

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для
изготовления детали «Желобок переднего крыла»»

Студент(ка)	Р.А. Бикбаев _____ (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	П.Н. Шенбергер _____ (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	И.В. Краснопевцева _____ (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	К.Ш. Нуروف _____ (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

«_____» _____ 20 ____ г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «СОМДиРП»
_____ В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ на выполнение бакалаврской работы

Студент Бикбаев Руслан Алиевич

1. Тема: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Желобок переднего крыла»»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы _____
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: чертеж детали, базовый вариант технологического процесса, программа изготовления детали.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов):
1) анализ технологических показателей исходных данных;
2) разработка технологического процесса изготовления детали; 3) выбор оборудования, средств механизации или автоматизации; 4) разработка конструкции штамповой оснастки;
5) безопасность и экологичность технического объекта; 6) технико-экономическое обоснование проекта.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала: сравнительный технологический процесс (А0 – 1 лист), комплекс оборудования (А0 – 1 лист), штамп для вытяжки: разрезы А-А (А0-1лист), разрезы Б-Б (А0 – 2 листа), штамп для вытяжки: план низа (А0 – 1 лист).
6. Консультанты по разделам И.В. Краснопевцева, К.Ш. Нуров
7. Дата выдачи задания « ____ » _____ 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «СОМДиРП»
_____ В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)
«___» _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Студента: Бикбаева Руслана Алиевича

по теме: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки
для изготовления детали «Желобок переднего крыла»

Наименование раздела работы	Планный срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Анализ технологических показателей исходных данных				
Разработка технологического процесса изготовления детали				
Выбор оборудования, средств механизации или автоматизации				
Разработка конструкция штамповой оснастки				
Безопасность и экологичность технического объекта				
Технико-экономическое обоснование проекта				

Руководитель выпускной квалификационной
работы

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Аннотация

В данном дипломном проекте разработан технологический процесс изготовления детали «Желобок переднего крыла».

Рассмотрен базовый технологический процесс изготовления этой детали и выявлены его недостатки, на основании которых поставлена цель диплома и сформулированы основные задачи. Рассчитаны основные параметры предложенной технологии, определены энерго-силовые параметры каждой операции нового техпроцесса. Кроме того, подобрано необходимое технологическое оборудование и средства автоматизации, а также сконструирован вытяжной штамп и проведены прочностные расчеты его рабочих частей.

Проанализированы условия труда на спроектированном участке штамповки и изложены меры по охране труда, а также проведен анализ безопасности и экологичности проекта. В заключение рассчитана экономическая эффективность внедрения новой технологии.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	8
1. Анализ исходных данных.....	9
1.1. Анализ технологичности детали.....	9
1.2. Существующая технология изготовления детал.....	11
1.3. Анализ существующего технологического процесса и критика недостатков.....	18
1.4. Задачи дипломного проекта.....	19
2. Разработка технологического процесса изготовления детали.....	20
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса.....	20
2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки.....	27
2.3. Проектирование рационального раскроя металла и определение КИМ.....	31
2.4. Расчет операционных размеров штамповки.....	32
2.5. Определение энергосиловых параметров процесса штамповки...35	
3. Выбор оборудования.....	46
3.1. Выбор оборудования. Основные характеристики.....	46
3.2. Выбор средств автоматизации.....	50
3.3. Описание состава автоматической линии.....	52
4. Разработка конструкции штамповой оснастки.....	54
4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки.....	54
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов для изготовления деталей штампа.....	59
4.3. Определение числа и расположения упругих элементов.....	63
4.4. Определение центра давления штампа.....	65
5. Безопасность и экологичность технологического объекта.....	66
5.1. Технологический паспорт объекта.....	66

5.2.	Идентификация профессиональных рисков.....	67
5.3.	Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	68
5.4.	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	70
5.5.	Технические средства обеспечения пожарной безопасности.....	71
5.6.	Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	72
5.7.	Идентификация экологических факторов технического объекта.....	73
5.8.	Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.....	74
6.	Экономическая часть.....	75
6.1.	Сравнительный анализ технологических вариантов.....	75
6.2.	Калькуляция на штамп для вытяжки.....	75
6.3.	Исходные данные для расчета параметров эффективности внедрения новой технологии.....	76
6.4.	Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки, численности рабочих и числа штампов.....	78
6.5.	Расчет капитальных вложений.....	80
6.6.	Расчет технологической себестоимости двух вариантов.....	81
6.7.	Калькуляция сравниваемых вариантов.....	83
6.8.	Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта.....	84
6.9.	Выводы об экономической эффективности проектируемого варианта.....	84
	Заключение.....	85
	Литература.....	86

Введение

Листовая штамповка является одним из высокоэкономичных и перспективных видов обработки металлов давлением.

Холодная штамповка представляет собой процесс изготовления самых разнообразных по назначению, форме и размерам деталей в холодном состоянии.

Широкое развитие холодной штамповки объясняется целым рядом ее достоинств. К основным из них относятся:

- возможность получения достаточно прочных и жестких, и одновременно легких по массе конструкций при небольшом расходе материала;
- взаимозаменяемость получаемой холодной листовой штамповкой деталей вследствие их большой точности;
- большая производительность и низкая стоимость деталей;
- возможность применения неквалифицированной рабочей силы;
- сравнительно небольшие потери материала при правильном построении техпроцесса и раскрое материала;
- благоприятные условия для автоматизации условий штамповки вплоть до создания автоматических линий и участков.

За последние годы значительно возросла производительность труда в результате полной или частичной механизации и автоматизации процессов листовой штамповки, а также прогрессивных и скоростных методов штамповки. Широкое применение в автомобилестроении получили многопозиционные пресс-автоматы и автоматические линии для листовой штамповки.

Цель дипломного проекта – снижение себестоимости изготовления детали “Желобок переднего крыла” за счет автоматизации технологического процесса.

1. Состояние вопроса

1.1. Анализ технологичности детали

Под технологичностью понимается совокупность свойств и конструктивных элементов, которые обеспечивают наиболее простое и экономичное изготовление детали при соблюдении технических и эксплуатационных требований к ней.

Деталь «Желобок переднего крыла» легкового автомобиля не является лицевой частью автомобиля, а также не относится к кузовным элементам. Значит, особые требования по качеству поверхности не предъявляются.

По назначению рассматриваемая деталь не относится к каркасным элементам. Поэтому, особые требования к жесткости конструкции не предъявляются. Тем не менее, жесткость данной детали достаточная (обеспечивается, в основном, пространственной формой и наличием фланцев вдоль длинных сторон). Вдобавок к этому, деталь снабжена рядом конструктивных элементов (формованные выступы, технологические прорези), которые также способствуют повышению характеристик жесткости.

При изготовлении «Желобка переднего крыла» основной формообразующей операцией является вытяжка, поэтому следует проанализировать материал, из которого изготавливается деталь, т.к. от этого будет зависеть качественное формообразование. Подходящим материалом является кузовная сталь 08 КП класса ВГ (для глубокой вытяжки). Принимаем этот материал в качестве исходного для изготовления данной детали. Толщина материала $S = 0,8$ мм.

При изготовлении детали накладывается ряд требований к выполнению технологических операций. Рассмотрим основные из этих требований применительно к данной технологии.

Технологические требования, накладываемые на процесс вытяжки детали.

- Форма детали является полуоткрытой и несимметричной; в этом случае технологичной является возможность вытяжки замкнутой фигуры коробчатой формы (с приблизительно одинаковой высотой стенок) с последующей разрезкой на 2 отдельные детали. При вытяжке нашей детали используется выше указанный метод вытяжки;
- При вытяжке коробочных деталей рекомендуется использовать одинаковые радиусы закруглений в данной части и в углах вертикальных поверхностей. В нашем случае эта рекомендация соблюдается; при этом соблюдается и условие $R \geq 3S$ (у данной детали величина $R = 3 \dots 5$ мм при толщине $S = 0,8$ мм).
- Элементы конструкции, выполненные формовкой (4 одинаковых участка с катетами 12 и 16 мм в сечении), являются технологичными (глубина незначительная, радиусы закруглений отвечают условию $R \geq 3S$).

Технологические требования, накладываемые на процесс пробивки отверстий и обрезки контура детали:

- деталь не содержит нетехнологичных отверстий сложной формы;
- диаметры пробиваемых отверстий отвечают условию, согласно которому для стали с пределом $\sigma_B < 350$ МПа минимально допустимый диаметр отв. $d_{\min} = 1$ мм (в нашем случае пробиваются 2 отверстия диаметром 8 мм);
- размеры остальных отверстий, выполняющих технологическую функцию, соответствуют необходимым требованиям (для прямоугольного отверстия необходимое условие для ширины $b > 2S$ выполняется: $b = 12$ мм при радиусе закругления 2 мм);
- расстояние между отверстиями находится в пределах допустимых значений;
- разделение штампованной заготовки на 2 отдельные части (детали) происходит таким образом, что отделяются 2 перемычки, соединяющие

спаренную заготовку на оси разделения (это исключает дополнительную разрезку отходов).

Технологические требования к детали при гибке (фланцовке):

- Минимальный допустимый радиус гибки для пластичных материалов (стали 08кп, 08Ю) составляет $R > S$, направление волокон при этом не учитывается [1, стр.13]; условие выполняется ($R_{\min} = 3 \text{ мм}$).
- Наименьшая высота огибаемой полки должна соответствовать условию: $h > 3 \cdot S$ [1]; в нашем случае при поэтапной гибке полки минимальная величина полки составляет $h_{\min} = 11 \text{ мм}$ что удовлетворяет требованию.
- Для предотвращения искажения формы отверстия необходимо принимать расстояние от центра радиуса гибки до края пробитого отверстия: $a \geq 2 \cdot S$ [1]; в нашем случае для отверстия диаметром 8 мм расстояние до линии гибки $a = 7,0 \text{ мм}$, что отвечает условию.

В завершении анализа технологичности отметим, что деталь в автомобиле существует в левом и правом исполнении. Деталь изготавливается из спаренной заготовки (единый полуфабрикат, включающий в себя левый и правый вариант детали), что положительно отражается на технологичности.

Из всего выше изложенного делаем вывод, что рассматриваемая деталь в полной мере удовлетворяет общим требованиям технологичности, предъявляемым к конструкциям листовых штампованных деталей.

1.2. Существующая технология изготовления детали

Технология изготовления детали «Желобок переднего крыла» состоит из 7-ми штамповочных операций:

- на 1-ой операции производится вырубка заготовки из ленты на гильотинных ножницах (с автоматической подачей рулонного материала). Толщина материала 0,8 мм. Раскрой металла прямой однорядный, ширина ленты – 510 мм, шаг подачи – 200 мм, (рисунок 1.2).

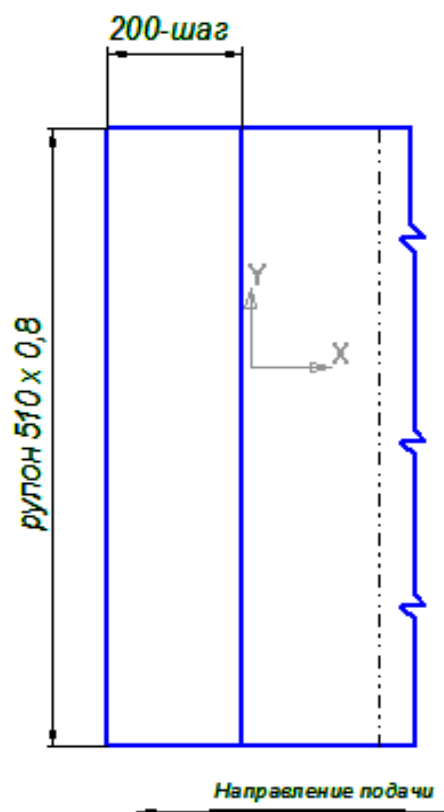


Рисунок 1.2 – Операция 10 – Резка заготовок

Остальные операции производятся традиционным способом на штамповочной линии кривошипных прессов К3132 усилием 1,6 МН (160 тонн):

- на 2-ой операции производится основная формообразующая операция – вытяжка; по окончании вытяжки заготовка удаляется из штампа пневмосдувом на ленточный транспортер, по которому перемещается к следующему прессу, (рисунок 1.3).
- на 3-ей операции – первая обрезка и пробивка: обрезается часть контура (с коротких сторон заготовки) и пробиваются 2 отверстия, расположенные на оси симметрии заготовки (прямоугольное отверстие размером 12 × 55 мм и фасонное с размерами около 35 × 80 мм), (рисунок 1.4). Удаление заготовки из штампа – при помощи лоткового съемника на ленточный транспортер.

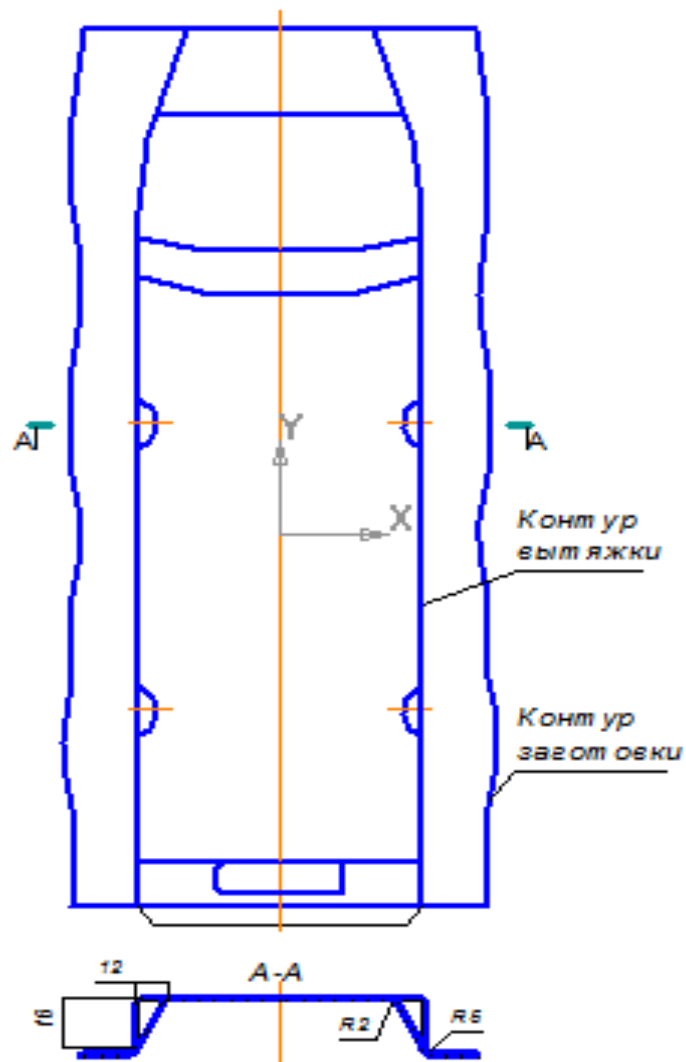


Рисунок 1.3 – Операция 20 - Вытяжка

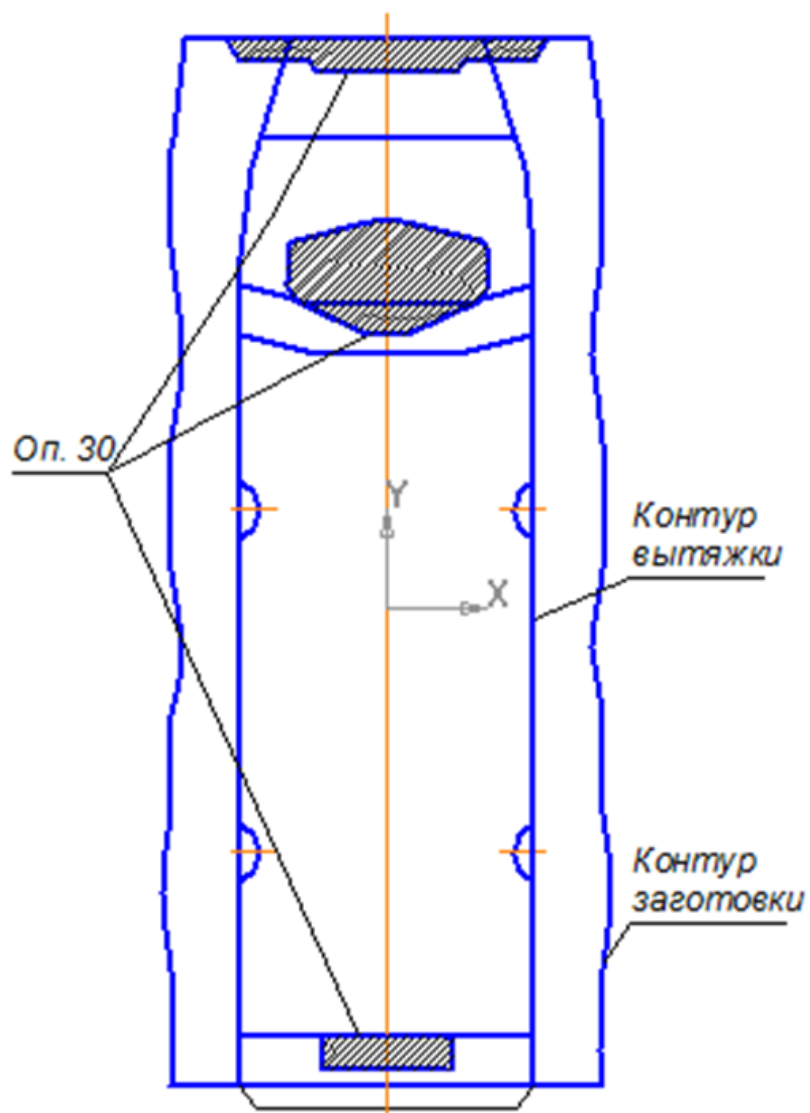


Рисунок 1.4 – Операция 30 – 1-ая обрезка-пробивка

- на 4-ой операции – вторая обрезка и пробивка: обрезаются продольные кромки заготовки (с длинных сторон), вырезается продольная перемычка на оси заготовки, и пробиваются 2 отверстия диаметром 8 мм; (рисунок 1.5).

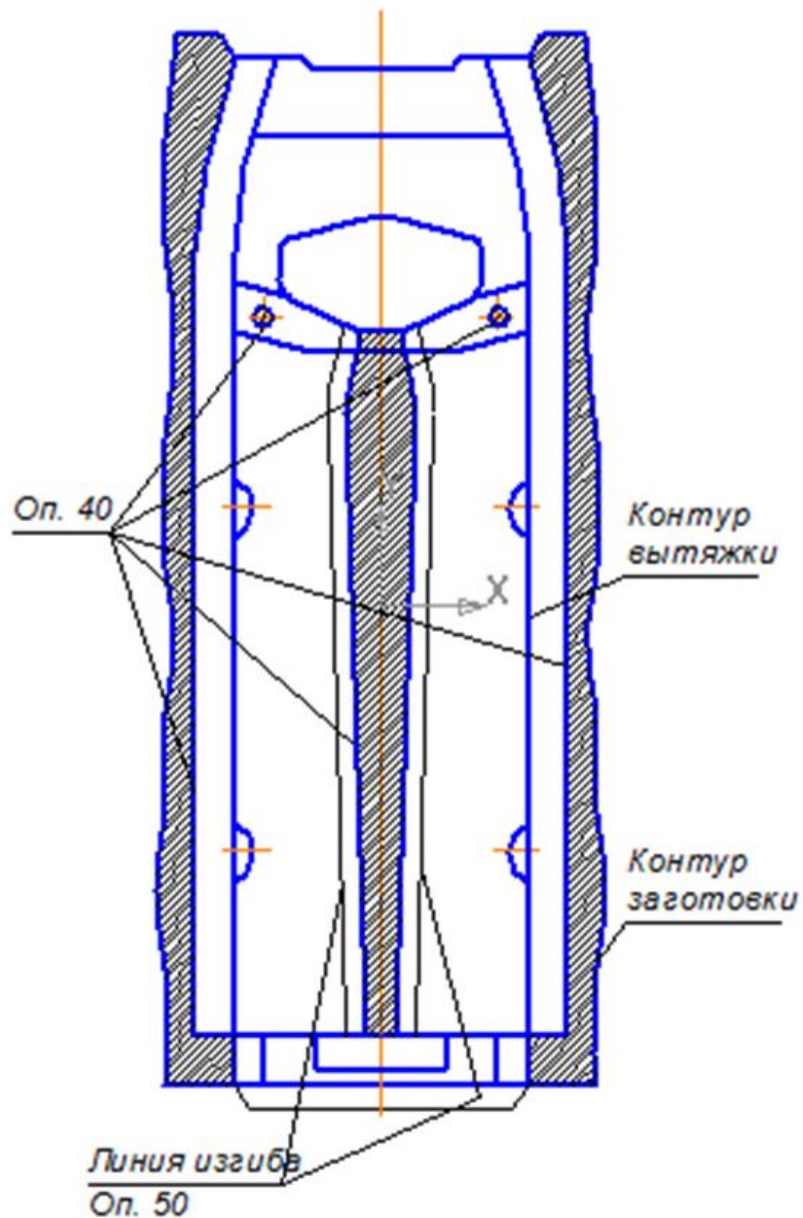


Рисунок 1.5 – Операция 40 – 2-ая обрезка-пробивка

- Удаление заготовки из штампа такое же – лотковым съемником на транспортер.

на 5-ой операции – фланцовка: загибаются на 90° две продольные кромки заготовки, полученные вырезкой продолговатого фасонного отверстия (получаются 2 полки высотой около 11 мм), (рисунок 1.6). Удаление детали из штампа на транспортер – при помощи пневмосдува.

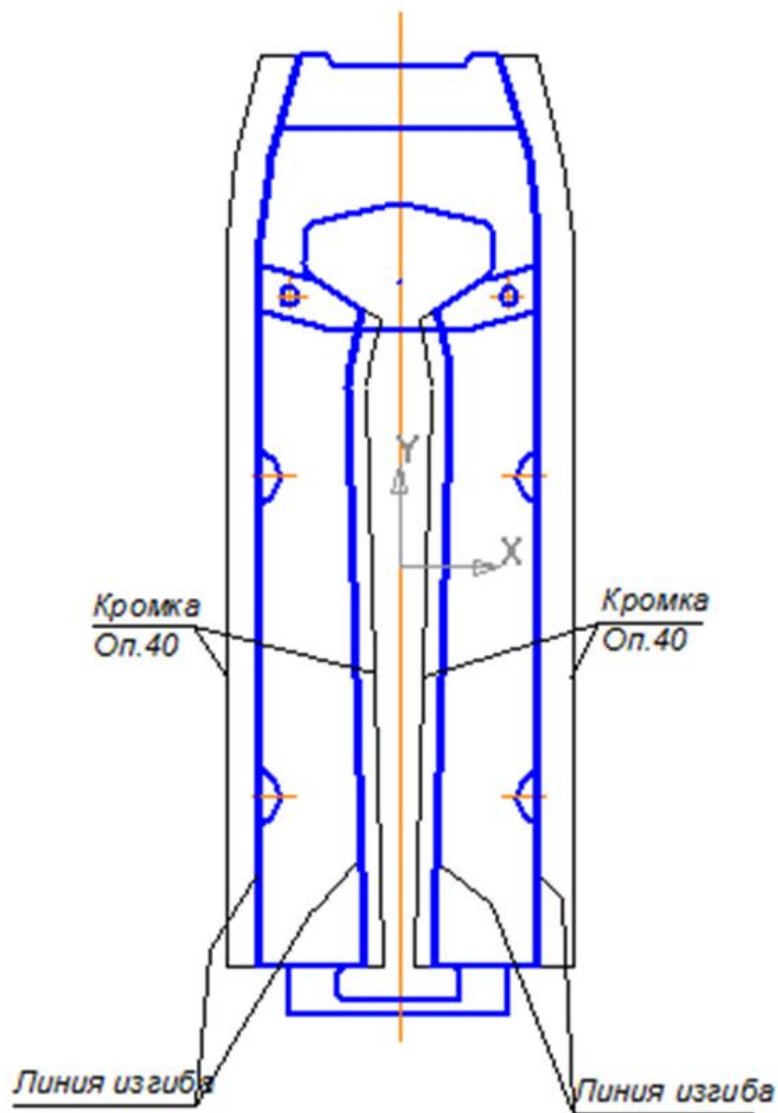


Рисунок 1.6 – Операция 50 - Фланцовка

- на 6-ой операции – разделение отштампованной заготовки: отрезаются две поперечные перемычки, расположенные по коротким сторонам заготовки (получаются 2 детали), (рисунок 1.7). Удаление деталей из штампа – вертикальным пневматическим толкателем.
- Последняя операция выполняется на отдельном кривошипном прессе модели К1432 усилием 1,0 МН (100 тонн), отдельно для левой и правой деталей:

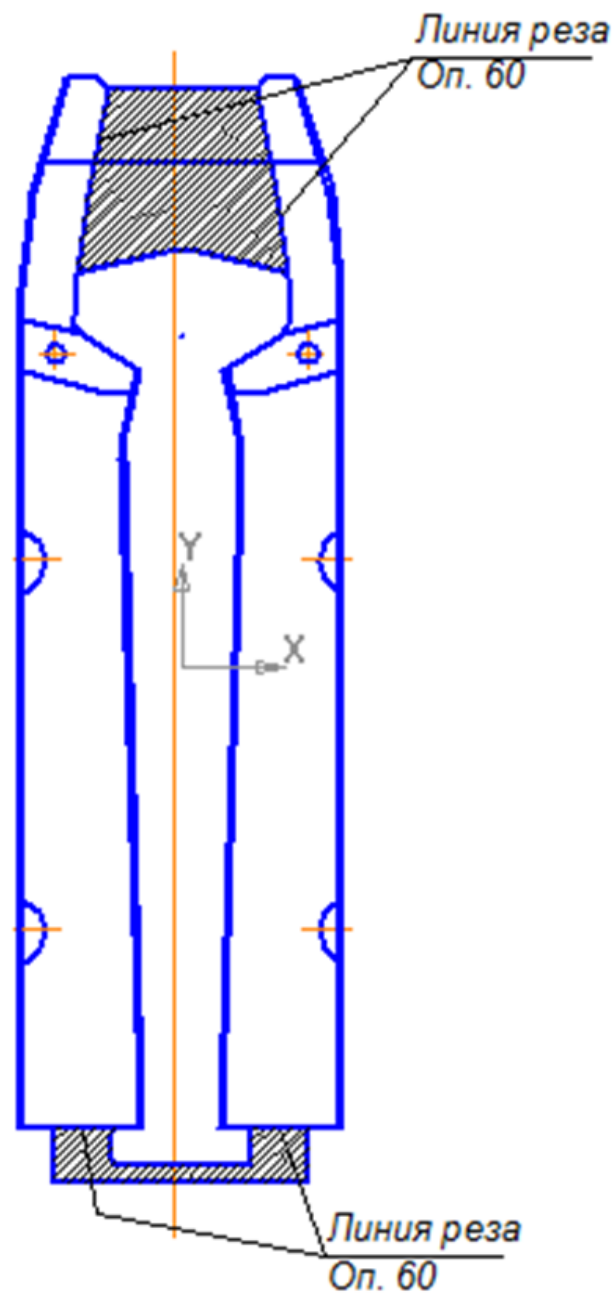


Рисунок 1.7 – Операция 60 – Разрезка

- на 7-ой операции – гибка: разгибается (распрямляется) продольный фланец, расположенный с внешней стороны.

1.3. Анализ существующего технологического процесса и критика недостатков

Анализ выше описанного технологического процесса показал, что он обладает рядом недостатков.

Основным недостатком базового технологического процесса являются существенные временные затраты. Это связано с использованием традиционной штамповки на одиночных прессах (необходимость транспортировки заготовок между операциями; недостаточно оперативная укладка заготовок в штампы и т.д.).

Производительность 1-ой операции (резка заготовок из ленты) превышает остальные штамповочные операции более чем в 10 раз, что приводит к необходимости транспортировки заготовок на склад – возникает технологический задел, который приводит к дополнительным издержкам (погрузчики и прочее).

Существенным недостатком является использование большого числа прессов, что требует вовлечения большого количества рабочих, а также приводит к существенным энергозатратам и прочим производственным расходам.

Другим недостатком является отсутствие необходимой точности при укладке заготовки в штамп: может произойти ее сдвиг, который приведет к снижению качества штампованной детали, вплоть до появления брака.

Еще одним недостатком является то, что выполнение последней штамповочной операции требует укладки в штамп 2-х заготовок отдельно друг от друга. Это также ухудшает экономические показатели техпроцесса.

Недостатком можно считать условия работы штамповщиков – монотонный труд рабочих приводит к их эмоциональной усталости.

1.4. Задачи дипломного проекта

С целью устранения выше изложенных недостатков базовой технологии, принимаем решение разработать новый технологический процесс. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- изменить схему технологического процесса, предполагающую изготовление детали с использованием автоматической штамповки;
- изменить последовательность и содержание штамповочных операций, и определить новые энергосиловые параметры штамповки;
- выбрать оборудование и средства автоматизации для изготовления детали по предлагаемому варианту;
- разработать новую конструкцию штамповой оснастки для вытяжного перехода;
- выполнить прочностные расчеты деталей разработанного штампа;
- проанализировать условия труда на выбранном оборудовании;
- определить экономический эффект от внедрения новой технологии.

2. Разработка технологического процесса изготовления детали

2.1 Схема предлагаемого технологического процесса

В предлагаемом варианте технологического процесса основные операции планируется выполнять на многопозиционном пресс-автомате. Перед разработкой новой схемы техпроцесса были рассмотрены особенности работы такого оборудования. Передача заготовок между позициями прессы должна происходить при помощи средств автоматизации (например, грейферной подачи). Исходный материал – рулонная сталь 08кп ВГ–2–Б толщиной 0,8 мм.

Планируем также пересмотреть схему рационального раскроя материала. Предполагается использовать рулон меньшей ширины (размеры исходной заготовки будут рассчитаны дополнительно).

Заготовительный этап технологического процесса – резку заготовок из ленты – будем проводить на другом оборудовании (традиционно для этого используют кривошипный пресс, работающий совместно с автоматическим разматывающе-подающим устройством).

«Желобок переднего крыла» изготавливается в левом и правом исполнении. Поэтому, в существующем варианте использовалась штамповка спаренной заготовки с последующей разрезкой и получением двух деталей (правой и левой). В предлагаемом варианте будем использовать аналогичную схему.

Базовая последовательность штамповочных операций претерпит изменения. Т.к. предполагается использовать пресс-автомат, операцию разрезки спаренной заготовки сделаем заключительной; операцию гибки, имеющую место в существующем варианте, заменим фланцевкой и поставим ее перед разрезкой. Кроме того, потребуется ввести операцию пробивки технологических отверстий, необходимых для четкой фиксации заготовки в штампах пресс-автомата. Это повысит эффективность техпроцесса, т.к., в отличие от использования в существующей технологии различного прессового

оборудования, новый вариант технологии задействует лишь 2 единицы оборудования – пресс с подачей для резки заготовок и многопозиционный пресс-автомат.

Рассмотрим схему предлагаемого технологического процесса.

На 1-ой операции рулон режется на фасонные заготовки трапециевидной формы, (рисунок 2.1 (размеры заготовки будут рассчитаны далее). Операция выполняется на кривошипном прессе с автоматической подачей рулонного материала. Затем заготовки складываются в тару и транспортируются погрузчиком к автоматической линии, в состав которой входит многопозиционный пресс-автомат.

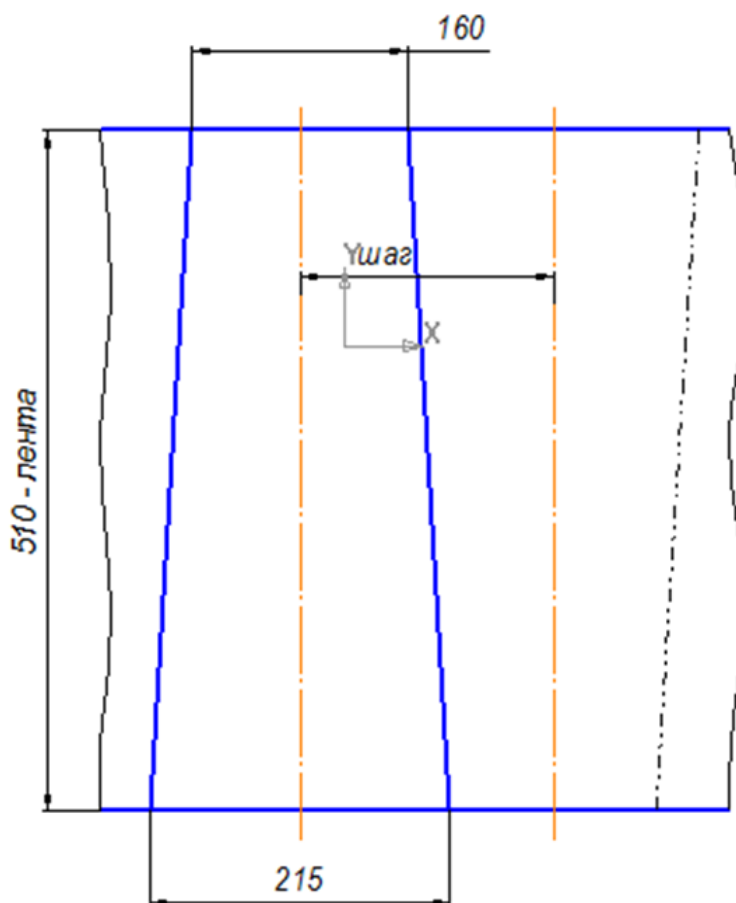


Рисунок 2.1 – Операция 10 – Резка заготовок

Листовые заготовки загружаются в подающее устройство автоматической линии – питатель штучных заготовок. Посредством грейферного передающего устройства заготовка транспортируется на первую позицию штамповки.

Выполняется 2-ая операция технологического процесса – вытяжка и одновременная пробивка необходимых технологических отверстий – круглого и овального, (рисунок 2.2). Далее они будут использоваться для фиксации заготовки ловителями штампов (на этапах 3 – 6 предлагаемого техпроцесса). Отход от пробивки удаляется на провал. На следующие позиции заготовка передается также посредством грейферных линеек.

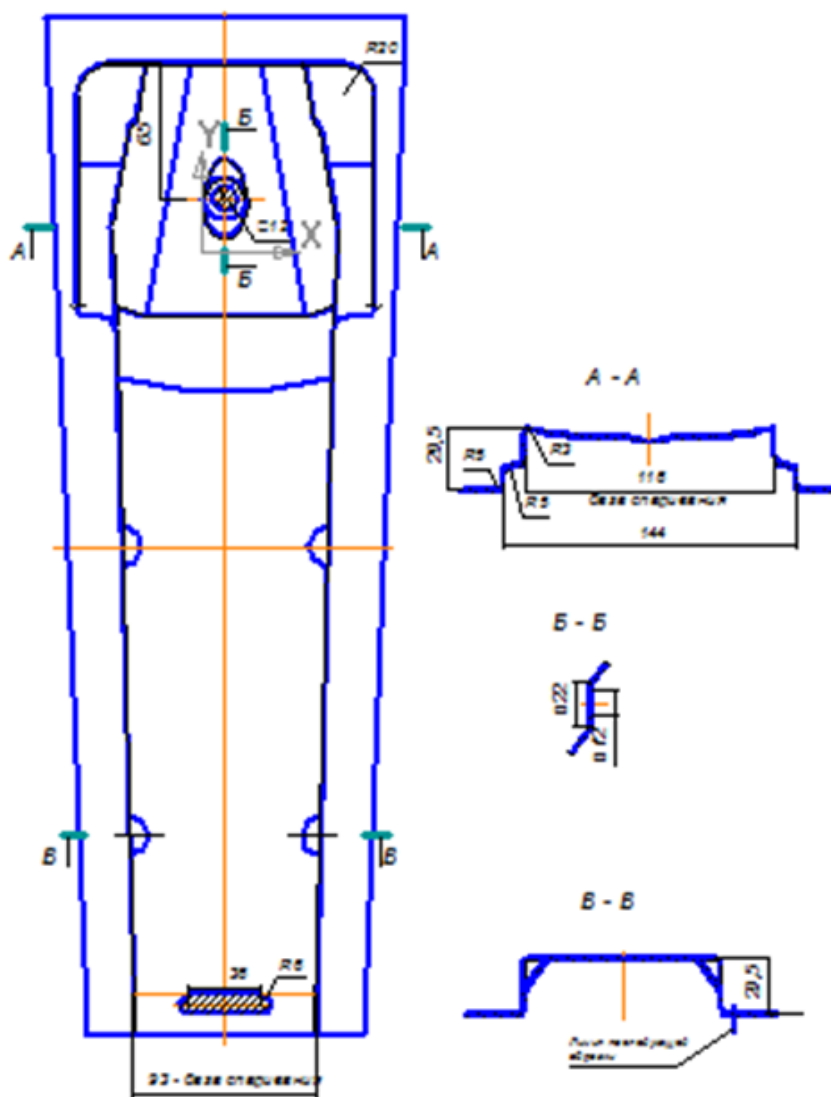


Рисунок 2.2 – Операция 20.1 – Вытяжка-пробивка

3-й этап 1-ая обрезка и пробивка: обрезается большая часть контура детали (продольные фланцы) и пробивается фасонное отверстие в донной части спаренной заготовки, (рисунок 2.3). Отход удаляется по склизам во фронт и тыл пресс-автомата.

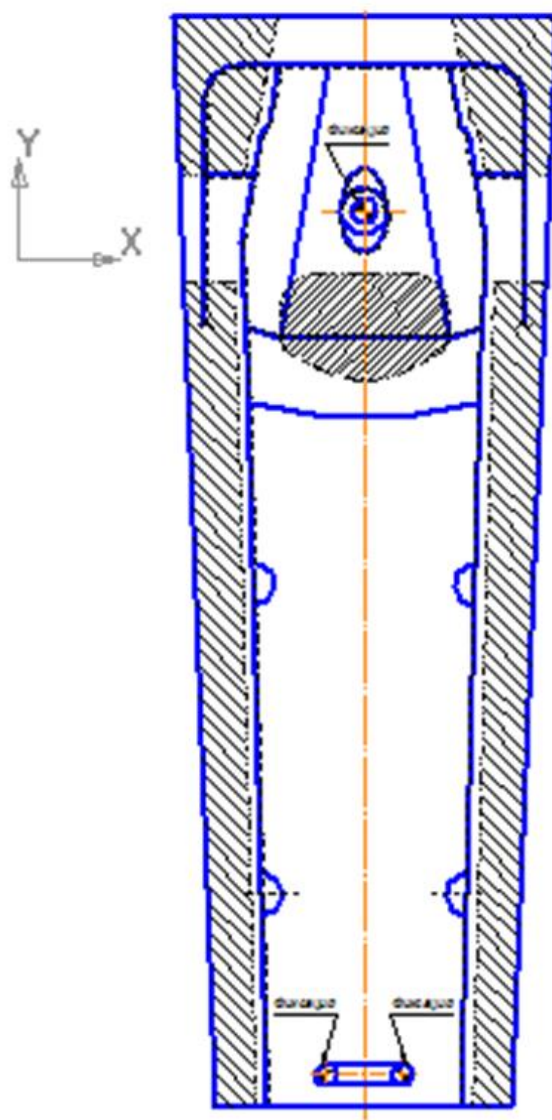


Рисунок 2.3 – Операция 20.2 – 1-ая обрезка-пробивка

На 4-ой операции выполняется 2-ая обрезка и пробивка: отрезаются остатки продольных фланцев и одновременно пробиваются два конструктивных отверстия диаметром 8,0 мм и вырезается фасонная

продолговатая перемычка, расположенная на оси заготовки, (рисунок 2.4). Отход удаляется по лоткам во фронт и тыл пресс-автомата.

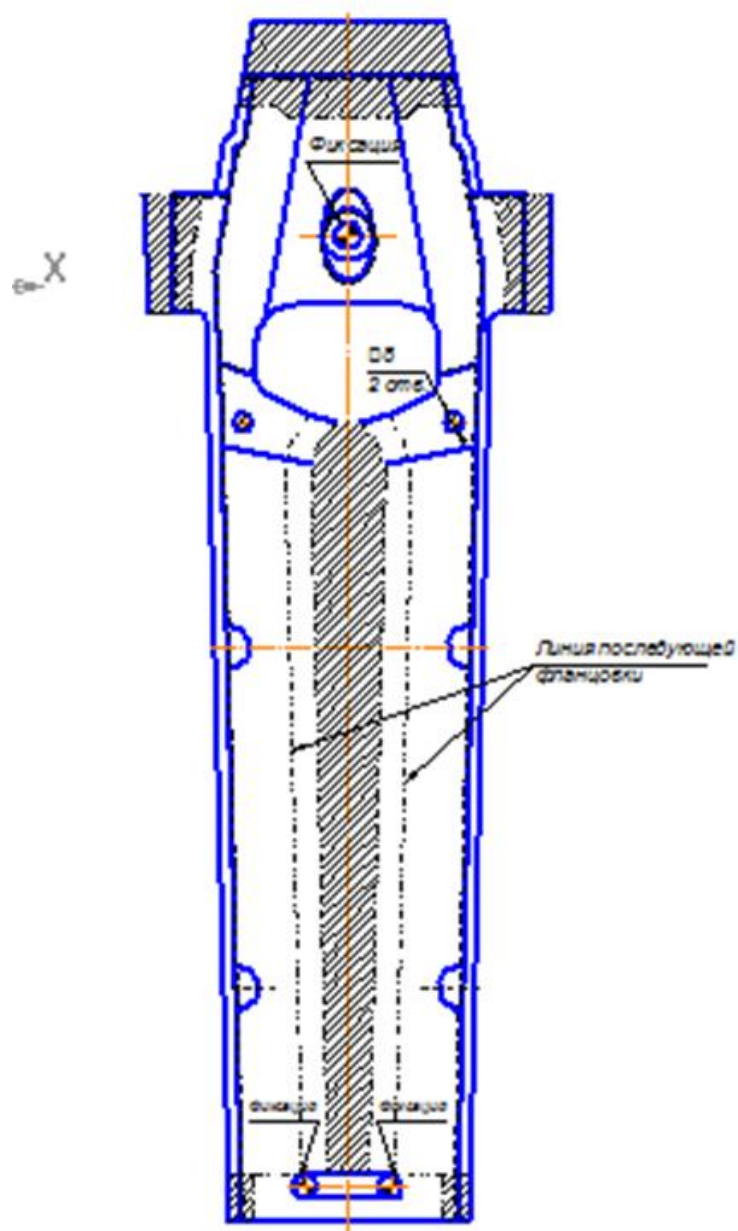


Рисунок 2.4 – Операция 20.3 – 2-ая обрезка-пробивка

5-я операция – фланцовка внутренняя: производится загиб на 90° двух симметричных кромок, полученных вырезкой продолговатого фасонного отверстия, (рисунок 2.5).

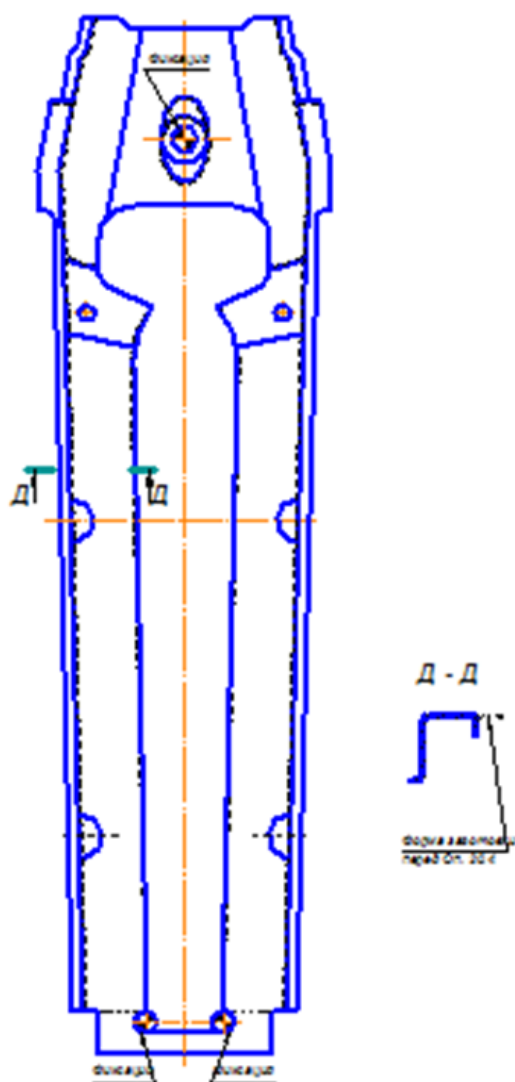


Рисунок 2.5 -Операция 20.4 – Фланцовка внутренняя

На 6-ом этапе производится наружная фланцовка: выполняется разгиб (спрямление) продольных наружных фланцев спаренной заготовки (рисунок 2.6).

Заключительная, 7-ая операция – разрезка: со стороны коротких кромок отрезаются две перемычки, (рисунок 2.7). В итоге спаренная заготовка делится на 2 зеркальные части – левую и правую детали. На этом этапе заготовка фиксируется по двум круглым отверстиям, пробитым на 4-ом этапе.

Затем отштампованные детали по лоткам выводятся из рабочей зоны пресс-автомата и попадают на стол, откуда затем укладываются в тару рабочими-укладчиками.

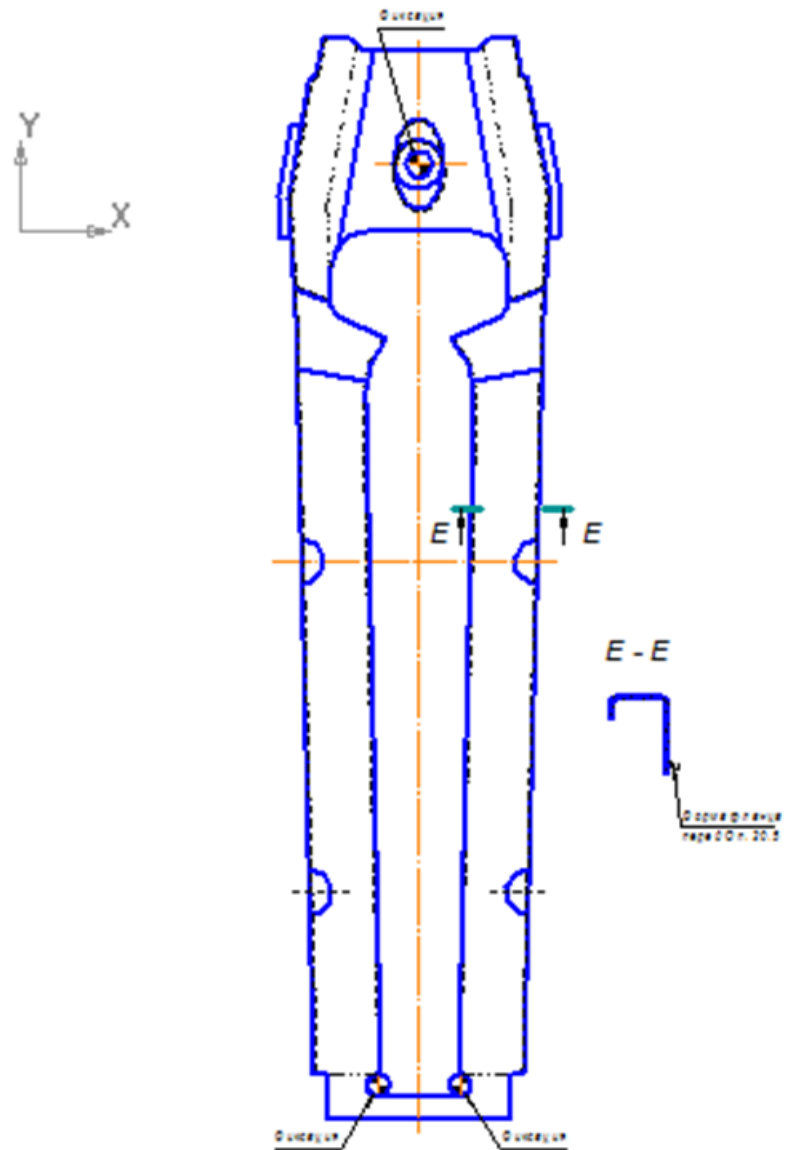


Рисунок 2.6 - Операция 20.5 – Фланцовка наружная

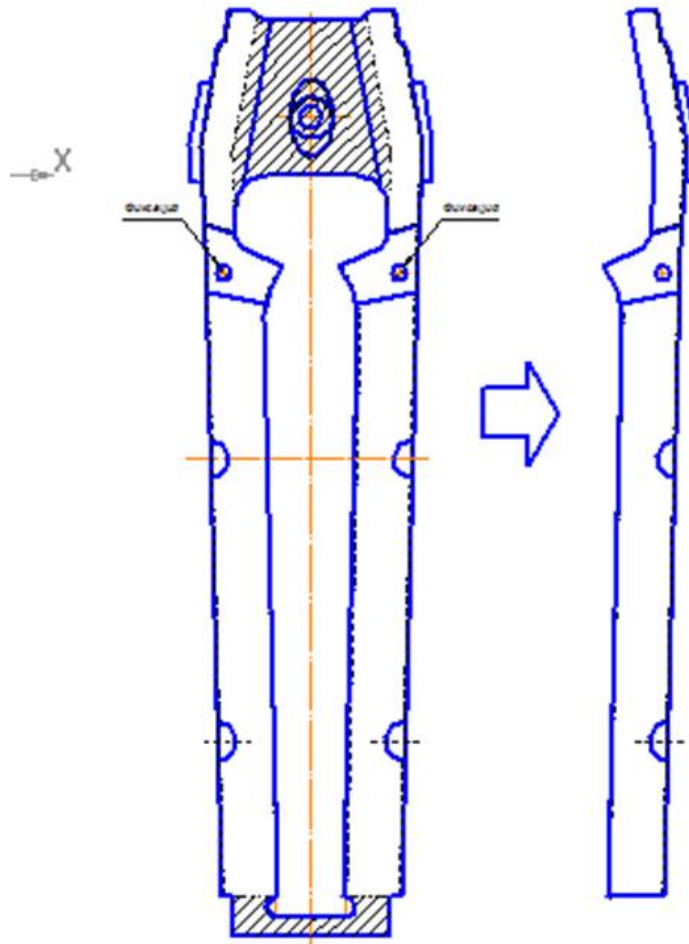


Рисунок 2.7 – Операция 20.6 – Разрезка

2. 2 Определение формы и размеров исходной заготовки

Процесс вытяжки является основным при формировании объемной детали, поэтому при определении размеров исходной заготовки будем использовать форму вытяжного перехода.

Для получения плоской геометрической развертки объемной детали требуется найти длины наибольших продольных и поперечных сечений. При нахождении длины будем считать, что деформация заготовки в вытяжном штампе происходит без утонения (толщина везде постоянна).

В итоге, определение размеров заготовки производится по равенству площадей поверхности развертки и готовой детали.

Кроме того, следует иметь в виду необходимость увеличения предполагаемой заготовки для создания технологических припусков (перемычек), а также продольной перемычки для возможности одновременного изготовления двух деталей посредством штамповки единой спаренной заготовки.

Использовать прямоугольную заготовку нецелесообразно, т.к. в этом случае очевиден значительный отход, поэтому при определении формы заготовки будем стремиться максимально приблизить ее к форме теоретической развертки детали.

Определим длины максимальных сечений не готовой детали, а ее вытяжного перехода, т.к. в вытяжном переходе учтены технологические припуски (на выравнивание глубины вытяжки, на обрезку). Выберем характерные сечения в продольном и поперечном направлениях.

1) Определение наибольшего продольного сечения (рисунок 2.8):

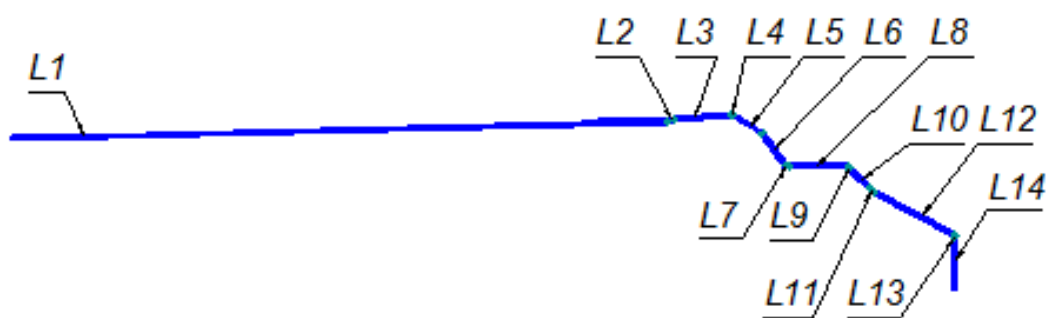


Рисунок 2.8 – Определение длины продольного сечения (по вытяжному переходу)

$$\ell_{\text{прод.}} \approx \ell_1 + \dots + \ell_{14}, \text{ где} \quad (2.1)$$

$\ell_1 \dots \ell_{14}$ - длины простых участков, на которые разбито продольное сечение вытяжного перехода; для точного определения используем компьютер – измерения в системе «Компас»;

$$\ell_{\text{прод.}} = 335 + 3,5 + 30 + 1,5 + 17,6 + 20,7 + 2,0 + 30,0 + 1,8 + 14,7 + 3,0 + 46,8 + 2,5 + 4 \approx 508 \text{ мм.}$$

Окончательно принимаем длину продольного сечения исходной заготовки: $L_{\text{ПРОД.}} = 510$ мм (значение соответствует стандартному ряду величин ширины рулонной стали).

2) Теперь находим размеры двух характерных поперечных сечений, (рисунок 2.9):

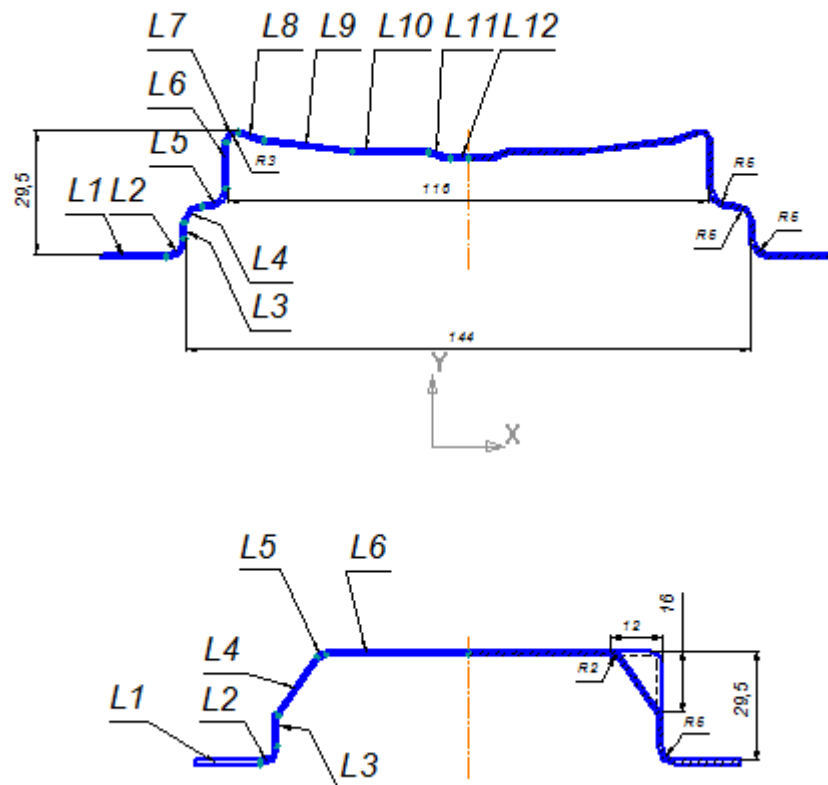


Рисунок 2.9 – Определение длины поперечного сечения (по вытяжному переходу)

Сечение 1:

$$\ell_{\text{попер.1}} = 2 \cdot (\ell_1 + \dots + \ell_{12}) \quad (2.2)$$

$\ell_1 \dots \ell_{12}$ - длины простых участков; для определения также используем измерения в системе «Компас»;

$$\ell_{\text{попер.1}} = 2 \cdot (16 + 6,5 + 4 + 8,0 + 6,2 + 11 + 6 + 5,6 + 15,7 + 12,5 + 4,4 + 4,5) \approx 198 \text{ мм.}$$

Сечение 2:

$$\ell_{\text{попер.2}} = 2 \cdot (\ell_1 + \dots + \ell_6)$$

$$\ell_{\text{попер.1}} = 2 \cdot (15+4,5+8,5+18+2,4+37) \approx 170 \text{ мм}$$

Исходная заготовка должна быть трапециевидной (рисунок 2.1). Для определения ее размеров построим расчетную схему (рисунок 2.13) по найденным значениям длин одного продольного ($\ell_{\text{прод.}}$) и двух поперечных сечений ($\ell_{\text{попер.1}}$, $\ell_{\text{попер.2}}$). Соединяем крайние точки сечений прямыми линиями так, чтобы получить форму трапеции. В итоге получаем окончательные габариты заготовки. Размер большего основания получился равным 211 мм, меньшего – 163 мм. Округляем их соответственно до 215 мм и 160 мм. Высота трапеции была ранее принята равной 510 мм. Такими будут окончательные размеры исходной заготовки.

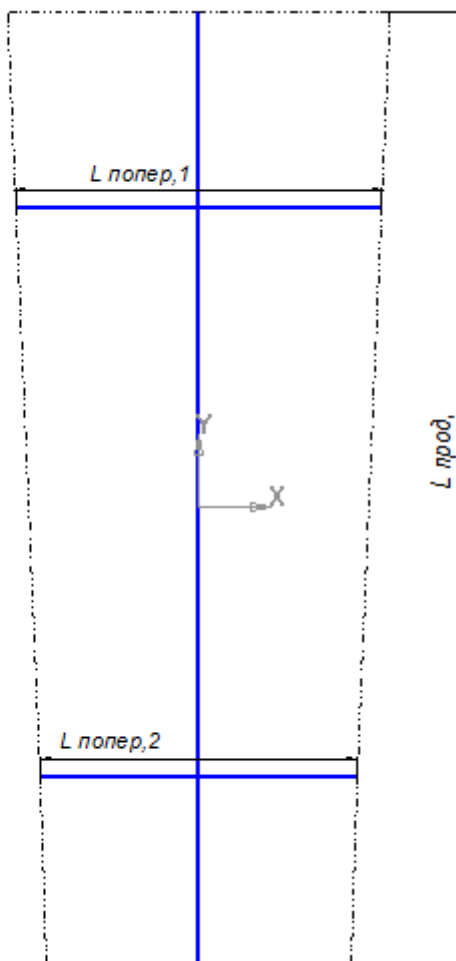


Рисунок 2.13 – К определению размеров исходной заготовки

2.3 Проектирование рационального раскроя материала и определение КИМ

В качестве исходного материала используется рулон.

В существующем варианте технологического процесса из рулона шириной $B = 510$ мм получались заготовки (карточки) размером 510×180 мм. Тип раскроя – прямой однорядный.

В предлагаемом варианте используется рулон такой же ширины $B = 510$ мм, из которого вырубают трапециевидные заготовки с размером оснований 215 и 160 мм, с шагом $H = (215 + 160) / 2 = 187,5$ мм. Тип раскроя – прямой встречный однорядный.

Проведем расчет коэффициента использования материала (КИМ) для обоих вариантов.

Учитываем, что в обоих случаях используется спаренная заготовка (из заготовки получают 2 детали – в левом и правом исполнении).

2.3.1 Определение КИМ по существующей технологии

Вначале определяем массу заготовки.

$$M_{\text{ЗАГ}} = V \cdot \rho, \quad (2.3)$$

где V – объем заготовки, мм^3 ; $V = H \cdot B \cdot S$

($H = 180$ мм; $B = 510$ мм; $S = 0,8$ мм);

ρ – плотность материала, г/см^3

(для стали $\rho = 7,8$ г/см^3).

$$M_{\text{ЗАГ}} = 200 \cdot 510 \cdot 0,8 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 636,5 \text{ г} = 0,6365 \text{ кг.}$$

Масса детали известна из чертежа ($M_{\text{ДЕТ}} = 0,170$ кг).

Находим КИМ как отношение масс:

$$\text{КИМ} = (M_{\text{ДЕТ}} / M_{\text{ЗАГ}}) \cdot 100\%. \quad (2.4)$$

$$\text{КИМ} = (2 \cdot 0,170 / 0,6365) \cdot 100\% = 0,534 = \mathbf{53,4 \ \%}.$$

2.3.2 Определение КИМ по предлагаемой технологии

Вначале определяем массу трапецевидной заготовки (условно прямоугольной).

$$M_{\text{ЗАГ}} = V \cdot \rho,$$

где $V = H \cdot B \cdot S$ ($H = 187,5$ мм; $B = 535$ мм; $S = 0,8$ мм); $\rho = 7,8$ г/см³.

$$M_{\text{ЗАГ}} = 187,5 \cdot 535 \cdot 0,8 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 596,7 \text{ г} = 0,5967 \text{ кг}.$$

Масса детали известна из чертежа ($M_{\text{ДЕТ}} = 0,170$ кг).

Находим КИМ как отношение масс:

$$\text{КИМ} = (M_{\text{ДЕТ}} / M_{\text{ЗАГ}}) \cdot 100\%.$$

$$\text{КИМ} = (0,170 / 0,5967) \cdot 100\% = 28,32 = \mathbf{28,32 \%}.$$

Делаем вывод о том, что предлагаемый вариант технологического процесса имеет несколько большее значение КИМ.

2. 4 Расчет операционных размеров штамповки

Основное формоизменение детали происходит при вытяжке, фланцовке. Разработка формы вытяжного перехода является одной из важных задач в проектировании процесса вытяжки, т.к. это влияет на форму исходной заготовки, коэффициент использования материала и др.

Построение вытяжного перехода разделим на несколько этапов:

- выберем направление вытяжки;
- определим величины технологических припусков;
- спроектируем форму прижимной поверхности.

2. 4. 1 Выбор направления вытяжки

На практике часто используют обратную вытяжку заготовки для лучшей обтяжки листовой заготовкой пуансона. Используем обратную вытяжку (пуансон неподвижен и находится в нижней части штампа).

2. 4. 2 Определение величины технологических припусков

Технологические припуски необходимы для оптимизации процесса вытяжки, но нельзя забывать, что значительные технологические припуски увеличивают расход металла. Известно, что величина припусков определяется, в основном, условиями обтяжки пуансона заготовкой при вытяжке, т.к. степень торможения заготовки под прижимом во многом зависит от размеров припусков. На их величину также влияют форма и расположение тормозных элементов, и выполнение последующей обрезки.

Условия вытяжки улучшаются при увеличении степени торможения металла заготовки под прижимом. Для улучшения условий вытяжки детали замедлим течение металла заготовки из-под прижима, для чего увеличим площадь контакта прижима штампа с фланцем заготовки. Тормозные элементы не предусматриваются, т.к. вытяжка несложная (на одинаковую глубину и простой формы) и неглубокая (42 мм).

В итоге, технологический припуск предусматриваем для последующей обрезки.

2. 4. 3 Форма прижимной поверхности

При проектировании формы прижимной поверхности следует учитывать необходимое усилие прижима, величину технологических припусков, а также расположение линии последующей обрезки вытяжного перехода.

Проектирование поверхности прижима выполняем в соответствии с основными требованиями, которые предъявляются к ее форме:

- форма должна быть плавной, без резких изломов;
- поверхность прижима должна иметь плавно сопряженные участки плоских, цилиндрических и конических развертывающихся поверхностей;
- форма прижимной поверхности должна обеспечивать равномерную линию контакта пуансона с заготовкой в первоначальный момент.

С учетом всех выше указанных требований и рекомендаций решаем для вытяжки данной детали применить горизонтальную прижимную поверхность. Вытяжка осуществляется из плоской заготовки. Горизонтальное ее положение

наиболее благоприятно: прижимная поверхность не имеет резких изломов; кроме того, обеспечивается равномерность прижима по контуру вытяжки. В итоге, горизонтальное расположение прижимной поверхности обеспечит соответственно равномерное течение металла из-под прижима.

2. 4. 4 Расположение тормозных элементов

Как уже было сказано, конструкция вытяжного перехода не предусматривает использование тормозных элементов. В нашем случае глубина вытяжки незначительна (42 мм) и форма вытяжного проема достаточно проста, поэтому необходимое торможение металла обеспечивается самой прижимной поверхностью.

2. 5 Определение энергосиловых параметров процесса штамповки

2. 5. 1 Определение усилия и работы прессы при резке заготовок

1) Усилие резки заготовок находим по формуле [2, табл. 5]:

$$P = K \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S, \quad (2.5)$$

где K – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла по толщине, а также затупление режущих кромок), $K = 1,2$;

$\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу: по таблице [2, табл. 220] для стали 08кп при $S = 0,8$ мм: $\sigma_{\text{ср}} = 22 \dots 28$ кг/мм²;

S – толщина материала, $S = 0,8$ мм.

L – длина контура резки (рисунок 2.1):

$$L = \sqrt{535^2 + ((215 - 160)/2)^2} = 536 \text{ мм}$$

$$P_{\text{РЕЗКИ}} = 1,2 \cdot 28 \cdot 536 \cdot 0,8 = 14408 \text{ кгс} = 144 \text{ кН.}$$

2) Работа резания на этапе резки заготовок составляет:

$$A = \lambda \cdot P \cdot S / 1000, \quad (2.8)$$

где λ – коэффициент [2, табл. 7]; при $S < 1,0$ мм и $\sigma_{\text{ср}} < 35$ кг/мм² : $\lambda = 0,85 \dots 0,75$.

P – суммарное усилие резания, кгс; $P = P_{\text{РЕЗКИ}}$.

S – толщина материала, мм.

$$A_{\text{ЭТАП}_1} = 1,5 \cdot 14408 \cdot 0,8 / 1000 = 17,3 \text{ кг}\cdot\text{м} \approx 173 \text{ Дж.}$$

2. 5. Определение усилия и работы прессы при вытяжке-пробивке

На этом этапе помимо вытяжки осуществляется пробивка 2-х отверстий.

1) Усилие вытяжки определяем по формуле, используемой для определения усилия вытяжки деталей коробчатой формы [2, табл. 72].

Найдем усилие вытяжки (для коробчатой формы):

$$P_1 = (2A + 2B - 1,72 \cdot R) \cdot \sigma_B \cdot S \cdot K_H, \quad (2.7)$$

где σ_B – предел прочности материала, для стали 08кп при толщине материала $S = 0,8$ мм по таблице [2, табл. 220] $\sigma_B = 26 \dots 33$ кг/мм²;
 A, B – размеры проема матрицы, мм;
 R – радиус углового закругления проема, мм;
 K_H – коэффициент формы, зависит от отношений h / B и R / B
 (h – глубина вытяжки).

Размеры проема (из чертежа детали и чертежа вытяжного перехода):

$A \approx 520$ мм; $B \approx 150$ мм.

Радиус закругления: $R = 7$ мм.

Глубина вытяжки наибольшая: $h = 30$ мм.

Коэффициент K_H : при $h / B = 30 / 150 = 0,20$ и $R / B = 7 / 150 = 0,05$ по таблице [2, табл. 76]: $K_H \approx 0,8$.

В итоге усилие вытяжки коробчатого участка:

$$P_{\text{вытяжки}} = (2 \cdot 520 + 2 \cdot 150 - 1,72 \cdot 7) \cdot 30 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 25958,4 \text{ кгс} = 260 \text{ КН.}$$

Далее находим усилие прижима:

$$P_{\text{прижим}} = (0,15 \dots 0,30) \cdot P_{\text{вытяжки}} = 0,3 \cdot 260 = 78 \text{ КН.}$$

Суммарное усилие вытяжки:

$$P_{\text{вытяжки}} = P_{\text{вытяжки}} + P_{\text{прижим}} = 260 + 78 = 338 \text{ КН.}$$

2) Усилие пробивки будем находить по уже известной формуле:

$$P_{\text{проб.}} = K \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S, \quad (2.9)$$

где L – длина контура пробивки: $L = (\pi \cdot 12) + (\pi \cdot 12 + 36 \cdot 2) = 147$ мм;

1-ая скобка – длина окружности диаметром 12 мм; 2-ая скобка – длина овального отверстия;

S – толщина материала: $S = 0,8$ мм;

K – коэффициент; $K = 1,2$

$$P_{\text{проб.}} = 1,2 \cdot 28 \cdot 147 \cdot 0,8 = 3951 \text{ кгс} = 39,5 \text{ КН.}$$

Кроме операционного усилия пробивки определяем дополнительное технологическое усилие, необходимое для снятия заготовки с пробивных пуансонов и для проталкивания отходов сквозь матрицу.

Усилие снятия:

$$P_{CH} = K_{CH} \cdot P_{ПРОБ.}, \quad (2.10)$$

где K_{CH} – коэффициент снятия; для $S = 0,8$ мм: $K_{CH} = 0,2 \dots 0,6$ [2, табл. 6]

$$P_{CH} = 0,03 \cdot 39,5 = 1,2 \text{ КН.}$$

Усилие проталкивания:

$$P_{ПР} = K_{ПР} \cdot P_{ПРОБ.} \cdot n, \quad (2.11)$$

где $K_{ПР}$ – коэффициент проталкивания, $K_{ПР} = 0,05 \dots 0,10$ [2, стр. 21];

n – количество отходов в шейке матрицы, $n = 3$.

$$P_{ПР} = 0,10 \cdot 39,5 \cdot 3 = 12 \text{ КН.}$$

Определяем суммарное усилие пробивки:

$$P_{ПРОБИВКИ} = P_{ПРОБ.} + P_{CH} + P_{ПР} = 39,5 + 1,2 + 12 = 52,7 \text{ КН.}$$

Суммарное операционное усилие:

$$P_{ЭТАП_2} = P_{ВЫТЯЖКИ} + P_{ПРОБИВКИ} = 338 + 52,7 = 390,7 \text{ КН.}$$

3) Определим работу прессы, затрачиваемую на вытяжку-пробивку:

Работа вытяжки:

$$A_1 = C \cdot P \cdot H / 1000 \quad (2.12)$$

где $C = 0,6 \dots 0,8$ – коэффициент [2, стр. 176];

H – глубина вытяжки, $H = 30$ мм;

P – усилие вытяжки, кг.

$$A_1 = 0,8 \cdot 33800 \cdot 30 / 100 = 8112 \text{ кг} \cdot \text{м} = 81,1 \text{ КДж.}$$

Работа пробивки отверстий:

$$A_2 = \lambda \cdot P \cdot S / 1000, \quad (2.13)$$

где λ – коэфф-нт [2, табл. 7]; при $S < 1,0$ мм и $\sigma_{ср} < 35$ кг/мм²: $\lambda = 0,85 \dots 0,75$.

P – суммарное усилие резания, кгс; $P = P_{ПРОБ.}$

S – толщина материала, мм.

$$A_2 = 0,85 \cdot 3951 \cdot 0,8 / 1000 = 27 \text{ кг}\cdot\text{м} \approx 270 \text{ Дж.}$$

Суммарная работа: $A_{\text{ЭТАП}_2} = A_1 + A_2 = 81,37 \text{ КДж.}$

2. 5. 3 Усилие прессы и работа при 1-ой обрезке-пробивке

На этом этапе выполняется обрезка части контура детали (2 продольных фланца) и пробивка фасонного отверстия, рис. 2.3.

1) Усилие обрезки находим по ранее использованной формуле [2, табл. 5]:

$$P = K \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S,$$

где K – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла по толщине, а также затупление режущих кромок), $K = 1,2$;

$\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу: по таблице [2, табл. 220] для стали 08кп при

$$S = 0,8 \text{ мм: } \sigma_{\text{ср}} = 22 \dots 28 \text{ кг/мм}^2;$$

S – толщина материала, $S = 0,8 \text{ мм.}$

L – длина контура резки (определяется суммированием (рисунок 2.10)

$$L = 2 \cdot (\ell_1 + \dots + \ell_8) = 1226 \text{ мм.}$$

$$\ell_1 \approx 55 \text{ мм; } \ell_2 = 30 \text{ мм;}$$

$$\ell_3 = 20 \text{ мм; } \ell_4 = 390 \text{ мм; } \ell_5 = 30 \text{ мм;}$$

$$\ell_6 = \pi \cdot 15 = 47 \text{ мм; } \ell_7 \approx 25 \text{ мм;}$$

$$\ell_8 \approx \pi \cdot 15 / 3 = 16 \text{ мм;}$$

$$P_{\text{ОБРЕЗКИ 1-ой}} = 1,2 \cdot 28 \cdot 1226 \cdot 0,8 = 32955 \text{ кгс} = 329,6 \text{ КН.}$$

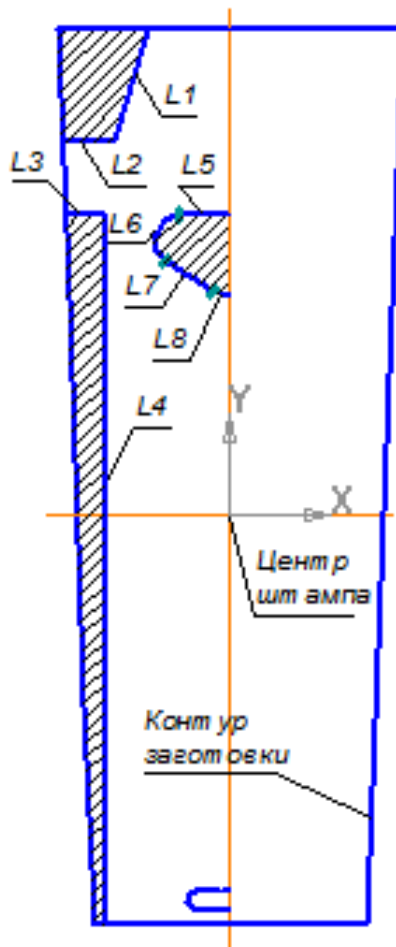


Рисунок 2. 10 – Определение контура 1-ой пробивки-пробивки

2) Работа резания на этапе 1-ой обрезки-пробивки составляет:

$$A = \lambda \cdot P \cdot S / 1000,$$

где λ – коэфф-нт [2, табл. 7]; при $S < 1,0$ мм и $\sigma_{ср} < 35$ кг/мм² : $\lambda = 0,85 \dots 0,75$.

P – суммарное усилие резания, кгс; $P = P_{\text{ОБРЕЗКИ 1-ой}}$.

S – толщина материала, мм.

$$A_{\text{ЭТАП}_3} = 0,85 \cdot 32955 \cdot 0,8 / 1000 = 22,4 \text{ кг} \cdot \text{м} \approx 224 \text{ Дж.}$$

2. 5. 4 Усилие прессы и работа при обрезке 2-ой и пробивке

На этом этапе выполняется 2-ая (окончательная) обрезка контура детали (продольные и поперечные фланцы), и одновременно пробиваются 2 отверстия диаметром 8,0 мм, (рисунок 2.4).

1) Усилие обрезки находим по ранее использованной формуле:

$$P = K \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S, \quad (2.14)$$

где K – коэффициент запаса, $K = 1,2$;

$\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу: $\sigma_{\text{ср}} = 22 \dots 28 \text{ кг/мм}^2$;

S – толщина материала, $S = 0,8 \text{ мм}$.

L – длина контура резки (определяется суммированием (рисунок 2.11))

$$L \approx 2 \cdot (\ell_1 + \dots + \ell_7) = 910 \text{ мм.}$$

$$\ell_1 \approx 30 + 15 + 10 = 55 \text{ мм}; \quad \ell_2 = 35 \text{ мм}; \quad \ell_3 = 15 \text{ мм};$$

$$\ell_4 \approx 35 \text{ мм}; \quad \ell_5 \approx 290 \text{ мм}; \quad \ell_6 = 10 \text{ мм}; \quad \ell_7 = 15 \text{ мм.}$$

$$P_{\text{ОБРЕЗКИ 2-ой}} = 1,2 \cdot 28 \cdot 910 \cdot 0,8 = 24460 \text{ кгс} = 244,6 \text{ КН.}$$

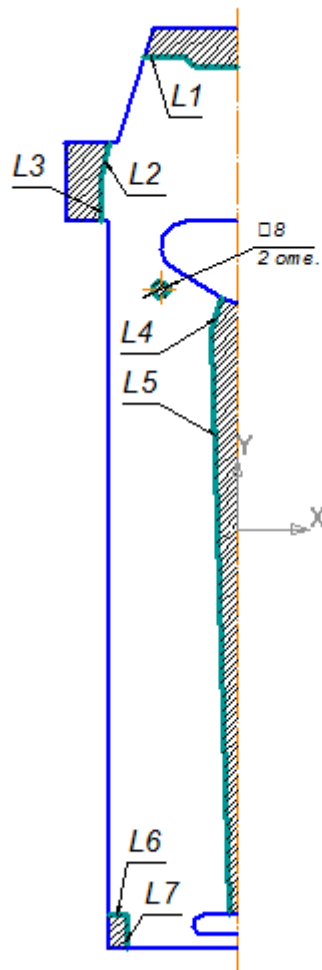


Рисунок 2.11 – Определение контура 2-ой обрезки-пробивки

2) Усилие пробивки будем находить по уже известной формуле:

$$P_{\text{ПРОБ.}} = K \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S,$$

где L – длина контура пробивки: $L = 2 \cdot (\pi \cdot 8) \approx 50$ мм;

S – толщина материала: $S = 0,8$ мм;

K – коэффициент; $K = 1,2$

$$P_{\text{ПРОБ.}} = 1,2 \cdot 28 \cdot 50 \cdot 0,8 = 1350 \text{ кгс} = 13,5 \text{ КН.}$$

Кроме операционного усилия пробивки определяем дополнительное технологическое усилие, необходимое для снятия заготовки с пробивных пуансонов и для проталкивания отходов сквозь матрицу.

Усилие снятия:

$$P_{\text{СН}} = K_{\text{СН}} \cdot P_{\text{ПРОБ.}},$$

где $K_{\text{СН}}$ – коэффициент снятия; для $S = 0,8$ мм: $K_{\text{СН}} = 0,2 \dots 0,6$ [2, табл. 6]

$$P_{\text{СН}} = 0,03 \cdot 13,5 = 0,4 \text{ КН.}$$

Усилие проталкивания:

$$P_{\text{ПР}} = K_{\text{ПР}} \cdot P_{\text{ПРОБ.}} \cdot n,$$

где $K_{\text{ПР}}$ – коэффициент проталкивания, $K_{\text{ПР}} = 0,05 \dots 0,10$ [2, стр. 21];

n – количество отходов в шейке матрицы, $n = 3$.

$$P_{\text{ПР}} = 0,10 \cdot 13,5 \cdot 3 = 4,0 \text{ КН.}$$

Определяем суммарное усилие пробивки:

$$P_{\text{ПРОБИВКИ}} = P_{\text{ПРОБ.}} + P_{\text{СН}} + P_{\text{ПР}} = 13,5 + 0,4 + 4,0 = 17,9 \text{ КН.}$$

Суммарное операционное усилие:

$$P_{\text{ЭТАП}_4} = P_{\text{ОБРЕЗКИ 2-ой}} + P_{\text{ПРОБИВКИ}} = 244,6 + 17,9 = 262,5 \text{ КН.}$$

3) Работа резания на этапе 2-ой обрезки-пробивки составляет:

$$A = \lambda \cdot P \cdot S / 1000,$$

где λ – коэфф-нт [2, табл. 7]; при $S < 1,0$ мм и $\sigma_{\text{ср}} < 35$ кг/мм²: $\lambda = 0,85 \dots 0,75$.

P – суммарное усилие резания, кгс; $P = P_{\text{ПРОБ.}} + P_{\text{ОБРЕЗКИ 2-ой}}$.

S – толщина материала, мм.

$$A_{\text{ЭТАП}_4} = 0,85 \cdot (24460 + 1350) \cdot 0,8 / 1000 = 17,8 \text{ кг} \cdot \text{м} \approx 178 \text{ Дж.}$$

2. 5. 5 Усилие и работа пресса при внутренней фланцовке

На этом этапе выполняется внутренняя фланцовка: производится загиб на 90° двух симметричных кромок, полученных пробивкой продолговатого фасонного отверстия.

1) Усилие фланцовки будем находить по формуле, используемой для нахождения усилия гибки [2, табл. 23]:

$$P \approx 1,25 \cdot V \cdot S \cdot \sigma_B \cdot K_G, \quad (2.15)$$

где V – длина линии изгиба: $V \approx 2 \cdot 290 = 580$ мм (из чертежа детали);

σ_B – предел прочности стали: для стали 08кп при $S = 0,8$ мм

$$\sigma_B = 30 \text{ кг/мм}^2 \text{ [2, табл. 220].}$$

K_G – коэффициент гибки, зависит от геометрии пуансона и матрицы (от R_{Π} и R_M) и от толщины материала, принимаем $K_G \approx 0,125$ [2, табл. 25].

Усилие фланцовки:

$$P_{\text{ЭТАП}_5} = 1,25 \cdot 580 \cdot 0,8 \cdot 30 \cdot 0,125 = 2172 \text{ кгс} = 21,7 \text{ КН.}$$

2) Работу на этапе фланцовки определим приближенно, задавшись ходом деформирования (зная путь перемещения пуансона); будем использовать формулу, используемую для определения работы вытяжки:

$$A = C \cdot P \cdot H / 1000 \quad (2.16)$$

где $C = 0,6 \dots 0,8$ – коэффициент [2, стр. 176];

H – ход деформирования, $H \approx 15$ мм (высота загибаемой кромки);

P – усилие внутренней фланцовки, кг.

$$A_{\text{ЭТАП}_5} = 0,8 \cdot 2172 \cdot 15 / 1000 = 26,4 \text{ кг} \cdot \text{м} = 264 \text{ Дж.}$$

2. 5. 6 Усилие и работа пресса при наружной фланцовке

На этом этапе выполняется разгиб (спрямление) продольных наружных фланцев спаренной заготовки. Данная операция классифицируется как гибка [2, стр. 226].

1) Усилие будем находить по формуле, используемой для нахождения усилия гибки, т.к., согласно рекомендации в [2, стр. 226], фланцовку незамкнутого наружного контура можно рассматривать как криволинейную одноугловую гибку:

$$P \approx 1,25 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_B \cdot K_\Gamma, \quad (2.17)$$

где L – периметр разгиба фланца: $L \approx (390 + 120) \cdot 2 \approx 1020$ мм;

σ_B – предел прочности стали: для стали 08кп при $S = 0,8$ мм,

$$\sigma_B = 28 \text{ кг/мм}^2 \text{ [2, табл. 220];}$$

K_Γ – к-нт гибки, зависит от геометрии пуансона и матрицы (от R_Π и R_M) и толщины материала; принимаем $K_\Gamma = 0,2 \dots 0,3$ [2, табл. 25].

Суммарное операционное усилие:

$$P_{\text{ЭТАП}_7} = 1,25 \cdot 1020 \cdot 0,8 \cdot 28 \cdot 0,30 = 8568 \text{ кгс} = 85,7 \text{ КН.}$$

2) Работу на этапе отбортовки определим приближенно, задавшись ходом деформирования (зная высоту получаемого фланца); будем использовать формулу, используемую для определения работы вытяжки:

$$A = C \cdot P \cdot H / 1000 \quad (2.18)$$

где $C = 0,6 \dots 0,8$ – коэффициент [2, стр. 176];

H – высота фланца, $H \approx 10$ мм;

P – усилие наружной фланцовки, кг.

$$A_{\text{ЭТАП}_6} = 0,8 \cdot 8568 \cdot 10 / 1000 = 68,5 \text{ кг} \cdot \text{м} = 685 \text{ Дж.}$$

2. 5. 7 Усилие прессы и работы при разрезке

Выполняется окончательная разрезка спаренной заготовки: со стороны коротких кромок отрезаются две перемычки. В итоге спаренная заготовка делится на 2 зеркальные части – левую и правую детали.

1) Усилие разрезки находим по ранее использованной формуле:

$$P = K \cdot \sigma_{cp} \cdot L \cdot S,$$

где K – коэффициент запаса, $K = 1,2$;

$\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу: $\sigma_{\text{ср}} = 22 \dots 28 \text{ кг/мм}^2$;

S – толщина материала, $S = 0,8 \text{ мм}$.

L – длина контура резки (определяется суммированием (рисунок 2.12)

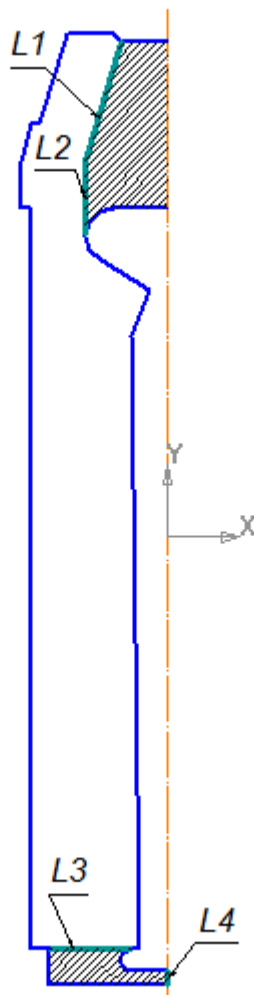


Рисунок 2.12 – Определение контура резки

$$L \approx 2 (\ell_1 + \dots + \ell_4) = 280 \text{ мм.}$$

$$\ell_1 \approx 70 \text{ мм}; \quad \ell_2 = 35 \text{ мм}; \quad \ell_3 = 25 \text{ мм}; \quad \ell_4 \approx 10 \text{ мм.}$$

$$P_{\text{РАЗРЕЗКИ}} = 1,2 \cdot 28 \cdot 280 \cdot 0,8 = 7526 \text{ кгс} = 75,3 \text{ КН.}$$

2) Работа резания на этапе резки составляет:

$$A = \lambda \cdot P \cdot S / 1000,$$

где λ – к-нт [2, табл. 7]; при $S < 1,0 \text{ мм}$ и $\sigma_{\text{ср}} < 35 \text{ кг/мм}^2$: $\lambda = 0,85 \dots 0,75$.

P – суммарное усилие резания, кгс;

S – толщина материала, мм.

$$A_{\text{ЭТАП}_7} = 0,85 \cdot 7526 \cdot 0,8 / 1000 = 5,1 \text{ кг}\cdot\text{м} \approx 51 \text{ Дж.}$$

Теперь требуется просуммировать все найденные для каждой операции (кроме заготовительного этапа – резки заготовок) значения усилий, чтобы определить – какими энерго-силовыми параметрами должно обладать новое оборудование (пресс-автомат).

Суммарное усилие на всех операциях:

$$P_{\text{СУММ.}} = P_{\text{ЭТАП}_2} + P_{\text{ЭТАП}_3} + P_{\text{ЭТАП}_4} + P_{\text{ЭТАП}_5} + P_{\text{ЭТАП}_6} + P_{\text{ЭТАП}_7} \quad (2.20)$$

$$P_{\text{СУММ.}} = 390,7 + 329,6 + 262,5 + 21,7 + 85,7 + 75,3 = 1165,5 \text{ КН} = \\ = 1,17 \text{ МН (или 117 т.с.)}$$

$$A_{\text{СУММ.}} = A_{\text{ЭТАП}_2} + A_{\text{ЭТАП}_3} + A_{\text{ЭТАП}_4} + A_{\text{ЭТАП}_5} + A_{\text{ЭТАП}_6} + A_{\text{ЭТАП}_7} \quad (2.21)$$

$$A_{\text{СУММ.}} = 81370 + 224 + 178 + 264 + 685 + 51 = 82772 \text{ Дж.}$$

3. Выбор оборудования

Определив усилия, требуемые на каждой операции, необходимо подобрать оборудование для выполнения технологического процесса, а также выбрать средства автоматизации, оговоренные при построении схемы нового техпроцесса. Кроме того, следует увязать работу прессы и выбранных средств автоматизации, построив цикловую диаграмму работы автоматической линии

3.1. Выбор оборудования. Основные характеристики

При выборе прессы исходим из следующих соображений:

- тип прессы и величина хода должны соответствовать технологическим операциям;
- номинальное усилие прессы должно быть больше усилия, требуемого для выполнения всех операций штамповки;
- мощность прессы должна быть достаточной для выполнения работы, требуемой для всех штамповочных операций;
- пресс должен обладать достаточной жесткостью;
- закрытая высота прессы должна соответствовать или превышать закрытую высоту штампа;
- габаритные размеры стола и ползуна должны обеспечивать возможность установки и закрепления штампов;
- число ходов должно обеспечивать требуемую производительность;
- обслуживание прессы должно соответствовать требованиям техники безопасности.

Подбор по усилию производим, исходя из рассчитанного полного усилия.

В общем случае номинальное усилие прессы определяется:

$$P_{\text{ПРЕССА}} = 1,5 \cdot P_{\Sigma},$$

где P_{Σ} - полное технологическое усилие;

1,5 – коэффициент запаса.

Коэффициент запаса учитывает возможные обстоятельства при выполнении техпроцесса, а именно: замена штампуемого материала на более прочный или имеющий большую толщину; потери на трение в направляющих штампа и др.

Рассчитаем рекомендуемое усилие прессы:

2) Автоматическая многопозиционная штамповка:

$$P_{\text{ПРЕССА}} = 1,5 \cdot 1,18 = 2,0 \text{ МН.}$$

Выбор оборудования производим с учетом имеющегося на производстве парка прессов.

Для первой операции техпроцесса с учетом требуемого технологического усилия и оптимального числа ходов выбираем кривошипный пресс фирмы “Innocenti” усилием 300 т.с. (3,0 МН). Выбранный пресс используется совместно с автоматической подачей заготовок в зону обработки, что позитивно скажется на общем показателе штучного времени штампуемой детали.

Для остальных операций выбор прессового оборудования проводим среди многопозиционных прессов-автоматов. Ближайший больший по усилию пресс – автомат фирмы “Erfurt” усилием 3,2 МН. Однако, подходящий по усилию пресс обладает меньшей мощностью, чем требуется для выполнения рассчитанной работы. Кроме того, расстояние между позициями штамповки составляет 600 мм, больше подходящее для штамповки крупногабаритных деталей.

Останавливаем выбор на пресс-автомате модели FT2-60 усилием 6,0 МН (рисунок 3.1). Разница в усилиях значительная – пресс будет недогружен. Мощность соответствует требуемой. Выбираем этот пресс для выполнения рассматриваемого техпроцесса. Применение более мощного прессы обеспечит повышенную жесткость станины, а следовательно – большую стойкость штампов, особенно на разделительных операциях.

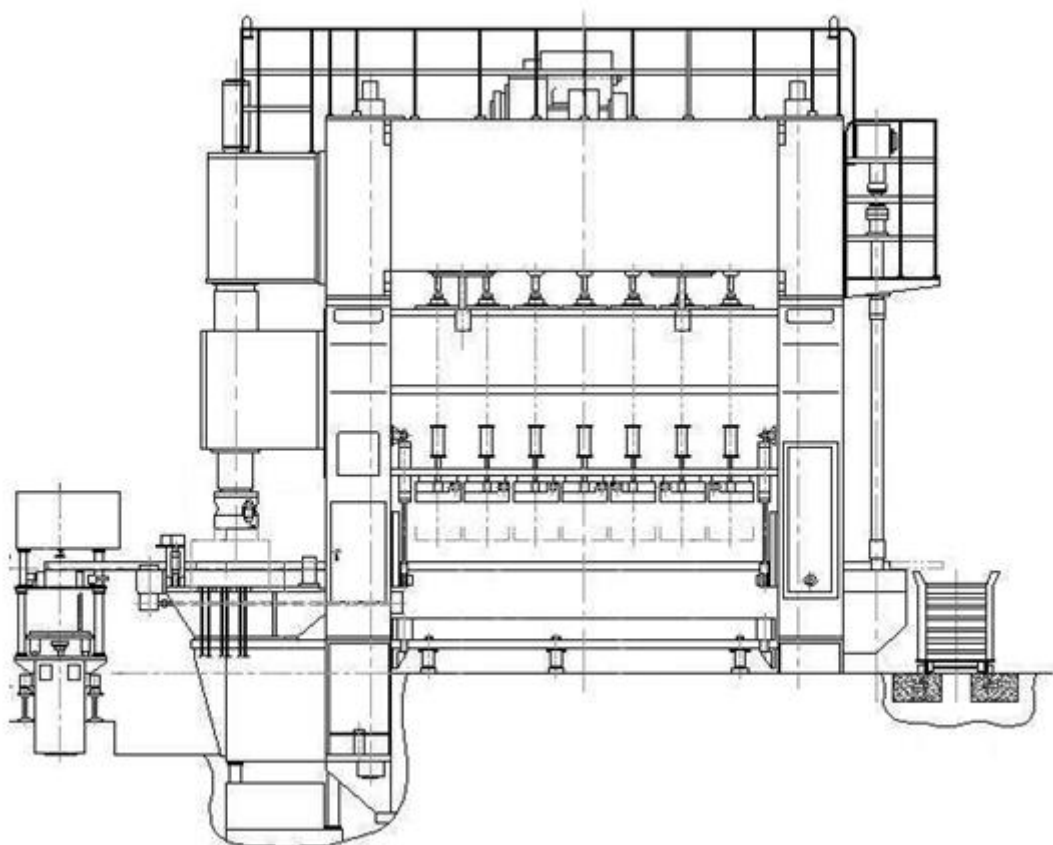


Рисунок 3.1 (а) – автоматическая линия на базе прессы FT2-60

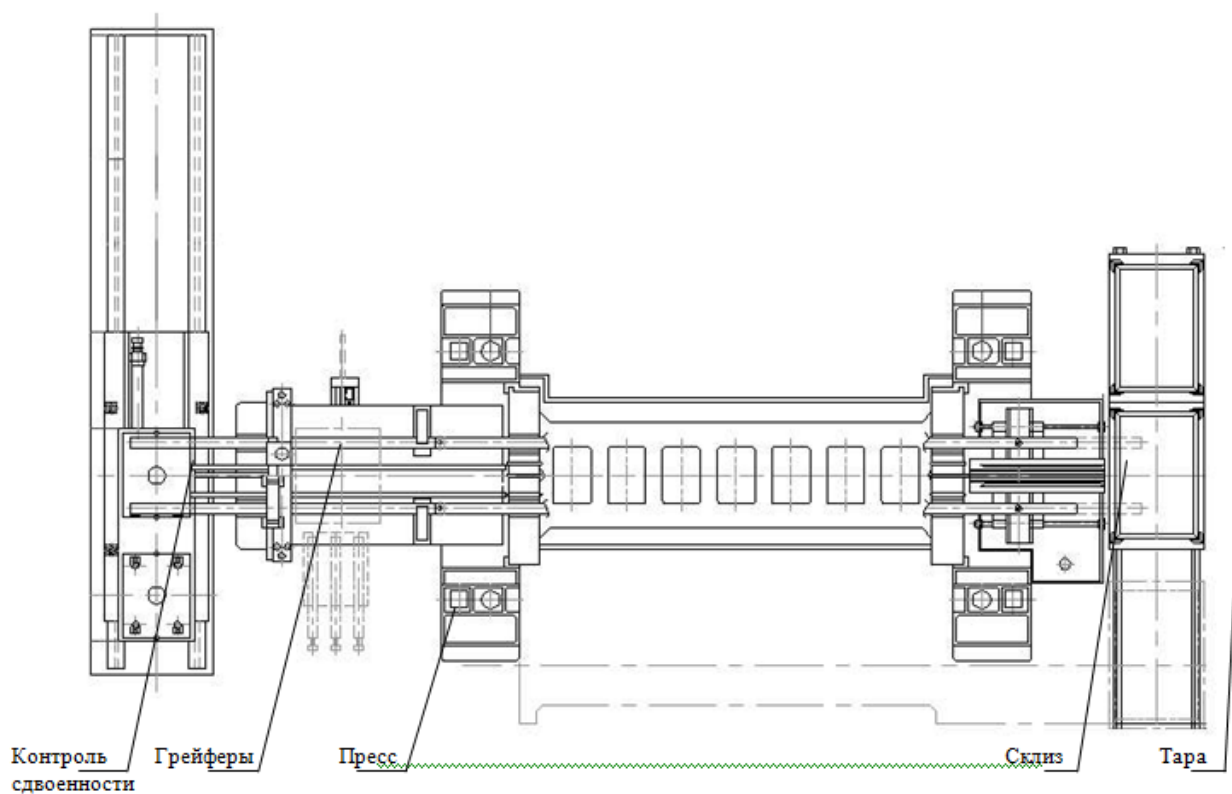


Рисунок 3.1 (б)

Технические характеристики прессы FT 2-60 M2:

Номинальное усилие прессы, МН	6,00
Мощность электродвигателя, кВт	90,0
Размеры заготовки, мм:	
- максимальные	420 × 580
- минимальные	200 × 300
толщина заготовки, мм	0,6...4,0
Число позиций	8
Расстояние между позициями, мм	500
Ход ползуна, мм:	
- на основных позициях	400
- на вырубной позиции	80
Число ходов ползуна в минуту:	
- при штамповке из рулона	12...25
- при 2-х координатах	12...32
- при 3-х координатах	18 max.
Закрытая высота прессы, мм:	
- основной ползун	840
- ползун вырубной позиции	490
Уровень транспортировки заготовки, мм	530
Усилие маркетных подушек, кН:	
- на позициях 2 – 3	300
- на позициях 4 – 5	200
- на позициях 6 – 8	100
Длина хода маркетных подушек, мм	160
Усилие вспомогательных подушек, кН	3,0
Длина хода вспомогательных подушек, мм	160

3.2. Выбор средств автоматизации

Основные характеристики

Автоматизация процессов листовой штамповки позволяет в несколько раз увеличить производительность труда, а также обеспечивает полную безопасность работ на прессах.

При ручной подаче заготовок и ручном удалении изделий и отходов число ходов пресса используется лишь на 25-30%. При полной автоматизации коэффициент использования числа ходов пресса составляет 80-95% (происходит потеря времени на замену штампов, заправку ленты). Кроме того, автоматизация процесса штамповки позволяет увеличить номинальное число ходов пресса без его модернизации на 20-30%.

Устройства автоматизации выбираются из конкретных условий технологического процесса и вида материала. В зависимости от вида материала применяются следующие типы устройств подачи:

- 1) для рулонного и полосового материала – автоматизация подачи при помощи устройств валкового и крючкового типов;
- 2) для листового материала – механизация подъема и направления листа в штамп;
- 3) для штучных заготовок – автоматизация подачи при помощи бункерных и грейферных устройств.

Для автоматизации подачи (и передачи) штучных заготовок используются следующие устройства:

- питатели штучных заготовок (рисунок 3.2), смонтированные в одну технологическую линию с прессом; устройства бункерного или лоткового типа; транспортеры;

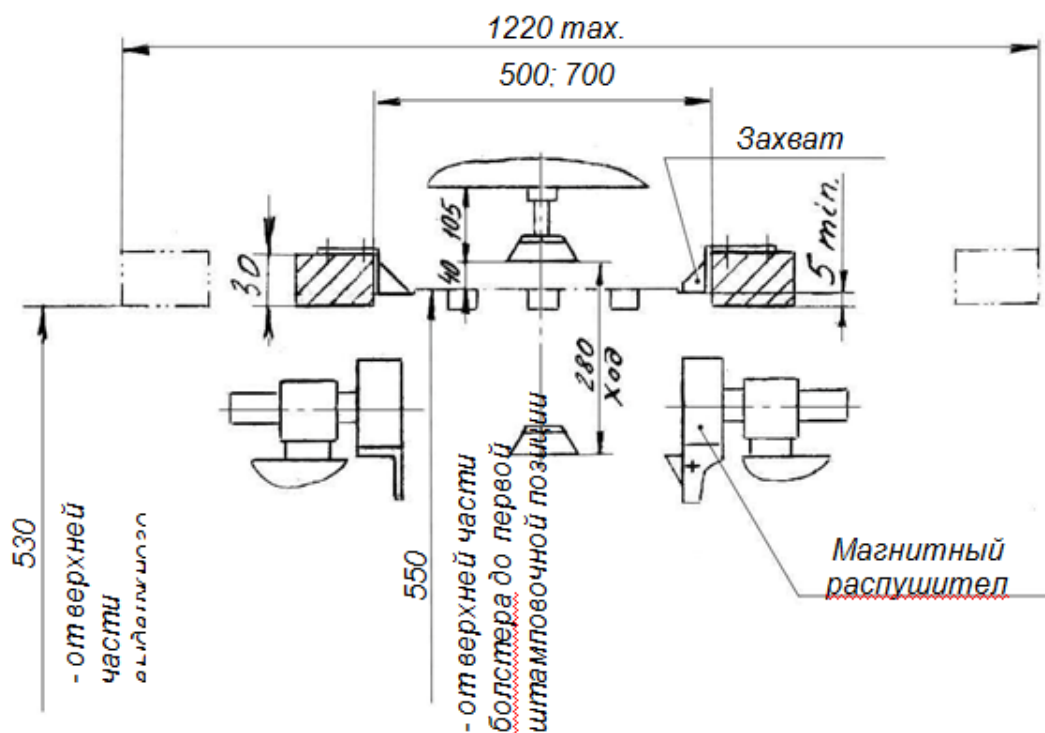


Рисунок 3.2 – Питатель штучных заготовок

- шиберные, револьверные, грейферные подающие устройства
- универсальные съемные механизмы подачи, монтируемые к любому оборудованию (механические руки; лотки и др.).

Шиберная подача не обладает универсальностью в использовании, т.к. требуется непрерывная поверхность для транспортировки (передачи) заготовки. При многопозиционной штамповке на нескольких штампах это требование не выполняется.

Для многопозиционных прессов широко используется грейферное подающее устройство, которое является универсальным, т.к. допускает регулирование шага подачи и наладку на различную конфигурацию заготовки (используя сменные захваты).

Из всех видов механизмов автоматизации подачи в многопозиционные прессы наиболее подходящей для предлагаемого техпроцесса является грейферная подача, которая в комплексе с оборудованием и другими

вспомогательными средствами автоматизации образуют законченную автоматическую линию.

Помимо автоматизации процесса передачи заготовок следует обеспечить автоматический режим отделения штучной заготовки от стопы в таре, а также предусмотреть автоматизацию подачи заготовки в зону действия грейферных линеек. Для отделения заготовки от стопы решаем использовать питатель, имеющий пневматический тип захвата (присоски) и оснащенный магнитным распушителем стопы. Предусматриваем также контроль сдвоенной заготовки, установив специальное устройство перед подачей заготовки в зону действия грейферов (сдвоенная листовая заготовка по склизу выводится из рабочей зоны).

3.3. Описание состава автоматической линии

Автоматическая линия на базе прессы FT2-60 представлена на рисунке 3.3. В ее состав входит питатель штучных заготовок (1), к которому по рельсам перемещается тележка (2) с уложенными листовыми заготовками. Далее размещено устройство (3) для подачи штучных заготовок в зону действия грейферных линеек, оснащенное контролирующим сдвоенность заготовки устройством. Грейферные линейки (4) работают синхронно с многопозиционным прессом (5), используя привод от прессы (через вертикально расположенный вал отбора мощности). Грейферы проходят сквозь всю рабочую зону прессы. Сам пресс, помимо 7 основных позиций штамповки, оснащен дополнительной вырубной позицией для возможности переналадки технологической схемы (при штамповке из рулонного материала или из прямоугольных карточек).

Завершают технологическую цепь транспортер (6) и тара для укладки деталей (7).

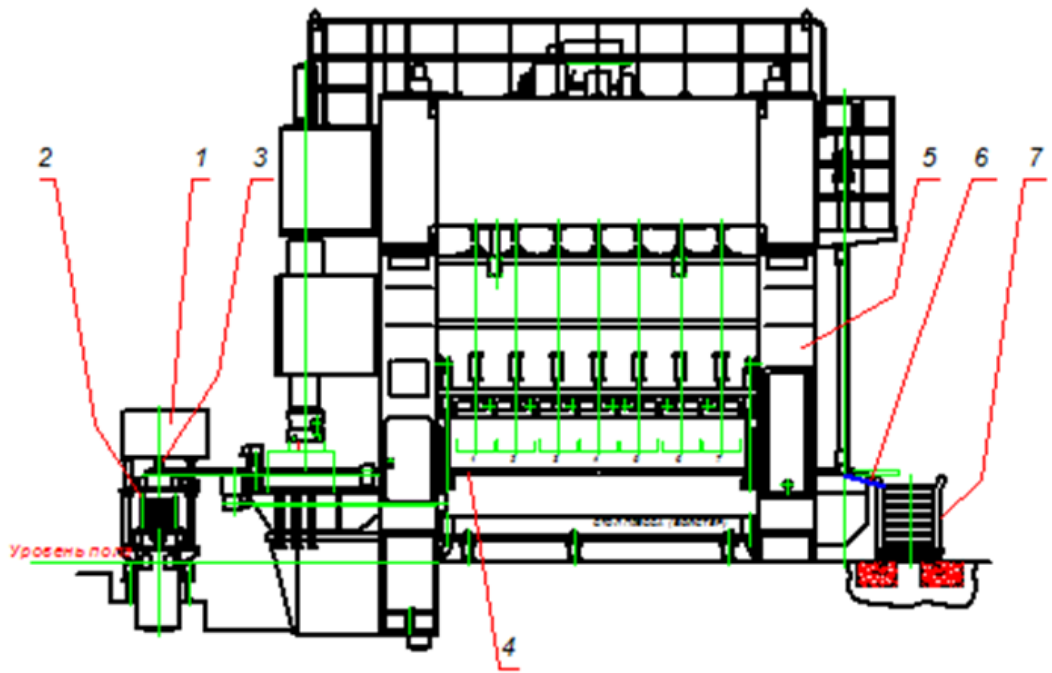


Рисунок 3.3 – Состав автоматической линии

4. Разработка конструкции штамповой оснастки

4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки

Вытяжной штамп имеет плиту низа и плиту верха, к которым присоединены основные детали штампа. Для надежного крепежа используются штифты и винты.

На плите низа (поз.1) расположен прижим (поз.13), приводимый в движение 6 толкателями диаметром 38 мм (толкатели работают от пневмоподушки через воздействие маркетных шпилек). Вертикальный ход прижима (40 мм) ограничен 4-мя специальными ограничительными скобами (поз. 218), расположенными симметрично вдоль продольной оси штампа, рис. 4.1. Сами ограничительные скобы крепятся винтами (M12) к плите низа.

Внутри полости прижима расположен цельный литой пуансон (поз. 8), закрепленный на подставке (поз.7). Подставка крепится к нижней плите.

Матрица, расположенная в верхней части штампа, выполнена секционной. 8 секций (поз. 24-32) закреплены на верхней плите, образуя полость. В этой полости расположен подпружиненный выталкиватель (поз. 17), соединенный с верхним толкателем (поз. 214). Выталкиватель имеет возможность перемещаться вертикально в полости матрицы (ход 40 мм). Вертикальное перемещение происходит за счет установленных 10 пакетов пружин (рисунок 4.3). Каждый пакет состоит из пружины (поз. 211), двух втулок (поз. 212, 213) и винта (поз. 18), стягивающего весь пакет (рисунок 4.5). Пакеты на 40 мм утоплены внутрь выталкивателя, остальная их часть размещена в плите верха (в предусмотренных полостях). Усилие, создаваемое 10 пакетами пружин, требуется, во-первых, для качественного формообразования донной части вытяжного перехода, а во-вторых, для выталкивания отштампованной заготовки из полости матрицы.

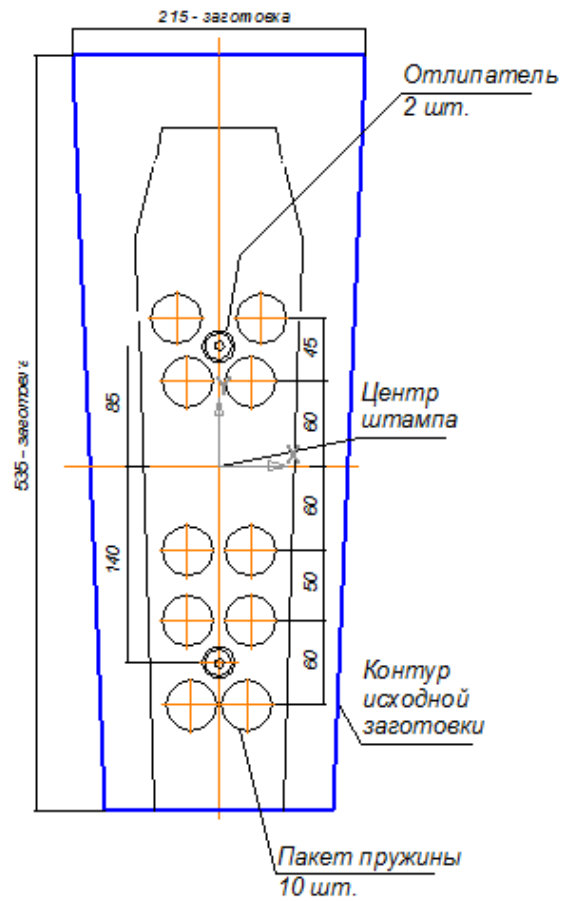


Рисунок 4.3 – Пакеты пружин и отлипатели в верхней части вытяжного штампа

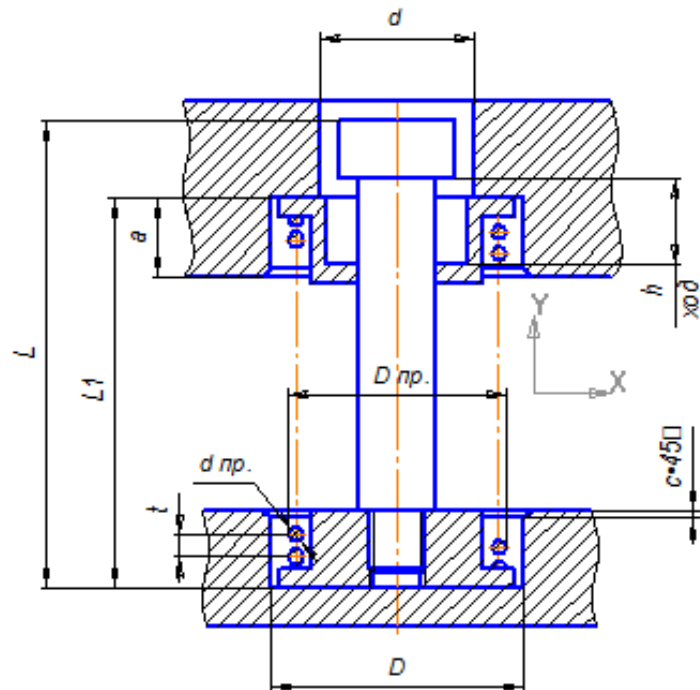


Рисунок 4.5 – Пакет пружин

Внутри выталкивателя предусмотрены 2 подпружиненных отлипателя (поз.208). Они имеют возможность вертикального хода (12 мм) за счет разжатия пружин (поз.210). Назначение отлипателей – перед вытяжкой обеспечить предварительный поджим листовой заготовки к пуансону, предупредив прогиб заготовки.

Кроме 8 секций в состав матрицы входят 4 вставки (поз. 22, 23), выполняющие формовку 4 участков. Вставки установлены в специально предусмотренных пазах в секциях матрицы (поз. 26, 27, 28, 29).

Данный штамп предназначен для вытяжки и одновременной пробивки 2 технологических отверстий: круглого Ø12 мм и овального 48×12 мм.

Пробивные пуансоны (поз. 14, 19) расположены в верхней части штампа: при помощи пуансонодержателей (поз. 15, 216 соответственно) они крепятся к плите верха. Предусмотрены также подкладные плитки (поз. 16, 215). Их назначение – предохранять верхнюю плиту от смятия под давлением, передаваемым пуансонами (плита изготавливается из более мягкого материала, чем пуансон). Далее будет выполнен прочностной расчет подкладных плиток.

Пробивные матрицы (поз. 21, 205) запрессованы в вытяжной пуансон. Матрица для пробивки круглого отверстия (поз. 205) крепится к вытяжному пуансону при помощи запирающей шпонки (поз. 204), а матрица для пробивки овального отверстия (поз. 21) крепится пуансону (поз. 8) посредством 4 винтов с предварительной фиксацией 2 штифтами. Матрица (поз. 21) одновременно выполняет роль вставки пуансона, завершая (замыкая) его внешний контур. Для удаления отходов, образующихся в результате пробивки отверстий, в теле пуансона подставки выполнены 2 отверстия (в теле подставки – под наклоном 60°). Отход попадает на лотки (поз. 3, 12), закрепленные на нижней плите.

Фиксация заготовки на поверхности прижима производится по ее трапецевидной форме – при помощи 8 цилиндрических ловителей Ø16 мм (поз. 9, 11), вкрученных (по резьбе) в прижим (рисунок 4.2). Кроме этого, в тело прижима вмонтированы 4 магнитных подпружиненных подъемника (собранных в обойму (поз. 5) с пружинами (поз. 203), помогающих

фиксировать заготовку после процесса штамповки, перед переходом грейферных линеек. Подъемники обеспечивают вертикальное перемещение заготовки над пуансоном на 70 мм.

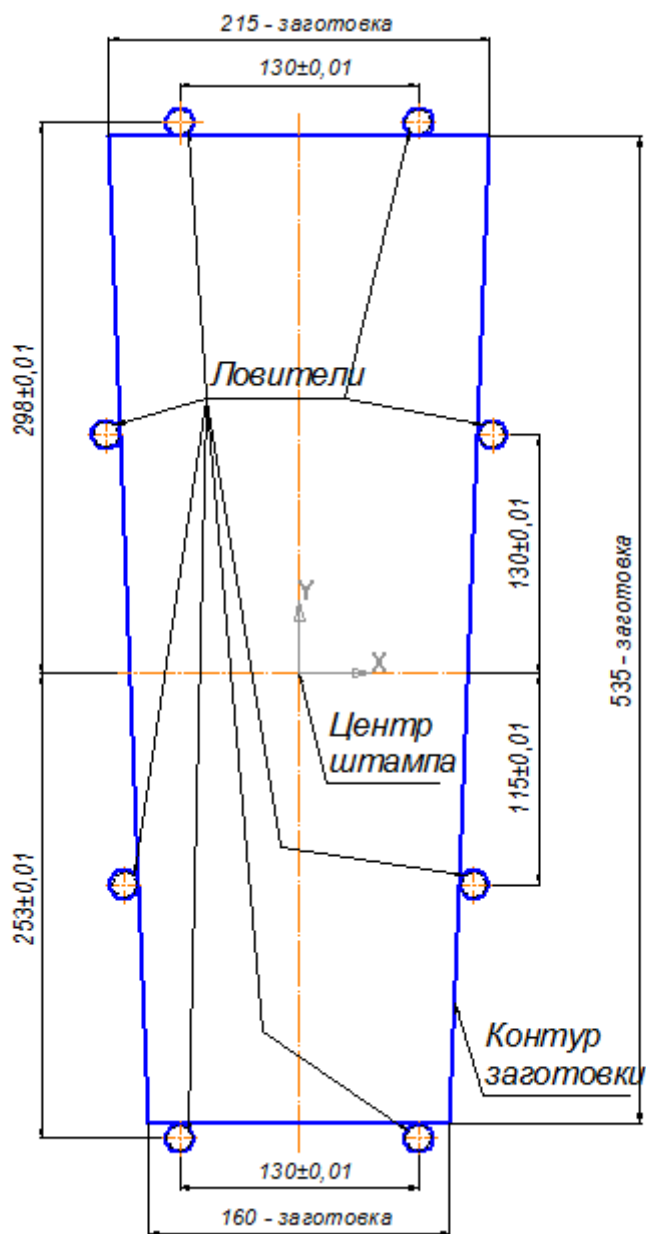


Рисунок 4.2 – Ловители в вытяжном штампе

Ориентация плит верха и низа относительно друг друга выполняется при помощи 4 пар направляющих колонок и втулок. Колонки закреплены в плите верха, т.к. необходимо обеспечить беспрепятственный подход грейферных линеек в рабочую зону (при раскрытии штампа колонки уходят вместе с верхней плитой, делая рабочую зону штампа доступной для средств

автоматизации). Направляющие втулки запрессованы в плиту низа и дополнительно крепятся накладными крышками (поз. 201).

В штампе предусмотрены 4 ограничителя закрытой высоты (поз. 206), необходимые для безопасной работы штампа. Ограничители расположены соосно с направляющими колонками, на верхней плите. В аварийной ситуации происходит контакт ограничителей с поверхностью плиты низа, предупреждая нежелательное касание рабочих частей штампа (пуансона и секций матрицы), способное привести к их поломке.

Для возможности транспортировки штампа в плите низа предусмотрены 4 грузовых прилива $\varnothing 60$ мм. В случае необходимости транспортировки верхней части штампа в верхней плите также предусмотрены 4 грузовых прилива $\varnothing 60$ мм.

Для крепления штампа к столу пресса в плите низа предусмотрены 4 паза шириной 30 мм. Предварительно (перед крепежом плиты низа к столу пресса) плиту фиксируют при помощи штифтов, для чего в плите выполнены 2 отверстия $\varnothing 16$ мм (это обеспечивает высокую точность позиционирования всех штампов, находящихся на едином столе пресс-автомата). Плита верха крепится к ползуну пресса аналогичным образом. Кроме того, возможен крепеж верхней плиты при помощи специальных пневматических захватов.

Работа вытяжного штампа

При помощи рейферных линеек листовая фасонная заготовка (535×215 мм) подается в рабочую зону штампа. Прижим, приводимый в движение толкателями, находится в верхнем положении. Заготовка попадает на него и фиксируется в полости штампа при помощи 8 ловителей и 4 магнитных подъемников, находящихся в верхнем положении. При опускании ползуна пресса подъемники уходят в тело прижима; происходит контакт заготовки с прижимом. Маркетные шпильки перемещаются вниз, в результате чего начинает опускаться сам прижим. Далее происходит контакт заготовки с

вытяжным пуансоном. Начинается процесс вытяжки. Одновременно происходит контакт двух пробивных пуансонов с плоскостью заготовки - выполняется пробивка 2 отверстий. Отход через отверстия в вытяжном пуансоне попадает на наклонные лотки и удаляется из штампа.

По окончании движения ползуна вниз верхняя и нижняя части штампа смыкаются – процесс вытяжки завершен.

При ходе ползуна пресса вверх под действием пневмоподушки через маркетные шпильки приводятся в движение нижние толкатели. Прижим поднимается на 40 мм, из него выходят (на 70 мм) магнитные подъемники. Отштампованная заготовка оказывается на поверхности подъемников. Таким образом, магнитные подъемники, совместно с перемещающимся вверх массивным прижимом, выполняют снятие штамповки с вытяжного пуансона.

В том случае, если заготовка останется в полости матрицы, расположенный в матрице выталкиватель под действием верхнего толкателя и 10 пакетов пружин извлечет заготовку. В этом случае заготовка также окажется на магнитах 4 подъемников, находящихся в крайнем верхнем положении.

Далее подходят грейферные линейки, и заготовка, находясь на 4 подъемниках, переносится на следующую позицию штамповки.

4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов для изготовления деталей штампа

4.2.1. Расчет опорной поверхности пуансона на смятие

Проверочному расчету на прочность подлежат наиболее нагруженные пробивные пуансоны малых размеров. Это связано с тем, что при пробивке отверстий удельная нагрузка на режущие кромки пуансона в 2–3 раза больше, чем у матрицы.

Режущие кромки пуансона подвергаются резким циклическим нагрузкам ударного характера, одновременно с действием изгибающего момента.

Часто поломка пробивных пуансонов малого \varnothing является следствием недостаточной жесткости пресса и упругой деформацией его станины.

Для правильного выбора материала пуансона необходимо сделать расчет пуансона на прочность. Расчеты произведем для пробивного пуансона $\varnothing 8,0$ мм (пробивка 2 отверстий на операции обрезки-пробивки):

$$\sigma_{см} = P/F, \quad \text{где}$$

1) $P = k \cdot \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{ср}$ – усилие на пробивку отверстия;

k – коэффициент запаса ($k = 1,2$);

$S = 0,8$ мм – толщина ленты;

$\sigma_{ср} = 29$ кг/мм² = 290 МПа – сопротивление срезу.

$$P = 1,2 \cdot \pi \cdot 8,0 \cdot 0,8 \cdot 29 = 700,0 \text{ кгс} = 70,0 \text{ кН};$$

2) $F = \pi d_1^2 / 4 = 3,14 \cdot 14^2 / 4 = 153,94$ мм² – площадь опорной поверхности;

$d_1 = 14$ мм – диаметр опорной поверхности пуансона (рисунок 4.4).

$$\sigma_{см} = 700 / 153,94 = 4,55 \text{ кгс} / \text{мм}^2 = 45,5 \text{ МПа}.$$

$\sigma_{см}$ не превышает $[\sigma_{см}] = 80$ МПа, тем не менее, желательно предусмотреть стальную прокладку (подкладную плитку) для обеспечения долговечности штамповой плиты.

4.2.2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении

$$\sigma_{сж} = P / f \leq [\sigma_{сж}], \quad \text{где}$$

1) $P = 700$ кгс – усилие пробивки;

2) $f = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot 8^2 / 4 = 50,3$ мм² – площадь рабочей части пуансона;

d – диаметр наименьшего сечения, мм.

$$\sigma_{сж} = 700 / 50,3 = 13,9 \text{ кгс} / \text{мм}^2 = 139 \text{ МПа}$$

По таблице [3, табл. 1.5] выбираем материал пуансона: сталь У10А со значением $[\sigma_{сж}] = 1600$ МПа.

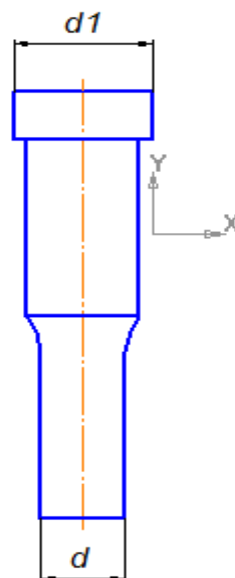


Рисунок 4.4 – Пуансон пробивной
(к расчету прочности)

4.2.3. Расчет подкладки на прочность

Назначением прокладок (подкладных плиток) является предохранение верхней плиты от смятия, т.к. она изготавливается из более мягкого материала, чем пуансон.

Давление, передаваемое пуансоном на плитку, определяется по формуле:

$$P = P_p / F, \quad \text{где}$$

$$P_p = 700 \text{ кгс} - \text{усилие пробивки};$$

$$F = 153,9 \text{ мм}^2 - \text{площадь верхнего торца} - \text{опорной поверхности } (\text{Ø}14).$$

$$P = 700 / 153,94 = 4,56 \text{ кгс/мм}^2 = 45,6 \text{ МПа}.$$

Для подкладной плитки выбираем материал:

Сталь 40Х со значением $[\sigma_{см}] = 200 \text{ МПа}$. Запас прочности гарантирован.

4.2.4. Выбор материалов для изготовления деталей штампа

Выбор материалов для изготовления других деталей вытяжного штампа проводим с учетом условий работы конкретного элемента конструкции штампа. Используем существующие рекомендации по выбору материалов для деталей штампов холодной штамповки [3, табл. 19].

Сведения о выбранных материалах заносим в таблицу 4.1:

Таблица 4.1 - Материалы, выбранные для изготовления деталей штампа

Деталь штампа	Материал	Рекомендуемая твердость	Термообработка
1	2	3	4
Пуансон вытяжной	X12MФ	HRC 49...53	
Матрица вытяжная (секции матрицы)	X12MФ	HRC 49...53	Азотирование до получения указанной твердости на глубину H = 0.8...1.2 мм
Выталкиватель	Сталь У10А	HRC 55...59	
Пунсон пробивной	Сталь У10А	HRC 59...63	
Матрица пробивная	Сталь У8А	HRC 55...59	
Плиты верха, низа	Сталь 35Л	-	Отжиг
Плиты подкладные	Сталь 40Х	HRC 40...45	
Подставка под (пуансон)	Сталь 45	HB 241...285	
Отлипатели	Сталь 45	HRC 35...40	
Скобы-ограничители	Сталь 19 ХГН	HRC 48...54	
Прижим	X12MФ	HRC 51...55	
Подъемник	Сталь 45	HRC 37...42	
Ловители	Сталь 19 ХГН	HRC 51...55	Цементация на глубину H= 0,8...1,2 мм
Держатели	Сталь 45	HB 241...285	
Толкатели	Сталь 45	HRC 32...37	

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Колонки направляющие	Сталь 20	HRC 60...64	Цементация на глубину H= 0,5...0,8 мм
Втулки направляющие	Сталь 20	HRC 60...64	Цементация на глубину H= 0,5...0,8 мм
Лоток	Ст 3		

4.3. Определение числа и расположения упругих элементов

Пружины в штампе необходимы:

- 1) для выталкивания отштампованной заготовки из полости матрицы;
- 2) для подъема магнитных подъемников;
- 3) для хода отлипателей.

4.3.1. Выбор пружин для выталкивания заготовки из полости матрицы

Данная операция выполняется, как уже было сказано в описании конструкции штампа, при помощи выталкивателя, расположенного в полости матрицы. Усилие обеспечивается предусмотренными 10 пакетами пружин. Необходимое усилие, создаваемое пружинами:

$$P_{\text{пруж}} = K_{\text{выталк.}} \cdot P_{\text{выт.}},$$

где $K_{\text{выталк.}}$ – коэффициент снятия [2, табл.6]:

для $S = 0,8$ мм $K_{\text{выталк.}} = 0,02...0,06$ (от 2% до 6% от усилия вытяжки);
принимаем 5%.

$P_{\text{выт.}} = 260$ кН – усилие вытяжки без учета прижима (см. пункт 2.5.2).

$$P_{\text{пруж}} = 0,05 \cdot 260 = 13 \text{ кН.}$$

По ГОСТ 18793-80 производим подбор пружин, которые будут обеспечивать усилие выталкивания заготовки из проема матрицы.

Сила одной пружины при рабочем деформировании равна:

$$P = P_{\text{пруж}} / 10 = 13 / 10 = 1,3 \text{ кН} = 130 \text{ кг.}$$

Произведем подбор пружин с таким усилием. При подборе учитываем возможность расположения их в теле плиты верха (ориентируемся на геометрические размеры пакетов пружин), но основным критерием при выборе является создаваемое ими усилие. Решаем использовать упругие элементы усилием $P = 180$ кг, соответствующие ГОСТ 18793-80. Размеры втулок пакетов пружин отвечают ГОСТ 18795-80.

Геометрические размеры пакета и пружины (рисунок 4.5):

$L_1 = 125$ мм – высота пакета (в сжатом состоянии);

$L = 165$ мм – полная высота пакета (с учетом высоты винта);

$h = 40$ мм – ход пружины;

$D = 34$ мм – наружный диаметр пружины;

$d = 6$ мм – диаметр проволоки;

$t = 9,8$ мм – шаг пружины;

$H_0 = 156$ мм – высота пружин в свободном состоянии;

$F_2 = 45,7$ мм – рабочая деформация пружины.

4.3.2. Выбор пружин для магнитных подъемников

Для подъемников требуются пружины, усилие которых должно быть незначительным – достаточным для подъема заготовки на требуемую высоту (на уровень работы грейферных леек). Поэтому, при выборе таких упругих элементов будем руководствоваться только их ходом. Они должны обеспечить подъем на 70 мм.

Такой ход могут выполнить пружины со значительными габаритами. Нам это не подходит, поэтому решаем использовать по 2 пружины для обеспечения заданного хода каждого подъемника. Выбираем их по таблице (ГОСТ 18793-80), ориентируясь на величину F_2 :

$D = 16$ мм – наружный диаметр пружины;

$d = 2,0$ мм – диаметр проволоки;

$t = 4,92$ мм – шаг пружины;

$H_0 = 81,7$ мм –высота пружины в свободном состоянии;

$F_2 = 38,4$ мм – рабочая деформация пружины.

Умножив значение F_2 на два (2 пружины), получаем, что совместно они обеспечивают необходимый ход магнитных подъемников.

4.4. Определение центра давления штампа

Для правильной работы штампа необходимо вытяжной контур расположить таким образом, чтобы центр давления совпадал с осью ползуна. В противоположном случае в штампе могут возникнуть перекосы, несимметричность зазора, износ направляющих, вплоть до поломки штампа.

В нашем случае заготовка является практически симметричной относительно продольной оси. Контур вытяжки считаем также симметричным (за ось симметрии вытяжного перехода принимаем ось цилиндрической полости $\varnothing 286$ мм). Если совместить ось симметрии вытяжного перехода с центральной осью штампа, то при вытяжке перекося не возникнет.

Таким образом, листовую заготовку располагаем симметрично относительно центра штампа. Для этого устанавливаем ловители штампа согласно схеме (рисунок 4.2).

5. Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Технологический паспорт объекта

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция , вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1.	Изготовление детали «Желобок переднего крыла»	1.Резка заготовок 2.Вытяжка 3.Обрезка, пробивка 4.Фланцовка 5.Разрезка 6.Гибка	Оператор Наладчик	Резка выполняется гильотинных ножницах, Вытяжка, Обрезка, пробивка, фланцовка, разрезка, гибка выполняется на пресс-автомате FT-2-60	Сталь 0.8кп класса ВГ

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 - Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
Физические факторы			
1	1.Резка заготовок 2.Вытяжка 3.Обрезка, пробивка 4.Фланцовка 5.Разрезка 6.Гибка	1. Движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части	Прессовое оборудование, механизмы и устройства автоматизации, их незащищенные подвижные части
		2. Передвигающиеся изделия, материалы, заготовки	Листозагрузчик и грейферные линейки
		3.Повышенные уровни шума, вибрации	Производственный шум достигает 90дБ и более
		4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	Внутри производственных помещений

5.3. Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 - Методы и средства снижения профессиональных рисков

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Физические факторы			
1.	Передвигающиеся изделия, материалы, заготовки	В качестве защитных устройств используется в фотозащита. Она исключает возможность пуска прессы при нахождении руки в рабочем месте и вызывает остановку ползуна	
2.	Движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части;	Штампы надежно крепятся на прессе за счет этого в процессе работы не происходит сампроизвольное отделение их друг от друга	
3.	Повышенные уровни шума, вибрации	Предусматриваются устройства по звукоизоляции и	Наушники, беруши

		предотвращения вибрации	
4.	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Недостаточная освещенность рабочей зоны из-за высоких потолков подкрепляется дополнительным освещением на рабочих местах	
5.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования		Перчатки для предотвращения травм рук, кирзовые ботинки, предохраняющие от ударов ног; спецодежда, предохраняющая тело от пыли.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 5.4 - Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1.	Цех По обработке металла давлением	Пресс-автомат FT-2-60, листоагрегатчик и грейферные линейки	Е	Пламя и искры	Термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей
				Снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)	Осколки, части разрушившихся зданий, сооружений технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

5.5 Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установочные системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящик с песком	Пожарные автомобили	Газовые АУПТ	Пожарные извещатели	Пожарные рукава	Респиратор	Разжим гидравлический, ножницы гидравлические	Ручной
Огнетушитель		Водяные АУПТ	Система передачи извещения о пожаре	Рукавная арматура Пожарные шкафы щиты	Противогаз	Топор, лом, багор, крюк	Дымовой

Внутренний пожарный кран				Пожарные гидранты	Легкий защитный костюм		Тепловой
--------------------------	--	--	--	-------------------	------------------------	--	----------

5.6 Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Таблица 5.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Изготовление « Желобок переднего крыла» FT-2-60, листоагрузчик, рейферные линейки	1.Резка заготовок 2.Вытяжка 3.Обрезка, пробивка 4.Фланцовка 5.Разрезка 6.Гибка	1.Убрать на расстояние более 5 метров легковоспламеняющиеся предметы и контейнера с бытовыми отходами 2.При осуществление работ в непосредственной близости иметь средства первичного пожаротушения.

5.7 Идентификация экологических факторов технического объекта

Таблица 5.7 - Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Цех По обработке металла давлением	Изготовление «Желобок переднего крыла». FT-2-60 Листоагрегат, Грейферные линейки	Отсутствует	Отсутствует	Отходы после обрезки металла

5.8 Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Таблица 5.8 - Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Цех по обработке металла давлением
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Отсутствует
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Отсутствует
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	После обрезки детали, складирование отходов металла в контейнера и отправка на вторичную переработку

6. Экономическая часть

6.1. Сравнительный анализ технологических вариантов

В данном разделе проекта проводится сравнительный анализ двух вариантов изготовления детали “Желобок переднего крыла” для легкового автомобиля.

Базовым вариантом техпроцесса является традиционная штамповка на линии, состоящей из 6 кривошипных прессов К3132 усилием 1,6 МН и предварительной отрезки заготовок, осуществляемой на гильотинных ножницах. Тип производства – серийный. Условия труда – тяжелые (ручные).

Предлагаемая технология изготовления включает в себя 7 штамповочных операций – 1-ая (предварительная вырубка) выполняется на кривошипном прессе К3034 усилием 2,5 МН, а остальные этапы техпроцесса – на многопозиционном пресс-автомате FT2–60 усилием 6,0 МН с использованием вырубленных штучных заготовок. Тип производства – серийный. Условия труда – нормальные.

6.2. Калькуляция на штамп для вытяжки

Таблица 6.1- Калькуляция на штамп для вытежки

№	Наименование	Обозначение	Сумма,руб	Примечание
1	Материальные затраты	М	179660	
2	Транспортно-заготовительные расходы	ТЗР	359,3	0,02% от М
3	Основная заработная плата рабочих	$З_{пл}^{ОСН.}$	87000	$C=145руб/ч.$ $T=600н/ч$
4	Отчисления на социальные нужды	Сс	26970	31 % от $З_{пл}^{ОСН.}$
5	Расходы на содержание оборудования	РСО	66877	76,87 % от $З_{пл}^{ОСН.}$
6	Цеховые расходы	Рцех	73071	83,99 % от $З_{пл}^{ОСН.}$
7	Итого цеховая	Сцех	433938	

Расчетные данные

Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{\text{Э}} = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пр}} \cdot T_{\text{сок}}) \cdot C(1-B), \text{ где}$$

$D_{\text{р}}$ – рабочие дни;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены;

$D_{\text{пр}}$ – предпраздничные дни;

$T_{\text{сок}}$ – сокращение в предпраздничный день;

C – количество смен;

B – коэффициент, учитывающий время на ремонт оборудования.

$$\Phi_{\text{Э}} = (247 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 2(1-0,05) = 3809 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени рабочего:

$$\Phi_{\text{Э.р.}} = 30\% \cdot \Phi_{\text{Э}} = 1142 \text{ ч.}$$

6.3. Исходные данные для расчета параметров эффективности внедрения новой технологии

Таблица 6.2 - Общие исходные данные

№	Показатель	Обозначение	Значение	
	1	2	3	
1	Годовая программа выпуска, шт	$N_{\text{Г}}$	175500	
2	Эффективный фонд времени, час: - Оборудования - Рабочего (30% от $\Phi_{\text{Э}}$)	$\Phi_{\text{Э}}$	3809	
		$\Phi_{\text{Э.р.}}$	1142	
3	Коэффициент выполнения норм	$K_{\text{вн}}$	1,1	
4	Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{\text{мн}}$	1,0	
5	Коэффициент потерь времени на отпуск работников	$K_{\text{о}}$	11,8	
6	Коэффициент монтажа: - в расчете себестоимости - в расчете капитальных вложений	$K_{\text{монт}}$	1,1	
			0,1	
7	Масса заготовки, кг базовый вариант / предлагаемый вариант	$M_{\text{з}}$	0,636	0,597
8	Цена материалов, руб./кг:	$C_{\text{м}}$	35,74	

Продолжение таблицы 6.2

	1	2	3
9	Масса отходов, кг	Мотх	0,297 0,257
10	Цена отходов, руб./кг	Цотх	1,143
11	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Ктз	1,014
12	Часовая тарифная ставка, руб./ч: Рабочих-операторов 3 разряда Рабочих-операторов 5 разряда	Ст	66,71 79,89
13	Коэффициент доплат по заработной плате:		
а)	До часового фонда зарплаты	Кдоп	1,08
б)	За профессиональное мастерство	Кпф	1,15
в)	За условия труда	Ку	1,2
г)	За вечерние и ночные часы	Кн	1,1
д)	Премииальные	Кпр	1,1
е)	На социальные нужды	Кс	1,31
	Итого общий коэффициент доплат $K_{ЗПД} = K_{д} \cdot K_{пф} \cdot K_{у} \cdot K_{н} \cdot K_{пр} \cdot K_{с}$	Кзпл	2,22
14	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	Км	0,8
15	Коэффициент загрузки оборудования по времени	Квн	0,7
16	Коэффициент потерь в сети	Кп	1,03
17	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	Код	0,8
18	Выручка от реализации, %: - изношенного оборудования - изношенного штампа	Вр Вр.и.	5 15
19	Норма амортизации, %	На	10
20	Цена электроэнергии, руб. / кВт.ч	Цэ	3,8
21	Цена производственной площади, руб. / м ²	Цпл	4500
22	Коэффициент полезного действия оборудования	КПД ^{баз} КПД ^{пр}	0,70 0,75
23	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	К _{цех}	1,72

Таблица 6.3 - Эксплуатационные данные оборудования.

Оборудование	t _{шт} , мин	t _{маш} , мин	S, м ²	M _y , кВт	Ц _{об} , руб	п _{обсл} , прессов
НЗ218В	0,025	0,017	25	10	320000	8
К3034	0,035	0,024	21	30	480000	8
К3132	0,160	0,023	20	21	450000	8
FT 2-60 М	0,090	0,070	121	90	3 450000	1

Таблица 6.4 - Исходные данные об оснастке.

№	Наименование штампа	Стойкость штампа T _{и.шт.} , ударов	Цена штампа Ц _{шт} , руб.
1	Штамп для вытяжки	1000000	420 000
2	Штамп для обрезки-пробивки 1-й	900000	395 002
3	Штамп для обрезки-пробивки 2-й	900000	396 140
4	Штамп для фланцовки	1000000	385 228
5	Штамп для разрезки	900000	385 998
6	Штамп для гибки	1000000	280 228
1	Штамп для вытяжки-пробивки	1600000	433938
2	Штамп для обрезки-пробивки 1-й	1100000	339 001
3	Штамп для обрезки-пробивки 2-й	1100000	328 821
4	Штамп для фланцовки внутренней	1200000	305 960
5	Штамп для фланцовки наружной	1200000	310 022
6	Штамп для разрезки	1100000	268 897

6.4. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численности операторов и необходимого числа штампов

Таблица 6.5 - Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численности операторов и необходимого числа штампов

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	Количество оборудования, необх. для производства годовой	$n_{об} = t_{шт} \cdot N_{Г} / (\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60)$ $n_{об}^{Баз-10} = 0,025 \cdot 175500 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,017 \approx 1,0$ $n_{об}^{Баз-20-70} = 0,160 \cdot 175500 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,112 \approx 1,0$	1	
			6	

	программы выпуска, шт.	$n_{об}^{Пр-10} = 0,035 \cdot 175500 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,024 \approx 1,0$ $n_{об}^{Пр-20} = 0,090 \cdot 175500 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,054 \approx 1,0$		1 1
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением операции	$K_3 = n_{об.РАСЧ.} / n_{об.ПРИН.}$ $K_3^{Баз-10} = 0,017 / 1,0 = 0,015$ $K_3^{Баз-20-70} = 0,112 / 1,0 = 0,112$ $K_3^{Пр-10} = 0,024 / 1,0 = 0,036$ $K_3^{Пр-20} = 0,054 / 1,0 = 0,054$	0,017 0,112	0,024 0,054
* за один рабочий цикл (ход пресса) штампуются 2 детали				
3	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{ОП} = [t_{шт} \cdot N_{Г} \cdot (1 + K_{О}/100)] / (\Phi_{ЭФ} \cdot K_{МН} \cdot 60)$ $P_{ОП}^{Баз-10} = [0,025 \cdot 175500 / (3809 \cdot 1,00 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,021 \approx 1,0$ $P_{ОП}^{Баз-20-70} = [0,16 \cdot 175500 / (3809 \cdot 1,00 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,05 \approx 1,0$ $P_{ОП}^{Пр-10} = [0,035 \cdot 175500 / (3809 \cdot 1,00 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) \approx 1,0$ $P_{ОП}^{Пр-20} = [0,09 \cdot 175500 / (3809 \cdot 1,00 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,075 \approx 1,0$	16**	6**
** 1) для базового техпроцесса: 8 чел. × 2 смены = 16 чел. (вырубка заготовок – 1 чел.; штамповщики – 6 чел.; укладка деталей – 1 чел.); 2) в проектном варианте: 3 чел. × 2 смены = 6 чел. (вырубка заготовок – 1 чел.; оператор – 2 чел.).				
4	Число штампов для выпуска годовой программы, шт	$n_{штамп} = N_{Г} / T_{и.шт.}$	Базовый	Проект
	Штамп для вытяжки	175500/ 1 000000 175500/ 1 600000	1	1
	Штамп для обрезки-пробивки 1-й	175500/ 900000 175500/ 1 200000	1	1
	Штамп для обрезки-пробивки 2-й	175500/ 900000 175500/ 1200000	1	1
	Штамп для фланцовки наружной	175500/ 1 000000 175500/ 1 200000	1	1
	Штамп для разрезки	175500/ 900000 175500/ 1 200000	1	1
	Штамп для гибки	175500/ 1 000000	1	-
	Штамп для фланцовки внутр.	175500/ 1 200000	-	1

6.5. Расчет капитальных вложений

Таблица 6.6 - Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{\text{ОБ}} = n_{\text{ОБ}} \cdot C_{\text{ОБ}} \cdot K_3$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{Баз.}} = 1 \cdot 320000 \cdot 0,017 + 6 \cdot 450000 \cdot 0,112$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{Пр.}} = 1 \cdot 480000 \cdot 0,024 + 1 \cdot 3450000 \cdot 0,054$	307840	197820
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
а)	Затраты на доставку и монтаж оборудования	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ}} \cdot K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{Базовый}} = 307840 \cdot 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{Проект}} = 197820 \cdot 0,1$	30784	19782
б)	Затраты на оснастку	$K_{\text{И}} = C_{\text{ШТ}} \cdot n_{\text{ШТ}}$ $K_{\text{И}}^{\text{Баз.}} = 420\,000 + 395002 + 396140 + 385228 + 385998 + 280228$ $K_{\text{И}}^{\text{Пр.}} = 433938 + 339001 + 328821 + 305960 + 310022 + 268897$	2 262596	1 786639
в)	Затраты на производств. площадь	$K_{\text{ПЛ}} = n_{\text{ОБ}} \cdot S_{\text{УУ}} \cdot C_{\text{ПЛ}} \cdot K_3$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{Баз.}} = (1 \cdot 25 \cdot 0,017 + 6 \cdot 20 \cdot 0,112) \cdot 4500$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{Пр.}} = (1 \cdot 21 \cdot 0,024 + 1 \cdot 121 \cdot 0,054) \cdot 4500$	62010	31563
	Итого	$K_{\text{СОП}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{ПЛ}}$	2 666220	2 235804
3	Общие капитальные вложения	$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{СОП}}$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{Базовый}} = 307840 + 2355390$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{Проект}} = 197820 + 2037984$	2 666220	2 235804
4	Удельные капитальные вложения	$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{УД}}^{\text{Баз.}} = 2666220 / 175500$ $K_{\text{УД}}^{\text{Пр.}} = 2235804 / 175500$	15,24	12,78
5	Дополнительные капитальные вложения	$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ}}^{\text{Проект}} - K_{\text{ОБЩ}}^{\text{Базовый}}$ $K_{\text{ДОП.}} = 2\,666\,220 - 2\,235\,804$	430416	

6.6. Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Таблица 6.7 - Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Основные материалы за вычетом отходов, руб.	$M = (M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot Ц_{отх})$ $M^{Баз.} = (0,637 \cdot 35,74 \cdot 1,014) - (1,143 \cdot 0,298)$ $M^{Пр.} = ((0,597 \cdot 35,74 \cdot 1,014) - (1,143 \cdot 0,257))$	22,75	21,34
2	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$З_{ПЛ} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3 / N_{Г}$ $З_{ПЛ}^{Баз.} = (2 \cdot 0,017 + 14 \cdot 0,112) \cdot 66,71 \cdot 1142 \cdot 2,22 / 175500$ $З_{ПЛ}^{Пр.} = (2 \cdot 0,024 \cdot 66,71 + 4 \cdot 0,054 \cdot 79,89) \cdot 1142 \cdot 2,22 / 175500$	1,544	0,296
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = [(Ц_{об} \cdot (1 - B_p)) \cdot N_A \cdot t_{шт} \cdot 1,3] / (\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60 \cdot 100)$ $P_A^{Баз.} = [(6 \cdot 450000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,16 \cdot 1,3 + (1 \cdot 320000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,025 \cdot 1,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ $P_A^{Пр.} = [(1 \cdot 3450000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,090 \cdot 1,3 + (1 \cdot 480000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,035 \cdot 1,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$	0,216	0,161
4	Расходы на эл. энергию, руб.	$P_Э = (M_y \cdot t_{МАШ} \cdot K_{ОД} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{П} \cdot Ц_Э) / (КПД \cdot 60)$ $P_Э^{Баз.} = ((10 \cdot 0,017 + 21 \cdot 6 \cdot 0,023) \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,70 \cdot 60)$ $P_Э^{Пр.} = ((30 \cdot 0,024 + 90 \cdot 0,075) \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,75 \cdot 60)$	0,032	0,07
5	Затраты на амортизацию штампового инструмента, руб.	$P_{И} = (Ц_{шт} \cdot [1 - B_{р.и.}]) / T_{и. шт.}$		
6.	1) вытяжка	$P_{И}^{БАЗ} = (420\,000 \cdot [1 - 0,15]) / 1\,000\,000$ $P_{И}^{ПР} = (433\,938 \cdot [1 - 0,15]) / 1\,600\,000$	0,357	0,23
	2) 1-я обрезка-пробивка	$P_{И}^{БАЗ} = (395\,002 \cdot [1 - 0,15]) / 900\,000$ $P_{И}^{ПР} = (339\,001 \cdot [1 - 0,15]) / 1\,200\,000$	0,37	0,233

	3) 2-я обрезка- пробивка	$P_{И}^{БАЗ} = (396140 \cdot [1 - 0,15]) / 900000$ $P_{И}^{БАЗ} = (328821 \cdot [1 - 0,15]) / 1200000$	0,374	0,23
	4) фланцовка наружная	$P_{И}^{БАЗ} = (385228 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000$ $P_{И}^{ПР} = (310022 \cdot [1 - 0,15]) / 1200000$	0,33	0,22
	5) фланцовка внутренняя	$P_{И}^{ПР} = (305960 \cdot [1 - 0,15]) / 1200000$	-	0,216
	6) гибка	$P_{И}^{БАЗ} = (280228 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000$	0,238	-
	7) разрезка	$P_{И}^{БАЗ} = (385998 \cdot [1 - 0,15]) / 900000$ $P_{И}^{ПР} = (268897 \cdot [1 - 0,15]) / 1200000$	0,365	0,19
	Итого		2,034	1,319
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производстве нных площадей, руб.	$P_{ПЛ} = S_{yy} \cdot n_{об} \cdot Ц_{ПЛ} \cdot K_3 / N_{Г}$ $P_{ПЛ}^{Баз} = (1 \cdot 25 \cdot 0,017 + 20 \cdot 0,112 \cdot 6) \cdot 4500 // 175500$ $P_{ПЛ}^{Пр} = (1 \cdot 21 \cdot 0,024 + 121 \cdot 0,054) \cdot 4500 / 175500$	0,068	0,18
7	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$З_{НАЛ} = (P \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3) / (n_{обс} \cdot N_{Г})$ $З_{НАЛ}^{Баз} = (2 \cdot 79,89 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot (0,017 + 0,112)) / (8 \cdot 175500)$	0,037	
8	Технологическая себестоимость техпроцесса, руб.	$C_{ТЕХ} = M + З_{ПЛ} + P_A + P_{Э} + P_{И} + P_{ПЛ} + З_{НАЛ}$ $C_{ТЕХ}^{Баз} = 22,75 + 1,544 + 0,216 + 0,032 + 2,034 + 0,068 + 0,037$ $C_{ТЕХ}^{Пр} = 21,34 + 0,296 + 0,161 + 0,07 + 1,319 + 0,18$	27,381	23,246
9	Цеховые расходы, руб.	$P_{ЦЕХ} = З_{ПЛ} \cdot K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ}^{Базовый} = 0,037 \cdot 1,72$ $P_{ЦЕХ}^{Проект} = 0,18 \cdot 1,72$	0,064	0,309
10	Цеховая себестоимость, руб.	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^{Базовый} = 0,064 + 27,381$ $C_{ЦЕХ}^{Проект} = 0,309 + 23,246$	27,445	23,555

6.7. Калькуляция сравниваемых вариантов

Таблица 6.8. - Калькуляция сравниваемых вариантов

№	Показатель	Значение показателя, руб		Процентное выражение, %	
		Базовое	Проектное	Базовое	Проектное
1	Основные материалы за вычетом отходов	22,75	21,34	82,9	89,4
2	Зарплата рабочих-операторов	1,544	0,296	5,63	1,26
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования	0,216	0,161	0,79	0,68
4	Расходы на электроэнергию	0,032	0,07	0,02	0,3
5	Расходы на штамповый инструмент	2,034	1,319	7,4	5,6
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей	0,068	0,18	0,02	0,76
7	Расходы на зарплату наладчика	0,037	0,18	0,13	0,76
8	Общепроизводственные расходы	0,064	0,309	0,23	1,3
9	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость	27,445	23,555	100%	100%

6.8. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

Таблица 6.9 - Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

№	Показатель	Расчет и формула	Значение
1	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\begin{aligned} \text{Э}_{\text{УГ}} &= (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Базовый}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Проект}}) \cdot N_{\text{Г}} \\ \text{Э}_{\text{УГ}} &= (27,445 - 23,555) \cdot 175500 \end{aligned}$	682695
2	Приведенные затраты, руб.	$\begin{aligned} Z_{\text{ПР}} &= C_{\text{ЦЕХ}} + E \cdot K_{\text{УД}} \\ Z_{\text{ПР}}^{\text{Базовый}} &= 27,445 + 0,33 \cdot 15,24 \\ Z_{\text{ПР}}^{\text{Проект}} &= 23,555 + 0,33 \cdot 12,78 \end{aligned}$	32,47 27,77
3	Годовой экон. эффект, руб.	$\begin{aligned} \text{Э}_{\text{Г}} &= (Z_{\text{ПР}}^{\text{Базовый}} - Z_{\text{ПР}}^{\text{Проект}}) \cdot N_{\text{Г}} \\ &= (32,47 - 27,77) \cdot 175500 \end{aligned}$	825587
4	Срок окупаемости капвложений (на оснастку), лет	$\begin{aligned} T_{\text{ОК}} &= K_{\text{И}}^{\text{Проект}} / \text{Э}_{\text{УГ}} \\ T_{\text{ОК}} &= 1\,786\,639 / 682\,695 = 2,6 \text{ года} \end{aligned}$	≈3

6.9. Выводы об экономической эффективности проектируемого варианта

- Использование многопозиционного пресс-автомата привело к снижению трудоемкости при увеличении стойкости штамповой оснастки;
- Существенно (около 15%) снижается цеховая себестоимость детали при изготовлении на пресс-автомате (с 27,445 руб. до 23,555 руб.) за счет:
 - Снижения трудоемкости;
 - Уменьшения нормы расхода металла;
 - Уменьшения численности работающих;
 - Снижения затрат на содержание и ремонт оборудования.
- Годовой экономический эффект от перевода изготовления детали на пресс-автомат составляет 825587 руб.
- Срок окупаемости капитальных вложений на штамповую оснастку в течении 3-х лет.

Заключение

В данном дипломном проекте была разработана технология изготовления детали «Желобок переднего крыла» и сделан перевод изготовления этой детали на автоматическую штамповку на линии FT2-60.

Для предлагаемого техпроцесса сделаны расчеты основных технологических параметров.

Был проведен обоснованный выбор технологического оборудования и средств автоматизации. Рассмотрены их основные характеристики. Спроектирован участок штамповки.

Разработана конструкция новой штамповой оснастки на штамп для вытяжки-пробивки. Проведены требуемые прочностные и конструкторские расчеты, подобраны материалы для изготовления деталей штампа.

Был произведен анализ опасных и вредных факторов, имеющих место на участке изготовления детали, а также разработан перечень мероприятий по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду.

Рассчитана себестоимость изготовления детали и условно-годовая экономия от внедрения нового технологического процесса.

На основании всех проделанных расчетов и обоснований, делаем вывод о том, что все поставленные в начале работы задачи выполнены, следовательно – цель дипломного проекта достигнута.

Литература

1. Скрипачев, А.В. Матвеевко, И.Н. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В Скрипачев – Л.: Тольятти: ТолПИ, 1992.
2. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
3. Якуничев, Е.В. Технология холодной штамповки / Е.В Якуничев.-Л.: Сборник задач. – Тольятти: ТолПИ, 1991.
4. Владимиров, В.М. Изготовление штампов и пресс-форм / В.М Владимиров. – М.: Машиностроение, 1981. – 431 с.
5. Скрипачев, А.В. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Технология листовой штамповки». Вытяжка / А.В. Скрипачев – Тольятти: ТолПИ, 1992.
6. Лахтин, А.П. Конструкционные материалы и термическая обработка сталей и сплавов / А.П. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1984 – 370 с.
7. Скворцов, Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки / Г.Д Скворцов. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
8. Попов, Е.А. Теория листовой штамповки / Е.А. Попов. – Л.: Машиностроение, 1973. – 430 с.
9. Банкетов, А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование / А.Н Банкетов – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
10. Справочник по холодной штамповке / под ред. В.П. Романовского. - Л.: Машиностроение, 1979. - 520 с.
11. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка / М.Е. Зубцов. - Л.: Машиностроение, 1980. 432 с.
12. Скворцов, Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки: конструкции и расчеты / Г. Д. Скворцов. - Москва: Машиностроение, 1972. - 359 с.

13. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / под общ. ред. Л. И. Рудмана. - Москва: Машиностроение, 1988. - 495 с.
14. Lovell, M. Increasing formability in sheet metal stamping operations using environmentally friendly lubricants / M. Lovell, C.F. Higgs, P. Deshmukh, A. Mobley // Journal of Materials Processing Technology. – 2006. - № 177. С. 87 – 90.
15. Improvement of part quality in stamping by controlling blank-holder force and pressure / M.A. Ahmetoglu, T. Altan, G.L. Kinzel // Journal of Materials Processing Technology. – 1992. - № 33. С. 195 - 214.
16. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: уч.-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 22 с.