

Операция «отрезка» требуется для разделения метла на заготовки, так же является самой распространенной в металлообрабатывающем производстве.

Отрезка будет производиться на ленточнопильном станке JET HBS-2

Таблица 3.2 - Технические характеристики автоматического ленточнопильного станка JET HBS-2224AF

| | |
|----------------------------------|----------------------|
| Напряжение, В | 400 |
| Макс. Ø обработки при 90° | Ø560 мм |
| Зона обработки при 90° | Ø560 мм, □560x600 мм |
| Пакетная резка | 230÷400x 120÷270 |
| Скорость движения полотна, м/мин | 35-85 |
| Минимальная длина реза | 10 мм |
| Размеры ленточного полотна | 54 x 1,6 x 6600 мм |
| Объем гидравлического бака | 130 л |
| Объем бака СОЖ, л | 140 |
| Высота стола, мм | 810 |
| Мощность двигателя, кВт | 7,5 |
| Габариты, мм | 3270x2195x2280 |
| Масса, кг | 4500 |

3.3. Определение коэффициента раскроя и нормы расхода металла

Норма расхода металла на поковки, изготавливаемые из металлопроката унифицированной длины, рассчитывается по формуле [11]:

$$N = \frac{M_{\text{прок}}}{n_{\text{д}}} \quad (3.10)$$

где $M_{\text{прок}}$ - масса прокатанного прутка;

$n_{\text{д}}$ - число изделий (поковок), получаемых в результате раскроя.

Число поковок получаемых из проката рассчитывается по формуле [11]:

$$n_{\text{д}} = \frac{L_{\text{п}}}{L_{\text{заг}}} \quad (3.11)$$

где $L_{\text{п}}$ - полезная длина проката, мм;

$L_{\text{заг}}$ - длина заготовки, $L_{\text{заг}} = 1285$ мм.

Полезная длина проката определяется по формуле [11]:

$$L_{\text{п}} = L_{\text{р}} - l_{\text{обр}} - l_{\text{н}} - l_{\text{ок}} \quad (3.12)$$

где $L_{\text{р}}$ - расчетная длина проката, мм.

При диаметре проката более 70 мм $l_{\text{обр}} = 0$, т.е. торец проката не обрезают.

$l_{\text{н}}$ - длина некрайности,

$$l_{\text{н}} = 0,5 \cdot L_{\text{заг}} \quad (3.13)$$

$$l_{\text{н}} = 0,5 \cdot 1285 = 642,5 \text{ мм}$$

$l_{\text{ок}}$ - длина опорного конца,

$$l_{\text{ок}} = (1,8 - 1,0) \cdot D_{\text{заг}} \quad (3.14)$$

$$l_{\text{ок}} = (1,8 - 1,0) \cdot 510 = 408 \text{ мм}$$

$l_{\text{отх}}$ - длина отхода.

Длину отхода рассчитаем по формуле:

$$l_{\text{отх}} = (l_{\text{заг}} + 0,5 \cdot D_{\text{заг}}) / 2 \quad (3.15)$$

где $l_{\text{заг}}$ - длина заготовки, $L_{\text{заг}} = 1285$ мм,

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| | | | | | | 29 |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | |

$$l_{отх} = \frac{(1285 + 0,5 \cdot 510)}{2} = 770 \text{ мм}$$

Расчетная длина проката определяется по формуле [11, стр. 211]:

$$L_{рас} = \frac{L_д + L_м}{2 + К} \quad (3.16)$$

где $L_д$ - наибольшая длина немерного проката;

$L_м$ - наименьшая длина немерного проката;

$К$ - коэффициент, учитывающий влияние укороченных штанг в партии[11]:

$$К = \frac{\Pi}{100} \cdot \frac{L_д - L_{ук}}{L_м + L_{ук}} \quad (3.17)$$

где $L_{ук}$ - укороченная длина;

Π - процент укороченных (маломерных) штанг длиной не меньше $L_{ук}$.

По ГОСТ 2590-88 [8, стр. 77, табл. 13]:

$L_д = 6$ м - пункт 5;

$L_м = 2$ м - пункт 5;

$L_{ук} = 1$ м - пункт 10;

$\Pi = 10\%$ - пункт 10.

$$К = \frac{10}{100} \cdot \frac{6 - 1}{2 + 1} = 0,17$$

Расчетная длина прутка равна:

$$L_{рас} = \frac{6 + 2}{2 + 0,17} = 3,69 \text{ м}$$

округлим $L_p = 3750$ мм.

Полезная длина прутка равна:

$$L_{\Pi} = 3750 - 642,5 - 408 = 2699,5 \text{ мм}$$

Число поковок получаемых из прутка:

$$n_д = \frac{2699,5}{1285} = 2,1$$

Округлим $n_д = 2$ шт.

Масса проката рассчитывается по формуле[11]:

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 30 |

$$M = V_{\text{пр}} \cdot \rho \quad (3.18)$$

где ρ - плотность стали, $\rho=7,85 \text{ г/см}^3$;

$V_{\text{пр}}$ - объем прутка,

$$V_{\text{пр}} = S_{\text{пр}} \cdot L_{\text{р}} \quad (3.18)$$

где $L_{\text{р}}$ - расчетная длина проката, $L_{\text{р}}=3750 \text{ мм}$;

$S_{\text{пр}}$ - площадь поперечного сечения прутка, $S_{\text{пр}} = 204178,5 \text{ мм}^2$

Объем прутка равен:

$$V_{\text{пр}} = 204\,178,5 \cdot 3750 = 765\,669\,375 \text{ мм}^3$$

Масса проката равна:

$$M = 765\,669\,375 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 6010,5 \text{ кг}$$

Норма расхода металла на одно изделие (поковку) равна:

$$N = \frac{6010,5}{2} = 3005,25 \text{ кг}$$

Коэффициент использования металла[11]:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{N} \quad (3.19)$$

где $M_{\text{дет}}$ - масса детали, $M_{\text{дет}} = 1242,5 \text{ кг}$;

N - норма расхода металла, $N = 3005,25 \text{ кг}$.

$$K_{\text{им}} = \frac{1242,5}{3005,25} = 0,41 = 41\%$$

Коэффициент раскроя[11]:

$$K_{\text{р}} = \frac{M_{\text{заг}}}{N} \quad (3.20)$$

где $M_{\text{заг}}$ - масса заготовки, $M_{\text{заг}} = 2057,16 \text{ кг}$;

N - норма расхода металла, $N = 3005,25 \text{ кг}$.

$$K_{\text{р}} = \frac{2057,16}{3005,25} = 0,68 = 68\%$$

Коэффициент точности заготовки[11]:

$$K_{\text{заг}} = \frac{M_{\text{пок}}}{M_{\text{заг}}} \quad (3.21)$$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| | | | | | | 31 |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | |

где $M_{\text{пок}}$ - масса поковки, $M_{\text{пок}} = 1775$ кг;

$M_{\text{заг}}$ - масса заготовки, $M_{\text{заг}} = 2057,16$ кг.

$$K_{\text{заг}} = \frac{1775}{2057,16} = 0,86 = 86\%$$

Коэффициент точности поковки[11]:

$$K_{\text{пок}} = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{пок}}} \quad (3.22)$$

где $M_{\text{дет}}$ - масса детали, $M_{\text{дет}} = 1242,5$ кг;

$M_{\text{пок}}$ - масса поковки, $M_{\text{пок}} = 1775$ кг.

$$K_{\text{пок}} = \frac{1242,5}{1775} = 0,7 = 70\%$$

По расчетам получаем:

- полезная длина проката 2699,5 мм;
- число поковок 2 шт.;
- объем прутка 765 669 375 мм³;
- масса проката 6010,5 кг;
- коэффициент точности поковки 70%.

Баланс металла:

1. Масса детали – 1242,5 кг.
2. Масса заготовки – 2057,16 кг (100%).
3. Масса поковки (без перемычки) – 1775 кг (86,3%).
4. Масса облоя – 24,94 кг (1,2%).
5. Масса угара – 59,53 кг (2,9%).
6. Масса перемычки – 197,3 кг (9,6%).
7. Норма расхода металла – 3005,25 кг.

3.4. Выбор операций и переходов

Технологический маршрут обработки [2]:

1. Нагрев заготовки;
2. Штамповка;

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 32 |

3. Обрезка облоя с одновременной пробивкой отверстия;
4. Термообработка;
5. Очистка;
6. Контроль поковок.

Данная поковка по классификации относится ко 2 группе 1 подгруппе и может быть получена за 2 операции штамповки:

1. Штамповка (за 3 перехода);
2. Совмещенная штамповка (обрезка облоя с одновременной пробивкой отверстия).

Штамповка будет производиться в торец. При этом, учитывая, что поковка не сложной конфигурации рекомендуются следующие переходы [16, стр. 77]:

- осадка;
- предварительная штамповка;
- окончательная штамповка в открытом штампе на КГШП.

3.5. Температурный режим штамповки

Рекомендуемый температурный интервал штамповки у стали 09Г2С: максимальная температура нагрева перед штамповкой - 1250⁰С, минимальная температура окончания штамповки - 850⁰С, [12, табл. 2, стр. 99].

Для нагрева заготовок под штамповку будем использовать методическую толкательную печь.

Контроль температуры нагрева будем осуществлять с помощью стационарных термопар, установленных в стенке печи, а также с помощью ручного инфракрасного измерителя температуры Термоскоп-100 СТ СР.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|--------------------|----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ Документа</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 33 |

3.6. Определение размеров осаженой заготовки

Осадка производится с целью приблизить размеры исходной заготовки к размерам поковки и тем самым снизить работу деформации в окончательном ручье и повысить его стойкость. При операции осадки сбивается окалина, образующаяся при нагреве заготовки.

$$D_1 = \frac{D_{\text{п}} + D_{\text{заг}}}{2} \quad (3.23)$$

где $D_{\text{п}}$ - диаметр поковки, $D_{\text{п}} = 1647$ мм,

$D_{\text{заг}}$ - диаметр заготовки, $D_{\text{заг}} = 510$ мм.

$$D_1 = \frac{1647 + 510}{2} = 1078,5 \text{ мм}$$

Принимаем $D_1 = 1078$ мм.

Тогда высота осаженой заготовки:

$$H_1 = \frac{4 \cdot M_{\text{заг}}}{\pi \cdot D_1^2 \cdot \rho} \quad (3.24)$$

где $M_{\text{заг}}$ - масса заготовки, $M_{\text{заг}} = 2057,16$ кг;

ρ - плотность стали, $\rho = 7,85$ г/см³.

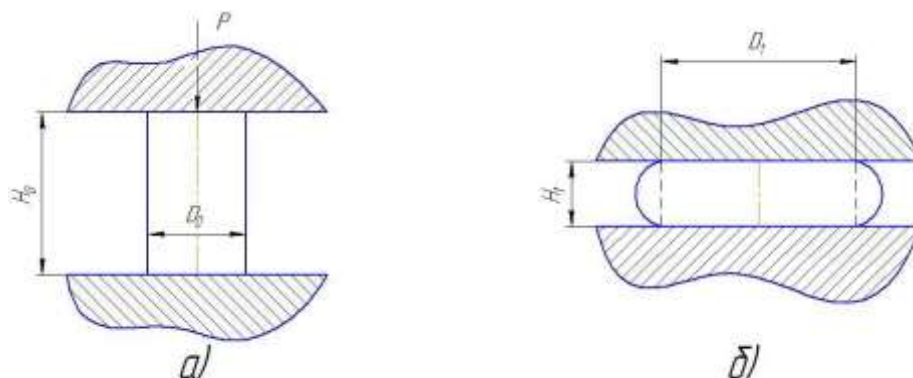


Рисунок 6 - Схема операции осадки:

а) заготовка до осадки; б) заготовка после осадки

$$H_1 = \frac{4 \cdot 3005,25}{3,14 \cdot 1078^2 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6}} = 587,3 \text{ мм}$$

Принимаем $H_1 = 587$ мм.

Рассчитаем площадь поперечного сечения поковки после осадки:

$$S = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \quad (3.25)$$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 34 |

$$S = \frac{3.14 \cdot 1078^2}{4} = 912\,235,94 \text{ мм}^2$$

По расчетам получаем:

- высоту осажённой заготовки 587,3 мм;
- площадь поперечного сечения поковки после осадки 912 235,94 мм².

После осадки на высоту 287 мм, заготовку передают в черновой ручей штампа.

3.7. Расчет усилия штамповки

Операция штамповки происходит при $t = 1000$ °С. Усилие штамповки в открытых штампах для круглых поковок вычисляется по формуле [11]:

$$P = \sigma_T \left\{ \left(1,5 + \mu_0 \cdot \frac{b}{h_0} \right) F_0 + \left(2 \cdot \mu \cdot \frac{b}{h_0} - 0,375 + 1,25 \ln \frac{d}{h_0} \right) F_n \right\} \quad (3.26)$$

где σ_T – предел текучести металла при температуре штамповки, МПа;

μ_0 – коэффициент внешнего трения (на мостике облоя); в расчете принимается его максимальное значение, равное 0,5;

b, h_0 – ширина и толщина мостика облоя, мм;

F_0 – площадь проекции мостика облоя, мм²;

d – диаметр поковки, мм;

F_n – площадь проекции поковки на плоскость разъема, мм²;

Предел текучести металла принимают приблизительно равным временному сопротивлению растяжению при соответствующих температуре и скорости деформации.

$$\sigma_T = \sigma_B \cdot \omega \quad (3.27)$$

где ω – скоростной коэффициент, $\omega = 2,2$, т.к. $t_d / t_{пл}$ более 0,7, $\varepsilon / \varepsilon_0 \leq 1000$ [4, стр. 149].

$$\sigma_T = 25 \cdot 2,2 = 55 \text{ МПа}$$

Площадь проекции мостика облоя находится по формуле [12]:

$$F_0 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_H^2 - d_R^2) \quad (3.28)$$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 35 |

где d_n - наружный диаметр мостика облоя,
 d_v - внутренний диаметр мостика облоя.

$$F_o = \frac{3,14}{4} \cdot (985,5^2 - 892^2) = 137\,803,81 \text{ мм}^2$$

$$F_{\Pi} = \frac{\pi \cdot d_{\Pi}^2}{4} \quad (3.29)$$

$$F_{\Pi} = \frac{3,14 \cdot 892^2}{4} = 624\,596,24 \text{ мм}^2$$

$$P = 55 \left\{ \left(1,5 + 0,5 \cdot \frac{15}{10} \right) \cdot 137\,803,81 + \left(2 \cdot 0,5 \cdot \frac{15}{10} - 0,375 + 1,25 \ln \frac{892}{10} \right) 624\,596,24 \right\} = 132\,671,7 \text{ кН}$$

$$P = 1,2 \cdot P_{\text{рас}} = 1,2 \cdot 132\,671,7 = 159\,206 \text{ кН}$$

По расчетам получаем:

- площадь проекции мостика облоя 137 803,81 мм²;
- площадь проекции поковки на плоскость разъема 624 596,24 мм²;
- усилие штамповки 159 206 кН.

Выбираем модель КГШП К8052 усилием 16500 тс

Таблица 3.3 - Технические характеристики К8052

| | |
|---|-------|
| Номинальное усилие, тс | 16500 |
| Ход ползуна, мм | 600 |
| Число непрерывных ходов, мин ⁻¹ | 32 |
| Число одиночных включений, мин ⁻¹ | 5 |
| Штамповая высота, мм | 2100 |
| Регулировка, мм | 20 |
| Размеры стола, мм | 2500 |
| слева направо | 3500 |
| спереди назад | |
| Размеры ползуна, мм | 2650 |
| слева направо | 3450 |
| спереди назад | |
| Мощность электродвигателя главного привода, кВт | 800 |
| Габариты прессы, мм | 11000 |
| слева направо | 8500 |
| спереди назад | 12700 |
| высота над уровнем пола | |



Рисунок 7 - Общий вид пресса

3.8. Технологическая смазка

Будем использовать маслографитную смазку: 60% индустриального масла ГОСТ 20799-88; 40% графита ГОСТ 8295-73. Технологический смазочный материал наносится на рабочие поверхности инструмента.

3.9. Расчет усилия обрезки облоя и прошивки перемычки

Обрезка облоя и пробивка перемычки производится в горячем состоянии при $t=850^{\circ}\text{C}$ в обрезном штампе.

Рассчитаем усилие обрезки облоя [9, стр. 482]:

$$P_{\text{обл}} = (1,5 \div 1,8) \cdot 10^{-6} \cdot S \cdot t_0 \cdot \sigma_{\text{в}} \quad (3.30)$$

где S - периметр среза облоя;

t_0 - действительная толщина среза облоя;

$\sigma_{\text{в}}$ - предел прочности при температуре обрезки, $\sigma_{\text{в}} = 115 \text{ МПа}$

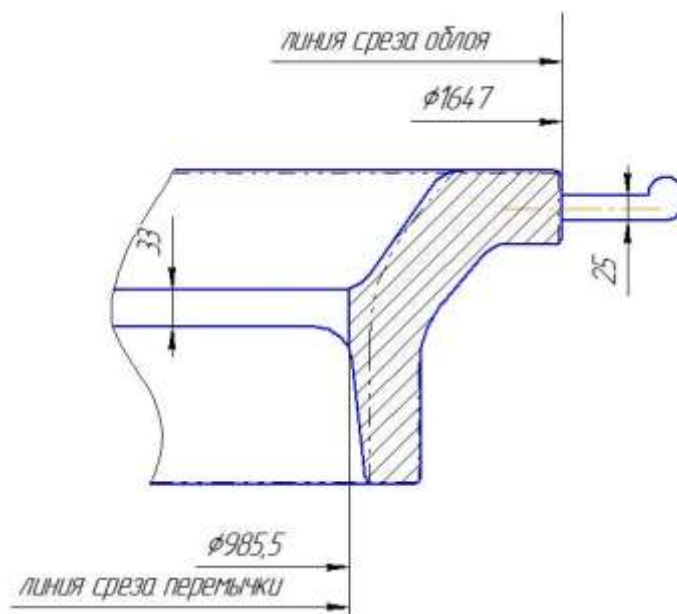


Рисунок 8 - Эскиз перемычки и облойной канавки

Периметр среза облоя рассчитывается[9]:

$$S = \pi \cdot D_{\text{обл}} \quad (3.31)$$

где $D_{\text{обл}}$ - диаметр среза облоя, $D_{\text{обл}} = 1647$ мм.

Периметр среза облоя равен:

$$S = 3,14 \cdot 1647 = 5\,171,58 \text{ мм}$$

Рассчитаем действительную толщину среза [9, стр. 482]:

$$t_0 = z + n \quad (3.32)$$

где n - возможная недоштамповка, которую принимают равной положительному допуску на размер поковки по высоте; $n = 5$ мм;

z - толщина среза облоя, определяется графически по линии среза облоя, $z = 20$ мм.

Действительная толщина среза облоя равна:

$$t_0 = 20 + 5 = 25 \text{ мм}$$

Необходимое усилие обрезки облоя равно:

$$P_{\text{обл}} = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 5\,171,58 \cdot 25 \cdot 115 = 22,3 \text{ МН}$$

Рассчитаем усилие пробивки перемычки [4, стр. 482]:

| | | | | | | |
|------|------|--------------|----------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа_ | Подпись_ | Дата | | 38 |

$$P_{\text{пер}} = (1,5 \div 1,8) \cdot 10^{-6} \cdot S \cdot t_{\text{п}} \cdot \sigma_{\text{в}} \quad (3.33)$$

где S - периметр перемычки;

$t_{\text{п}}$ - действительная толщина среза перемычки;

$\sigma_{\text{в}}$ - предел прочности при температуре обрезки, $\sigma_{\text{в}} = 115$ МПа

Периметр среза перемычки рассчитывается[9]:

$$S = \pi \cdot D_{\text{пер}} \quad (3.34)$$

где $D_{\text{пер}}$ - диаметр среза перемычки, $D_{\text{пер}} = 985,5$ мм.

Периметр среза перемычки равен:

$$S = 3,14 \cdot 985,5 = 3094,47 \text{ мм}$$

Рассчитаем действительную толщину среза [9, стр. 482]:

$$t_{\text{п}} = z' + n + u \quad (3.35)$$

где n - возможная недоштамповка, которую принимают равной положительному допуску на размер поковки по высоте; $n = 5$ мм;

z' - толщина среза перемычки, определяется графически по линии среза перемычки, $z' = 33$ мм.

u - износ выступа под наметку в штампе, принимают равным $u = 2-5$ мм.

Действительная толщина среза перемычки равна:

$$t_{\text{п}} = 33 + 5 + 5 = 43 \text{ мм}$$

Необходимое усилие пробивки перемычки равно:

$$P_{\text{пер}} = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 3094,47 \cdot 43 \cdot 115 = 22,8 \text{ МН}$$

Обрезка облоя и пробивка перемычки производится одновременно.

Рассчитаем общее усилия для обрезки облоя и пробивки перемычки[9]:

$$P = P_{\text{обл}} + P_{\text{пер}} \quad (3.36)$$

$$P = 22,3 + 22,8 = 45,1 \text{ МН}$$

По расчетам получаем:

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | | 39 |

- периметр среза облоя 5 171,58 мм;
- усилие обрезки облоя 22,3 МПа;
- усилие пробивки перемычки 22,8 МН.

По найденному усилию выбирается кривошипный закрытый пресс простого действия КБ3537 с усилием 5000 кН

3.10. Термическая обработка поковки

Термическая обработка требуется для снятия остаточных напряжений после штамповки, улучшения обрабатываемости резанием, подготовки структуры стали к последующей термической обработке и получение требуемых технологических и механических свойств.

Термической обработкой поковки из стали 09Г2С является нормализация ($t=880-840^{\circ}\text{C}$) [11].

Для нагрева будет использоваться автоматическая линия для нормализации стальных поковок модель 36 ГТОЛ - 3500 [6]. Расшифровка:

- Г - теплоноситель - газ;
- Т - тип печи - толкательный;
- О - окислительная атмосфера;
- Л - вид печи - линия.

3.11. Очистка поковки от окалины

После штамповки заготовку обязательно необходимо очистить от поверхностных дефектов, окалины и других загрязнений.

3.12. Контроль штампованных заготовок

При разработке поковок необходимо следующие обеспечивать ее технологичность.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 40 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ Документа_</i> | <i>Подпись_</i> | <i>Дата</i> | | |

Контроль штампованных заготовок на производстве:

1. Контроль исходных материалов и заготовок.
2. Межоперационный контроль.
3. Окончательный контроль.

| | | | | | | |
|------|------|--------------|----------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа_ | Подпись_ | Дата | | 41 |

3.13. Технологическая карта процесса

| Операция | Эскиз заготовки | Схема операции | Оборудование |
|-----------------------------------|-----------------|----------------|---|
| Резка заготовок | | | Автоматический ленточнопильный станок JET HBS-2224AF |
| Осадка | | | Кривошипно горяче-штамповочный пресс КБ 8052, ус. 16500 тс |
| Предварительная штамповка | | | Кривошипно горяче-штамповочный пресс КБ 8052, ус. 16500 тс |
| Окончательная штамповка | | | Кривошипно горяче-штамповочный пресс КБ 8052, ус. 16500 тс |
| Обрезка обля и проточка отверстия | | | Кривошипно горяче-штамповочный пресс КБ3537, ус. 5000 тс |

| | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата |
|------|------|-------------|---------|------|

15.03.01.2020.00000.ВКР

Лист

42

4. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Расчет требуемого количества основного оборудования сведен в таблицу 4.1

Исходные данные:

Годовая программа выпуска деталей: $N = 1000$ шт.

Режим работы – односменный.

Таблица 4.1 – Расчет количества оборудования

| № п/п | Операция | $T_{шт}$, мин | m_p , шт | P , шт | $\eta_{эф}$ |
|-------|--------------------------------|----------------|------------|----------|-------------|
| 1 | Осадка | 17,81 | 0,18 | 1 | 0,18 |
| 2 | Штамповка (предварительная) | 16,54 | 0,17 | 1 | 0,34 |
| 3 | Штамповка окончательная | 16,54 | 0,17 | | |
| 4 | Обрезка облоя и перемычки | 13,38 | 0,13 | 1 | 0,13 |
| ИТОГО | | | | 3 | |

Фактический коэффициент загрузки рабочего места:

$$\eta_{эф} = \frac{m_p}{P} \quad (4.1)$$

где m_p – расчетное количество станков, шт.

P – принятое количество станков, шт.

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}} \quad (4.1)$$

где $T_{шт}$ – штучное или штучно-калькуляционное время, мин;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

при-

нимаем для односменной работы $F_d = 1976$ ч.

$\eta_{зн}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования; принимаем

$\eta_{зн} = 0,8$;

| | | | | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|-------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 43 |
| Изм. | Лист | № Документа | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.00000.ВКР | | | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Штамповка, как одна из разновидностей получения заготовок, является экономичным способом получения штампованных поковок в условиях серийного и массового производства.

Разработанная технология позволит улучшить условия труда, снизить затраты на основные материалы, повысить точность получаемой продукции и таким образом повысить эффективность производства.

| | | | | | | |
|------|------|--------------|----------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Документа_ | Подпись_ | Дата | | 44 |

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковка и штамповка. Справочник в 4х томах/под ред. Е.И. Семенова, - М.: Машиностроение, 1986. Т.2 - 592с.
2. Ковка и штамповка: Справочник в 4х томах/под ред. Е.И. Семенов, - М.: Машиностроение, - 1986. - Т.1 - 568с.
3. ГОСТ 755-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски». Государственный стандарт СССР. -М.: Изд-во стандартов, 1990. - 52с.
4. Шарифьянов Ф.Ш., Маркелов А.А. Проектирование штампованных поковок, получаемых на молотах и КГШП. - У.: УГТ
5. Каплунов Б.Г., Рукопись конспекта лекция «Технологияковки и горячей штамповки»./ Б.Г. Каплунов. - Челябинск, ЮУрГУ - 2012.
6. Ковка и объемная штамповка: Технологический справочник./под ред. М.В. Сторожева. - М.: Машиностроение, 1958. - 643с.
7. Обработка металлов давлением в машиностроении / П.И. Полухин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1983. – 279 с.
8. ГОСТ 4543-41. Прокат из легированный конструкционной стали, - М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. - 41 с.
9. Николаенко А.А., Рукопись конспекта лекция «Основы технологии машиностроения»./ А.А. Николаенко - Челябинск, ЮУрГУ - 2016.
10. Молодык, Н.В. Восстановление деталей машин: справочник / Н.В. Молодык, А.С. Зенкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
11. Справочник конструктора штампов: Л.И. Рудман, - М.: Машиностроение, 1988. - 496 с.
12. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства, - М.: Стандартиформ, 2005. - 9с.
13. ГОСТ 3.1105-84. Форма и правила оформления документов общего назначения, - 1984 - 20с.

14. ГОСТ 3.1121-84. Единая система технологической документации (ЕСТД), - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 48 с.

15. ГОСТ 3.1126-88. Правила выполнения графических документов на поковки, - М.: Изд-во стандартов, 1989. - 5с.

16. <http://tmp-press.ru> - ОАО «Завод по выпуску тяжелых механических прессов».

17. <http://rida-s.ru> - ООО ИТФ «Рида-С»

18. <http://www.rida-s.ru/pirometry>. - Ручные инфракрасные измерители температуры

19. <http://www.tipdoc.ru/> - Фонд типовой проектной документации «Типдок».

| | | | | | | |
|-------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | 15.03.01.2020.00000.ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ Документа_</i> | <i>Подпись_</i> | <i>Дата</i> | | 46 |