

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

(направленность)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля

Студент	<u>О. М. Алексеева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Е. Л. Смолин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>И. В. Дерябин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И. В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>В. Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н. В. Яценко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д-р.техн.наук, проф. В.В. Ельцов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2017

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

Ельцов В.В. _____

(И.О. Фамилия)

(подпись)

« ____ » _____ 2017г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Алексеева Ольга Михайловна

1. Тема: Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля

2. Срок сдачи студентом законченного проекта: июнь 2017

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Чертеж детали, базовый вариант технологического процесса, программа изготовления детали.

4. Содержание пояснительной записки: 1. анализ технологических показателей исходных данных; 2. разработка технологического процесса изготовления детали; 3. выбор оборудования, средств автоматизации; 4. разработка конструкции штамповой оснастки; 5. применение CAD/CAE технологий для проектирования и изготовления штамповой оснастки; 6. безопасность и экологичность проекта; 7. экономическая часть.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала: сравнительная технология, комплекс оборудования, штамп- разрезы, планы.

6. Консультанты по разделам 1. Безопасность и экологичность технического объекта

(И.В. Дерябин) 2. Экономическая часть

(И.В. Краснопевцева)

3. Нормаконтроль (В.Г. Виткалов).

7. Дата выдачи задания « ____ » _____ 2017г.

Заказчик (указывается должность, место работы, ученая степень, ученое звание)

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Руководитель выпускной квалификационной работы

_____ (подпись)

Смолин Е.Л.

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

Алексеева О.М.

_____ (И.О. Фамилия)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тольяттинский государственный университет»
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

Ельцов В.В. _____

(И.О. Фамилия)

(подпись)

« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Студента Алексеевой Ольги Михайловны

по теме Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Анализ технико-экономических показателей исходных данных	12 апреля 2017	15 апреля 2017	выполнено	
Разработка технологического процесса	17 апреля 2017	30 апреля 2017	выполнено	
Выбор оборудования и средств автоматизации	23 апреля 2017	01 мая 2017	выполнено	
Конструкторская часть	26 апреля 2017	05 мая 2017	выполнено	
Безопасность и экологичность технического объекта	05 мая 2017	07 мая 2017	выполнено	
Экономическое обоснование проекта	08 мая 2017	11 мая 2017	выполнено	
Подготовка чертежей по технологии	13 мая 2017	15 мая 2017	выполнено	

Продолжение таблицы

Подготовка чертежей оборудования	17 мая 2017	20 мая 2017	выполнено	
Подготовка чертежей оснастки	19 мая 2017	25 мая 2017	выполнено	
Подготовка к защите	30 мая 2017	8 июня 2017	выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

Смолин Е.Л.

(И.О. Фамилия)

Задание принял к
исполнению

(подпись)

Алексеева О.М.

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалификационной работе был разработан технологический процесс и спроектирована штамповая оснастка для изготовления изделия «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля.

Главным вопросом в данной работе является процесс перехода на автоматическую линию, путем замены прессы на КП-300.

В технологической части проекта была рассмотрена технологичность изделия, были рассчитаны форма и размер исходной заготовки, коэффициент использования материала, а также рассчитаны энергосиловые параметры каждой из операции. После проведения расчетов было выбрано необходимое оборудование и указаны все технические характеристики. По штамповой оснастке были выявлены размеры всех частей штампа. В расчетно-пояснительной записке изложены необходимые требования по охране труда. Экономическая часть отражает себестоимость изготовления изделия «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля. Так же был рассчитан объем капиталовложений для производства данной детали по существующей и проектной технологиям и проведен сравнительный анализ между двумя проектами.

Объем пояснительной записки составляет 71 страниц, объем графического материала 7 листов.

ABSTRACT

The topic of the given graduation work is «Design and development of the technological process of producing the cushion bracket of a stabilizer rod».

The graduation work consists of an explanatory note on 71 pages, introduction, including 19 figures, 15 tables, the list of 25 references including 5 foreign sources and 4 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets and 1 A0 sheet.

The key issue of the graduation work is transition to an automated line and reducing material consumption by changing the location of the workpiece on the sheet.

Much attention is given to transition to the automatic operation of the press KP-300.

Due to the growing popularity of the introduction of automation in the workflow, the transfer to an automatic line has become a key issue in this graduation work. Since, from the economic point of view, the change of equipment will entail heavy losses for the enterprise, it is necessary to try to reduce the cost of the product.

Since this part of a stabilizer is of crucial importance, the replacement of the material or the change in the options of the workpiece are impossible. The only solution is to reduce the distance between the blanks in the tape. Consequently, due to the transition to an automatic line and relatively small material savings the productivity increases. This can compensate for the replacement of tools and press.

It can be concluded that the combination of the above two factors will bring profit and increase productivity.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	10
1.1. Анализ технологичности детали	10
1.2. Описание существующего технологического варианта изготовления детали	13
1.3. Выявление недостатков существующей технологии	16
1.4. Задачи бакалаврской работы	17
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	18
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса	19
2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки	20
2.3. Проектирование рационального раскроя и определение коэффициента использования металла.....	21
2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки	22
3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	26
3.1. Критерии выбора оборудования	26
3.2. Выбор средств автоматизации	27
4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ.....	30
4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки.....	31
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов для изготовления деталей штампа.....	33
4.3. Определение числа и расположения упругих элементов	36
5. ПРИМЕНЕНИЕ САД/САЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ	39
5.1. Описание цели, проблемы и схемы решаемой задачи	39
5.2. Построение геометрии, необходимой для выполнения расчета (САД-моделирование)	39
5.3. Проведение численного моделирования (САЕ-расчет).....	41
5.4. Анализ полученных результатов	46
6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА.....	48
6.1. Описание рабочего места, выполняемых операций и оборудования.....	48
6.2. Идентификация опасных и вредных производственных факторов пресового производства	48
6.3. Мероприятия по разработке безопасных условий труда.....	49
6.4. Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке	51
6.7. Экологическая экспертиза объекта, антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности.....	54
7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	57
7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов	57

7.2. Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки	57
7.3. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки.	59
7.4. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки	59
7.5. Расчет капитальных вложений	60
7.6. Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам	61
7.7. Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	
ПРИЛОЖЕНИЕ	

ВВЕДЕНИЕ

Листовой металл имеет широкое применение в мире в большинстве обрабатывающих отраслей, таких как: автомобильная, аэрокосмическая, пищевая промышленность и остальные обрабатывающие производства.

«Листовой металл относится к материалам, которые имеют большой коэффициент отношения площади поверхности к объему. Лист металл обычно формообразуется холодным, однако возможна горячая обработка заготовок. Детали, изготовленные холодной штамповкой имеют высокую прочность, хорошую поверхность и точные допуски.» [25]

«Развитие машиностроения и металлообработки требует дальнейшего совершенствования технологических процессов и организации производства, повышения его эффективности и увеличения производительности труда на базе автоматизации производственных процессов.» [14]

Именно поэтому в данной работе будет рассматриваться переход на автоматическую линию, что позволит снизить время изготовления единицы изделия, сократить затраты на заработную плату сотрудников, уменьшить ежемесячную плату за занимаемую площадь (вместо 3 прессов К-3132А используется КП-300), тем самым увеличив продуктивность и доход предприятия.

Небольшое изменение расстояния между заготовками позволит сократить расход материала, что так же отразится на экономической выгоде.

Целью данной бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления изделия, путем автоматизации производственного процесса и изменения раскроя листа.

1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1. Анализ технологичности детали

Требования, выдвигаемые к технико-экономическим показателям являются одними из самых важных, так как один из этих показателей - технологичность изделия.

«Технологичность – это совокупность качеств и конструктивных компонентов, гарантирующие простое и экономическое производство при соблюдении технических и эксплуатационных требований к составляющим.» [14]

Главные эксплуатационно-технические условия к деталям, по словам автора [11], следующие:

- абсолютное соотношение системы предназначению и обстоятельствам;
- обеспечение жесткости, прочности сплава;
- предоставление нужной правильности и взаимозаменяемости;
- соответствие особым химическим и физическим условиям.

К главным признакам, по мнению автора [11], относятся:

- большой показатель применения металла;
- маленькое количество и низкая трудозатратность операций;
- отсутствие последующей механической обработки;
- минимальное количество требуемого оснащения;
- минимальное количество оснастки, снижение сроков, расходов;
- повышение производительности деятельности.

Результативным признаком технологичности считается себестоимость штампованных элементов.

Так как система и соответствие частей себестоимости зависят от серийности изготовления и его особенности, в таком случае представление технологичности неразделимо связано с определенным производством. Таким

образом, технологическая система в обстоятельствах мелкосерийного изготовления способен быть нетехнологичным в массовом производстве и наоборот.

К конструкции листовых штампованных элементов, как утверждает автор [16], предъявляются следующие технологические условия:

- механические свойства листового материала обязаны отвечать условиям прочности, жесткости, жаропрочности и т.п.;

- так как в ходе пластической деформации происходит укрепление металла, это повышает его прочностные свойства;

- повышение жесткости и несущей способности штампованных деталей рационально осуществлять созданием специализированных компонентов: формовок, ребер жесткости, отбортовок;

- конструкция детали или ее развертка гарантирует большой показатель использованного материала; одновременная или последующая штамповка сопутствующих деталей из отходов раскроя, вырубки–пробивки;

- стандартизация и снижение перечня используемых марок и листового материала;

- применение штампованных систем вместо литых, кованных.;

- снижение числа единичных элементов в узле;

- применение штамповочных действий: расклепка, отбортовка, вырубка;

- соотношение допусков на масштабы штампованных элементов экономической точности операций холодной штамповки (11...12 качества). В случае потребности увеличения точности вводятся вспомогательные операции (чеканка и т.п.).

«Основные технологические требования к конструкции изогнутых листовых элементов:

1) в наименьшей степени допускаемые радиусы гибки, необходимо осуществлять лишь при конструктивной необходимости. Во многих случаях возможно применить радиусы гибки $r > S$

2) наименьшая высота отгибаемой полки должна быть $h > 3S$;

3) для исключения искажения формы отверстия, находящегося рядом к линии изгиба, следует осуществлять длину от центра до края пробитого отверстия ни как не меньше двух толщин ($a > 2S$). В рассматриваемой детали отверстие расположено на расстоянии 10 миллиметров, то есть удовлетворяет требованиям.» [14]

В данном технологическом процессе получение заготовок происходит из полосы, поэтому требуется минимизировать расход материала, в следствии выбора рационального раскроя материала.

«Раскрой - это отыскание наиболее эффективного размещения заготовок (или плоских деталей) в листе (полосе, ленте), относительно друг друга и кромок листового проката.» [1]

Расположение заготовки на листе под углом 67° предусматривает предотвращение разрывов детали в местегиба. Учитывая большую толщину металла – 3мм, величина пружинения будет значительно высокой. Благодаря трехоперационной гибке, необходимости в корректировке детали в дальнейшем не возникает.

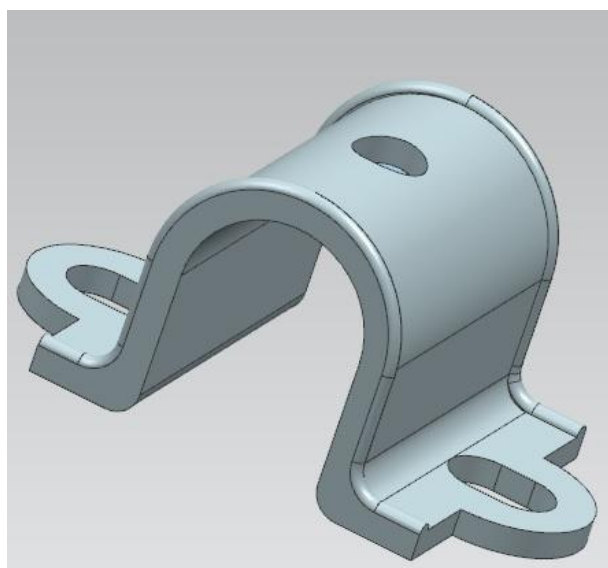


Рисунок 1.1. Математическая модель детали

1.2. Описание существующего технологического варианта изготовления детали.

Рассматриваемый технологический процесс изготовления детали включает пять операций:

- 10 Вырубка заготовки с пробивкой отверстия диаметром 8 мм;
- 20 Гибка первая;
- 30 Гибка вторая;
- 40 Гибка третья;
- 50 Пробивка.

Каждая операция была выполнена на отдельном прессе.

Операция 10 - Вырубка и пробивка

Вырубка заготовок осуществляется из ленты на прессе простого действия Раскин-50, усилием 0,5 МН, оснащенного устройствами подачи рулонного материала в зону обработки: разматывающим устройством, устройством правки и подачи ленты в зону штамповки и устройством удаления заготовки в тару. Пробивка отверстия диаметром 8 мм необходима для фиксирования заготовки в штампе при последующих операциях. Тара с заготовками отвозится на склад, откуда доставляется к штамповочному прессу для выполнения последующих операций технологического процесса. Коэффициент использования металла на данной операции - $K_{ИМ}=0,63$.

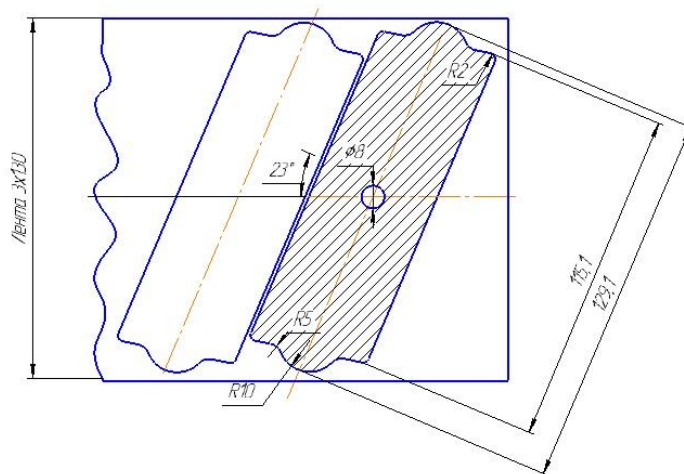


Рисунок 1.2. Операция 10 - вырубка

Операция 20 –Гибка первая

На этой операции выполняется гибка детали под углом 90° (рисунок 1.3). На операции используется пресс усилием К3132А 1,6 МН. Заготовки закладываются в штамп вручную. Удаление штампованного изделия производится пневмосдувом в тыльную зону прессы на металлический лоток, по которому полуфабрикат поступает на рабочий стол следующего прессы для выполнения последующей операции техпроцесса.

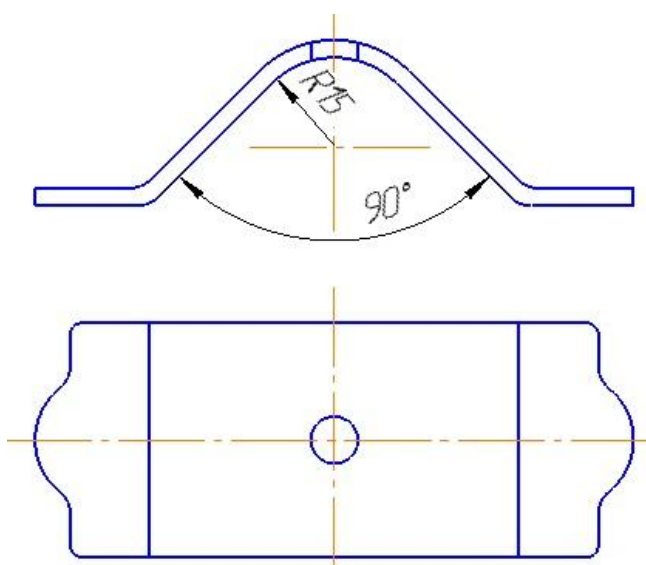


Рисунок 1.3. Операция 20 - гибка первая

Операция 30 –Гибка вторая

На данной операции выполняется отгиб края заготовки одновременно с отгибкой фланца (рисунок 1.4). Заготовки закладываются в штамп вручную. На операции используется пресс усилием К3132А 1,6 МН. Заготовки закладываются в штамп вручную. Удаление штампованного изделия производится пневмосдувом в тыльную зону прессы на металлический лоток, по которому полуфабрикат поступает на рабочий стол следующего прессы для выполнения последующей операции техпроцесса.

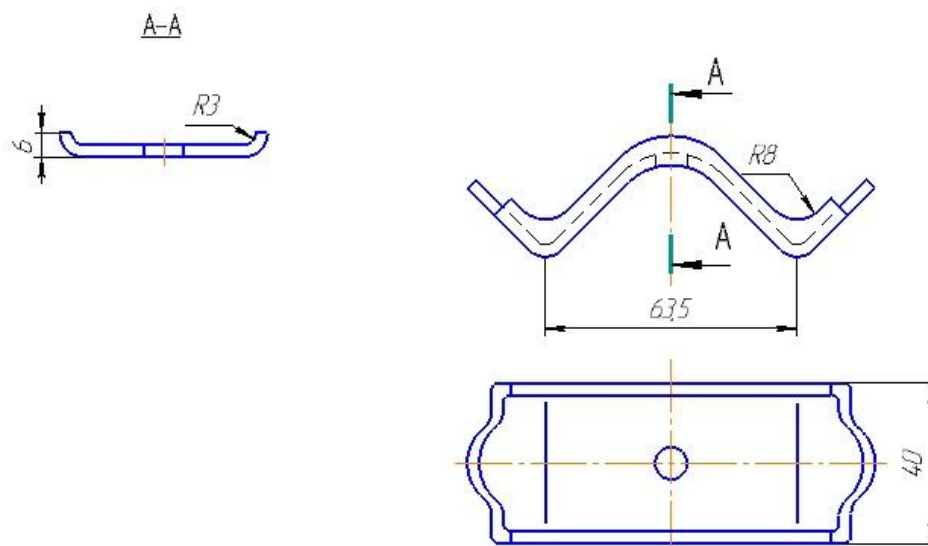


Рисунок 1.4. Операция 30 - гибка вторая

Операция 40 – Гибка третья

На данной операции выполняется конечная гибка, при которой фланцы отгибаются параллельно горизонтальной оси (рисунок 1.5). Заготовки закладываются в штамп вручную. На операции используется пресс усилием К3132А 1,6 МН. Заготовки закладываются в штамп вручную. Удаление штампованного изделия производится пневмосдувом в тыльную зону прессы на металлический лоток, по которому полуфабрикат поступает на рабочий стол следующего прессы для выполнения последней операции техпроцесса.

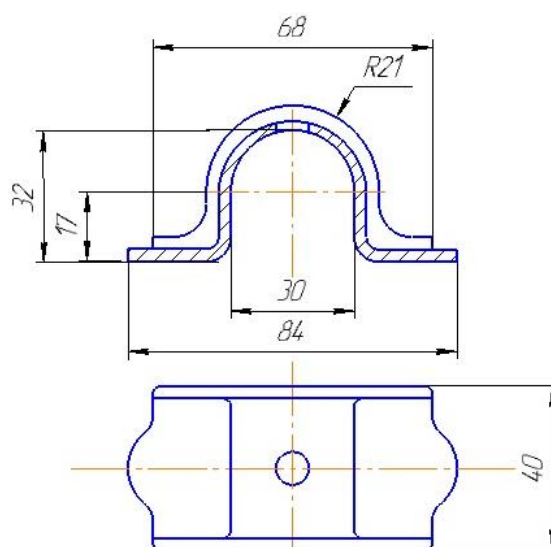


Рисунок 1.5. Операция 40 - гибка третья

Операция 50 – Пробивка

На данной операции выполняется пробивка фланцев (рисунок 1.6). Заготовки закладываются в штамп вручную. На операции используется пресс усилием К3132А 1,6 МН. Заготовки закладываются в штамп вручную. Удаление штампованного изделия производится пневмодувом в тыльную зону прессы в металлический лоток.

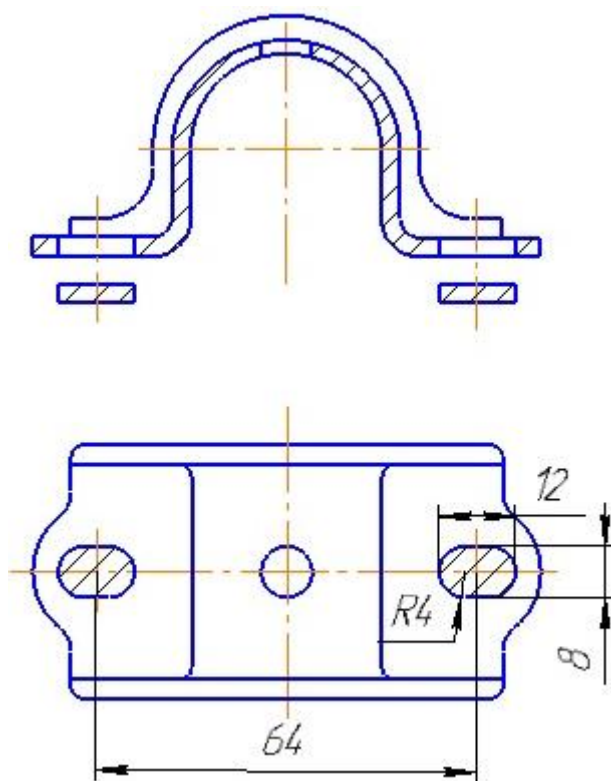


Рисунок 1.6. Операция 50 - пробивка

1.3. Выявление недостатков существующей технологии

При рассмотрении базовой технологии изготовления детали «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля были обнаружены следующие минусы:

1. В рассмотренном технологическом ходе невысокая окончательная эффективность, что приводит к относительно высокой трудоемкости изготовления детали и значительным экономическим затратам на производство детали «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля;

2. Производительность 1-ой операции большая, по этой причине значительную часть болванок отвозят на склад, доставляя заготовки к главной штамповочной линии по мере необходимости, что вызывает дополнительные расходы на транспортно-складские операции;

3. Небезопасные условия труда, сопряженные с допустимым травматизмом, т.к. отсутствуют концепции автоматизации (заготовка закладывается в штамп ручным способом);

4. Ручная штамповка имеет монотонный характер, что негативно влияет на психофизическое состояние работников (утомляемость);

5. На операции вырубка уменьшены перемычки между деталями по сравнению с предлагаемыми, что уменьшает шаг подачи ленты и уменьшает КИМ.

1.4. Задачи бакалаврской работы

Обнаруженные минусы базового технологического процесса дают возможность выразить проблемы:

- изменение расположения заготовки на листе для экономии материала
- подбор оснащения для нового технологического процесса;
- создание конструкции штамповой оснастки;
- выполнение оценки экономической целесообразности предлагаемого тех. процесса.
- создание мероприятий по устранению возможных угроз и созданий безопасных условий труда на производственном участке.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

«При разработке технологического процесса предусматривают несколько условий, которые влияют на выбор варианта штамповки, основными из которых считаются:

- а) форма и размеры детали;
- б) марка и толщина материала;
- в) качество, точность изготовления отделки поверхности детали;
- г) объем производственного задания, размер отдельной партии;
- д) наличия парка оборудования.» [16]

Рассматривая важность каждого фактора, есть возможность подобрать самый оптимальный процесс штамповки.

В зависимости от толщины материала и его свойств детали изготавливаются холодной или горячей штамповкой. Размер производственного задания и точность изготовления дают возможность определить метод штамповки.

«Например, при производстве деталей в массовом изготовлении их штампуют в отдельных штампах; при мелкосерийном и опытном производствах детали штампуют простыми и универсальными штампами, используют массовые способы и штамповку по элементам. При крупносерийном и массовом производстве, в зависимости от размеров деталей и требуемой точности, их штампуют на последовательных или совмещенных штампах. При серийном производстве процессы штамповки необходимо предельно механизировать, автоматизировать. Одновременно с установлением варианта штамповки создают подбор оборудования (прессов) согласно требуемому условию и по необходимым габаритным размерам. Затем, устанавливают технические нормы на штамповку детали, а потом приступают к разработке технологической документации.

При массовом и крупносерийном производстве разрабатывают полную документацию: карты технологических процессов по каждой детали, операционные карты и карты раскроя материала. В массовом изготовлении разрабатывают укрупнено-упрощенные технологические карты, а в мелкосерийном ограничиваются одной маршрутной ведомостью, в которой предоставляется перечень операций с краткими сведениями по их выполнению. При массовой штамповке деталей формируется полная групповая технология штамповки.» [14]

«При разработке технологических процессов холодной листовой штамповки должны быть решены следующие технологические вопросы:

- определение наиболее выгодного раскроя материала и наименьших размеров заготовки;
- установление характера, количества и следующих операций;
- выбор уровня сложности операций;
- установление кол-ва одновременно штампуемых элементов;
- установление операционных размеров и формирование операционных допусков.» [16]

Самым оптимальным вариантом будет тот технологический процесс, который обеспечит наименьшую себестоимость детали и будет более экономически выгодным.

2.1. Схема предлагаемого технологического процесса

В проектном техпроцессе предлагается на заготовительном этапе (операции вырубка-пробивка) при получении заготовки уменьшить перемычки между вырубными деталями с трех миллиметров до двух, тем самым уменьшив шаг подачи, сделав его равным сорока миллиметрам. Это позволяет снизить расход материала.

Таким образом, предложенный технологический процесс будет состоять так же из пяти операций, но при этом трехоперационная гибка будет

происходить последовательно на прессе КП-300, что снизит время производства (за счет сокращения времени между переходами).

Для увеличения производительности гибочной операции предлагается использовать автоматизированный загрузчик заготовок в рабочую зону штампа.

Применение такого устройства позволит уменьшить вероятность травматизма, возможную при укладке заготовок в штамп, в существующем техпроцессе.

2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки

«В массовом производстве играет большую роль точное определение формы и размеров исходной заготовки. Определение размеров исходной заготовки для детали необходимо для построения рационального раскроя ленты.» [8]

Определение размеров плоских заготовок для деталей, подлежащих гибке, согласно рекомендациям автора [14], основано на равенстве длины развернутой заготовки длине нейтрального слоя изогнутой детали, и сводится к определению длины нейтрального слоя в зависимости от относительного радиуса изгиба r / S . В общем случае, длина развертки заготовки равна сумме длин прямых участков и длины нейтрального слоя в изогнутых участках детали.

Поскольку заготовка подвергается одноугловой гибки, то необходимо определить развертку детали в сечении (Рисунок 2.1).

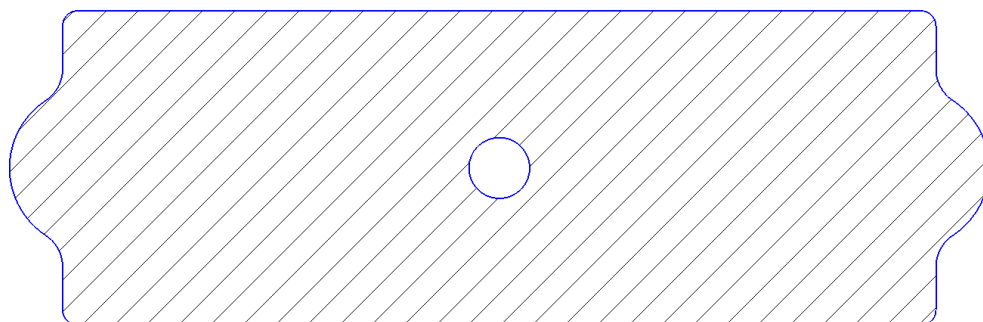


Рисунок. 2.1. Заготовка

Длина всей развертки была определена в программе Компас 3D с помощью инструмента "Длина кривой".

Таким образом, заготовка для детали представляет из себя полосу шириной 47,7 миллиметров и длиной по контуру 319,1 миллиметров.

Экономичность раскроя в значительной степени зависит от правильной величины перемычек. Основное назначение перемычек – компенсировать погрешности подачи материала и фиксации его в штампе с тем, чтобы обеспечить полную вырезку детали по всему контуру и предотвратить получение бракованных деталей. Кроме того, перемычки должны обладать достаточной прочностью и жесткостью, необходимой для подачи материала.

В существующем техпроцессе величина перемычек составляет три миллиметра, что почти в два раза больше минимально допустимых, по рекомендациям автора [14]. Поэтому, в проектном варианте техпроцесса предложено уменьшить размер перемычек до двух миллиметров, что будет несколько больше, чем рекомендуемые. Ширину ленты оставляем прежней с сохранением величины боковых перемычек.

2.3. Проектирование рационального раскроя и определение коэффициента использования металла

Исходный материал: лента, сталь 08ю, толщина ленты три миллиметра, ширина ленты сто тридцать миллиметров. Шаг – сорок семь миллиметров.

Расположение заготовки в рулоне однорядное – параллельно подаче ленты.

$$\langle \eta = F_d / (B \times t), \quad (2.1)$$

где F_d – площадь вырубаемой заготовки;

B – Ширина ленты;

t – Шаг подачи.» [14]

$\eta = 0,63$, то есть 63% металла используется для получения заготовки.

Как видно, коэффициента использования металла в проектном варианте больше, чем в существующем ($\eta = 0,62$).

2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки

Проектный технологический процесс состоит из пяти операций:

1. Вырубка заготовки с пробивкой отверстия диаметром восемь миллиметров;
2. Гибка первая;
3. Гибка вторая;
4. Гибка третья;
5. Пробивка отверстия во фланце.

«Усилие вырубки и пробивки вычисляем по формуле:

$$P = L \cdot k \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}, \quad (2.2)$$

где L – длина вырубаемого контура;

$k = 1,3$ – коэффициент запаса;

S – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 280$ МПа, (28 кгс/мм²) - сопротивление срезу.

При определении длины контура необходимо подсчитать периметр детали и периметр отверстия в детали (определен в программе Компас 3D с помощью инструмента "Длина кривой")» [14].

$$P = 340 \text{ кН}$$

«Усилие, необходимое для снятия полосы с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \times P, \quad (2.3)$$

где P - полное усилие вырубки-пробивки;

$k_{\text{сн}}$ – коэффициент, определяемый в зависимости от типа штампа и толщины материала, $k_{\text{сн}}=0,12$ » [14].

$$P_{\text{сн}} = 40,8 \text{ кН}$$

«Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \times P, \quad (2.4)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, устанавливающий соотношение между $P_{\text{пр}}$ и P ,

$$k_{пр} = 0,07;$$

n – количество деталей, находящихся в шейке матрицы одновременно;
при вырубке с обратной гибкой $n= 1$ » [14]

$$P_{пр}=23,8 \text{ кН}$$

$$\langle P_{общ} = P + P_{сн} + P_{пр} \rangle [14]. \quad (2.5)$$

$$P_{общ} = 404,6 \text{ кН}$$

«Работа резания при вырубке-пробивке:

$$A = P_{общ} \times S / 1000 \rangle [14]. \quad (2.6)$$

$$A = 0,66 \text{ кДж}$$

На последующих операциях происходит последовательная гибка заготовки.

«Усилие 1-ой гибки вычисляем по формуле:

$$P = \frac{BS^2}{l} \sigma_B n + 2B_1 S \sigma_B k_2, \quad (2.7)$$

B – длина изгибаемого контура;

S – толщина материала;

r – радиус гiba;

$\sigma_B = 330 \text{ МПа}$, (33 кгс/мм^2) – предел прочности;

n – количество деталей, находящихся в шейке матрицы одновременно;

k_2 – коэффициент для двухугловой гибки;

B_1 – длина линии гiba.»

$$P = 20,5 \text{ кН}$$

«Работа вычисляется по формуле:

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

где $\lambda = 0,7 \dots 0,6$ – коэффициент, зависящий от $\sigma_{ср}$ и S , по таблице;

P – усилие данной операции» [14].

$$A = 0,51 \text{ кДж}$$

«Усилие 2-ой гибки вычисляем по формуле:

$$P = \frac{BS^2}{r+S} \sigma_B + B_1 S \sigma_B k_2, \quad (2.9)$$

B – длина изгибаемого контура (определена в программе Компас 3D с помощью инструмента "Длина кривой");

S – толщина материала;

r – радиусгиба;

$\sigma_B = 330$ МПа, (33 кгс/мм²) – предел прочности;

k_2 – коэффициент для двухугловой гибки;

B_1 – длина линиигиба (определена в программе Компас 3D с помощью инструмента "Длина кривой")» [14].

$P = 67$ кН

«Работа вычисляется по формуле:

$$A = \lambda \times P \times S / 1000, \quad (2.10)$$

где $\lambda = 0,7 \dots 0,6$ – коэффициент, зависящий от σ_{cp} и S , по таблице;

P – усилие данной операции» [14].

$A = 1$ кДж

«Усилие 3-ей гибки вычисляем по формуле:

$$P = \frac{BS^2}{l} \sigma_B n, \quad (2.11)$$

B – длина изгибаемого контура (определена в программе Компас 3D с помощью инструмента "Длина кривой");

S – толщина материала;

r – радиусгиба;

$\sigma_B = 330$ МПа, (33 кгс/мм²) – предел прочности;

n – количество деталей, находящихся в шейке матрицы одновременно;

k_2 – коэффициент для двухугловой гибки;

B_1 – длина линиигиба (определен в программе Компас 3D с помощью инструмента "Длина кривой")» [14].

$P = 88,5$ кН

«Работа вычисляется по формуле:

$$A = \lambda \times P \times S / 1000, \quad (2.12)$$

где $\lambda = 0,7 \dots 0,6$ – коэффициент, зависящий от σ_{cp} и S , по таблице;

P – усилие данной операции» [14].

$$A = 0,62 \text{ кДж}$$

«Усилие пробивки отверстия во фланце вычисляем по формуле:

$$P = L \cdot k \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}, \quad (2.13)$$

где L – длина вырубаемого контура;

$k = 1,3$ – коэффициент запаса;

S – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 280 \text{ МПа}$, (28 кгс/мм^2) - сопротивление срезу.

При определении длины контура необходимо подсчитать периметр детали и периметр отверстия в детали (определен в программе Компас 3D с помощью инструмента "Длина кривой")» [14].

$$P = 81,5 \text{ кН}$$

«Усилие, необходимое для снятия заготовки с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \times P, \quad (2.14)$$

где P - полное усилие вырубке-пробивки;

$k_{\text{сн}}$ – коэффициент, определяемый в зависимости от типа штампа и толщины материала, $k_{\text{сн}}=0,12$ » [14].

$$P_{\text{сн}} = 9,78 \text{ кН}$$

«Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \times P, \quad (2.15)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, устанавливающий соотношение между $P_{\text{пр}}$ и P , $k_{\text{пр}} = 0,07$;

n – количество деталей, находящихся в шейке матрицы одновременно; при вырубке с обратной гибкой $n=1$ » [14].

$$P_{\text{пр}} = 5,71 \text{ кН}$$

$$\langle P_{\text{общ}} = P + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} \rangle [14]. \quad (2.16)$$

$$P_{\text{общ}} = 97 \text{ кН}$$

«Работа резания при вырубке-пробивке:

$$A = P_{\text{общ}} \times S / 1000 \rangle [14]. \quad (2.17)$$

$$A = 0,55 \text{ кДж}$$

3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1. Критерии выбора оборудования

«При выборе прессы отталкиваются с последующих суждений:

- а) тип прессы, величина хода ползуна должны быть в соответствии;
- б) номинальное действие прессы должно иметь больше усилия, требуемого для штамповки;
- в) мощность прессы должна быть необходимой для работы;
- г) пресс должен иметь необходимую жесткость;
- д) закрытая высота прессы должна соответствовать или быть больше закрытой высоты;
- е) крупные масштабы ползуна и стола прессы должны иметь возможность установки и закрепления штампов и подачу болванок;
- ж) количество ходов прессы должно гарантировать довольно большую эффективность;
- з) в зависимости от типа работы должно быть предусмотрено наличие специальных приспособлений и устройств;
- и) удобство и безопасность обслуживания прессы должны соответствовать требованиям безопасности.» [15]

Основными параметрами для выбора прессы являются: напряжение, жесткость, величина хода, закрытая высота и параметры стола прессы. Однако, в первую очередь оборудование выбирается по номинальной мощности.

Так как никаких изменений в первой операции проектного техпроцесса нет, то оборудование на первой операции нового техпроцесса остается тоже самое с такими же средствами автоматизации (пресс Раскин).

Для операции последовательной гибки нового техпроцесса выбираем наиболее подходящее оборудование (по основным параметрам) – пресс КП-300

с усилием 3 МН, позволяющим работать прессу в комплексе со средствами автоматизации для работы с штучными заготовками.

Заключительная операция (пробивка отверстий во фланце) происходит так же на прессе КП-300.

Технические характеристики прессы КП-300:

Номинальное усилие: 500 кН;

Ход ползуна (max): 120 мм;

Регулировка хода: 100 мм;

Закрытая высота (max): 300 мм;

Регулировка закрытой высоты: 90 мм;

Размеры стола: 600 × 1000 мм;

Размеры ползуна: 450 × 560;

Номинальная мощность электродвигателя: 5,5 кВт;

Число ходов в минуту: 60;

Ход выталкивателя в ползуне: 60 мм;

Ход пневмоподушки: 70 мм;

Усилие пневмоподушки: 35 кН.

3.2. Выбор средств автоматизации

«Автоматизирование и механизирование листовой штамповки гарантируют повышение производительности прессового и иного оснащения, увеличение производительности работы, понижение себестоимости продукции, улучшение условий труда, устранение травматизма. Автоматизации и механизации подлежат производственные процессы и вспомогательные работы (заготовительные и штамповочные операции, наведение порядка и пакетировки отходов, установка штампов, транспортные, погрузочно-разгрузочные работы и другое).

Автоматизирование и механизирование действий листовой штамповки состоит в обеспечении автоматической или механизированной подачи использованного материала либо болванок в штамп, съема и удаления деталей

из штампа, передачи с перехода на переход или с операции на операцию исполнения иных добавочных трудов, к примеру, смазки использованного материала, перевертывания (кантования) болванок, укладки, а кроме того при гибки в валках, резке на ножницах различного типа и так далее.» [12]

При автоматизации существенно возрастает доля использования количества ходов пресса, а таким образом, и его эффективность и еще в большей степени производительность труда, так как единственный диспетчер способен управлять несколькими прессами. При механизации же процент увеличения использования числа ходов пресса, и его эффективность маленькая, однако производительность труда повышается существенно.

«Для автоматизации процессов штамповки из штучных заготовок применяются различные средства в зависимости от размеров заготовок, сложности их формы, количества операций в техпроцессе.

В зависимости от характера движения захватных органов, перемещающих заготовки, подающие и передающие устройства делятся на:

1. шиберные, используются, как правило, для однопозиционной штамповке, когда деталь штампуются «напровал» или после штамповки продвигается самим захватным органом;

2. револьверные, захватный орган – револьверный диск – периодически поворачивается в одном направлении, а заготовки, так же, как в шиберных. Штамповка может осуществляться «напровал», собранным заталкиванием заготовки в диск и без перемещения её в диске;

3. грейферные, для них характерно периодическое движение захватного органа – грейферных линеек.

4. механические руки и манипуляторы, захватные органы совершают сложное периодическое движение в нескольких плоскостях.» [13]

Рассмотрев вышеперечисленные характеристики подающих устройств и, учитывая, что проектный техпроцесс выполняет три формообразующих операция, то более рациональным является

применение механического манипулятора – «Марк». «Функции манипулятора «Марк» состоят в следующем:

- 1) захват заготовки при помощи присоски из трафарета;
- 2) подъем захваченной заготовки под плоскостью штампа и трафарета на высоту до двадцати пяти миллиметров;
- 3) перенос заготовки в зону обработки;
- 4) опускание и укладка заготовки на рабочие части штампа;
- 5) подъем и возврат руки в исходное положение над трафаретом.

Работа механической руки синхронизирована с работой оборудования при помощи командо-аппарата прессы подключенного к блок-схеме управления механической руки. Работа оборудования и руки «Марк» осуществляется или в цикловом режиме, когда штамповщик-оператор включает в работу комплекс нажатием педали после укладки детали в трафарет, или в автоматическом режиме.

В механической руке предусмотрено устройство контроля двойной заготовки, которая автоматически отключает комплекс в случае прилипания одной заготовки к другой. » [3]

Характеристики механического манипулятора «МАРК»:

Грузоподъемность: 500 кг;

Угол поворота: 37°;

Горизонтальное перемещение: 380 мм;

Подъем присоски: 25 мм;

Уровень работы (min/max): 25/135 мм.

Использование механического манипулятора позволят заметно увеличить производительность выполнения операции, сократить время между операциями и исключить появление травмоопасных ситуаций.

4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

Для осуществления технологического процесса необходимо разработать конструкцию штамповой оснастки, отвечающую требованиям предлагаемого технологического процесса.

«Проектирование необходимо осуществлять в соответствии с предусмотренным технологическим процессом. Конструкция штампа должна обеспечивать заданную производительность труда и высокое качество детали. Эти два требования одновременно определяют сложность и стоимость конструкции. Последнее, также зависит от заданной точности изделия. Чем выше точность, тем дороже штамп. Но не во всех случаях в задачу проекта входит снижение стоимости конструкции как при использовании инженерного труда, так и при изготовлении её в металле. Поэтому в процессе конструирования штамповой оснастки необходимо стремиться к малой металлоёмкости, максимальному использованию стандартных деталей и узлов, а также к возможному упрощению.» [1]

Профессию штамповщика можно приравнять к одной из самых травмоопасных в машиностроении, поэтому к конструкции штампа предъявляют особые требования по обеспечению техники безопасности.

«Очень важно, чтобы опасные зоны штампов не были доступны для рук рабочего. При традиционной штамповке это достигается введением защитных устройств, исключающих нахождение рук рабочего в опасной зоне штампа во время рабочего хода пресса, а при автоматической штамповке за счёт применения средств автоматизации, предусматривающих нахождение рабочего за пределами рабочей зоны пресса, ограниченной защитным экраном.» [19]

«Штамп – это инструмент для осуществления конкретной операции технологического процесса. В нашем случае необходимо разработать конструкцию штампа для гибки, т.к. штамп вырубки – пробивки практически не меняется. В совокупном случае система штампов должна соответствовать следующим требованиям:

- 1) система штампа обязана гарантировать установленную эффективность, заданную производительность и качество получаемой детали;
- 2) система штампа должна предусматривать как можно меньшую металлоемкость и максимальное использование стандартных деталей и узлов;
- 3) должна быть обеспечена безопасность и надежность работы;
- 4) должна быть обеспечена транспортировка штампа в целом и его отдельных частей;
- 5) должна быть обеспечена технологичность изготовления деталей штампа и их сборки;
- 6) должна быть обеспечена подгонка штампа к оборудованию и надежная, и удобное крепление его на прессе.» [23]

Помимо упомянутых условий конструкция штампов должна учитывать специфику осуществляемого технологического процесса.

4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки

В штампе для вырубки-пробивки вырубная матрица и пуансон для пробивки отверстия находится на верхней плите, а пуансон-матрица, выполняющий вырубку детали по контуру и пробивку отверстия – на нижней. Выталкивание детали из матрицы осуществляется при помощи выталкивателя, работающего от верхнего жесткого выталкивателя пресса через систему толкателей, траверсу и толкателей, которые проходят через отверстие в хвостовике. Толкатели при раскрытии штампа во время хода ползуна вверх упираются в траверсу в ползуне пресса и оказывают давление на матрицу, которая давит на толкатели связанные с выталкивателем, который воздействует на деталь.

Поскольку, вырубленная заготовка удаляется из штампа при помощи лоткового съемника, система выталкивания срабатывает в положении близком к верхней мертвой точке хода ползуна, когда лотковой съемник заходит в рабочую зону штампа.

Съемник, снимающий ленту с пуансона-матрицы расположен на нижней плите. Работа съемника осуществляется от полиуретановых пружин. Для направления ленты на нижней плите установлены направляющие ролики.

В качестве направляющих элементов используются колонки и втулки. Колонки запрессованы в нижней плите, а втулки в держатели, прикрепленные к верхней плите.

В штампе для гибки матрица, выполненная в виде двух секций, установленных в обойме, расположена на нижней плите, а пуансон закреплен на верхней. Вырубленная заготовка укладывается на матрицу между фиксирующими пластинами-трафаретами. При этом центральная часть заготовки опирается на прижим-выталкиватель, размещенный между секциями матрицы.

Пуансон, подходя к заготовке, прижимает ее в центральной части к прижиму, который под давлением пуансона утапливается в матрице. Усилие на прижим передается от пневмоподушки, размещенной в столе пресса через толкатели. Гибка производится с подчеканкой в конце рабочего хода, когда прижим-выталкиватель упирается в регулировочную пластину. Наличие регулировочной пластины позволяет, изменяя ее толщину, регулировать глубину гибки, тем самым корректируя угол пружинения. Имея в комплекте штампа несколько пластин различной толщины, которые перешлифовываются при наладке штампа, процесс подбора нужной величины угла пружинения значительно упрощается.

При возвратном ходе пуансон отходит от детали, а выталкиватель вслед за ним перемещается вверх и выталкивает деталь на уровень загрузки, откуда она удаляется пневмосдувом. Для исключения залипания детали к пуансону в его толще размещен толкатель приводимый в действие пружиной.

Для загрузки заготовки в штампе имеется приспособление – трафарет. Штамповщик укладывает заготовку в углубление на его плоскости по форме соответствующее форме заготовки. Механический манипулятор при помощи пневмоприсоски забирает заготовку и переносит ее в рабочую зону

штампа, укладывая в фиксаторы. При этом исключается перемещение рук рабочего в опасную зону штампа, что ликвидирует вероятность травмирования.

4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов для изготовления деталей штампа

При проектировании штампов пользуются нормами на детали штампов. В этом случае не приходится проводить расчеты на прочность тех или иных деталей, так как соответствующие расчёты на допустимые напряжения обычно выполнены при разработке нормалей. В тех случаях, когда требуется разработать специальные конструкции штампов, пользуются расчетами основных элементов и плит на прочность.

Испытательному расчёту на прочность подлежат в основном наиболее нагруженные пробивные пуансоны маленьких объемов. В нашем случае подвергнем проверочному расчёту пробивной пуансон диаметром 8 миллиметра.

«Расчёт опорной поверхности головки пуансона на смятие:

$$\sigma_{см} = P/F \leq [\sigma_{см}], \quad (4.1)$$

где $\sigma_{см}$ – напряжение смятия, МПа;

P - усилие на операции, МН;

F- опорная поверхность головки пуансона, м².

$[\sigma_{см}]$ - допускаемое напряжение на смятие, МПа, $[\sigma_{см}]=100$ МПа

$$\sigma_{см}=0,00199/132,732 \cdot 10^{-6}=21,1 \text{ МПа}$$

Сминающее напряжение составляет $\sigma_{см}=21,1$ МПа < $[\sigma_{см}]=100$ МПа, что меньше допускаемого, следовательно, условие прочности на смятие выполняется.» [14]

«Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении ведётся по формуле:

$$\sigma_{сж} = P/f \leq [\sigma_{сж}], \quad (4.2)$$

где $\sigma_{сж}$ - напряжение сжатия, МПа;

f - площадь наименьшего сечения пуансона,

$[\sigma_{сж}]$ - допускаемое напряжение на сжатие, МПа, $[\sigma_{сж}]=1600$ МПа;

P - усилие на операции, МН.

Напряжение в пуансоне составит:

$$\sigma_{сж} = 84,38 \text{ МПа}$$

Сжимающее напряжение составляет $\sigma_{сж}=84,38$ МПа $< [\sigma_{сж}]=1600$ МПа, что меньше допускаемого, следовательно, условие прочности на сжатие выполняется.» [14]

«Расчет нагрузки режущих кромок пуансона ведётся по формуле:

$$\sigma = P/F_{усл} \leq [\sigma_{сж}], \quad (4.3)$$

где σ –напряжение на режущие кромки пуансона, МПа;

P - усилие на операции, МН;

$F_{усл}$ - условная площадь при S/b в наименьшем размере поперечного сечения пуансона при любой конфигурации, m^2 .

При $S/b < 1$, то

$$F_{усл} = F_k, \quad (4.4)$$

где F_k - ширина контактного пояса вдоль контура вырубки, шириной $0,5 \cdot S$.

При $S/b > 1$, то

$$F_{усл} = f, \quad (4.5)$$

где f - площадь наименьшего сечения пуансона, m^2

$S/b = 0,8/8 = 0,1 < 1$, значит $F_{усл} = F_k$.» [14]

$$F_{усл} = 25,52 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Напряжение в режущих кромках пуансона составит:

$$\sigma = 0,00199/25,52 \cdot 10^{-6} = 109,73 \text{ МПа}$$

Сжимающее напряжение на режущих кромках пуансона составляет $\sigma_{сж} = 109,73$ МПа $< [\sigma_{сж}] = 1600$ МПа, что меньше допускаемого, следовательно, условие прочности на сжатие режущих кромок выполняется.

При выборе материалов для рабочих деталей штампов ориентируются на ряд параметров:

- прочностные показатели обрабатываемого металла, зависящие от марки материала;
- толщина металла;
- условия работы штампа (быстроходный или тихоходный);
- сложность рабочего контура.

Исходя из этого назначаются оптимальные марки материалов для разных условий.

Стали, используемые для изготовления рабочих частей штампов холодной листовой штамповки, делятся на следующие категории:

1. Углеродистые инструментальные стали невысокой прокаливаемости (диаметром до двадцати пяти миллиметров): У8А, У10А, У8, У10.

2. Легированные стали повышенной прокаливаемости (диаметром до сорока - пятидесяти миллиметров): Х (ШХ15), Х09 (ШХ9), 9Х, 9ХС, 9ХФ, ХВГ, 9ХВГ, ХГСВФ.

3. Высокохромистые стали высокой прокаливаемости (диаметр до восьмидесяти миллиметров), значительной износоустойчивости, недостаточно деформируемые при закалке: Х12Ф1, Х12Ф, Х12М, Х12, Х6ВФ, ХГЗСВФ.

4. Легированные стали повышенной вязкости (при твердости НРС 56-58): 4ХС, 6ХС, 4ХВ2С, 5ХВ2С, 6ХВ2С, 5ХВГ.

Применение углеродистых инструментальных сталей ограничивается рабочими частями штампов простой формы толщиной или диаметром до 25 мм. Наиболее пригодны для изготовления штампов стали марок У10А, У10, имеющие более высокую прочность на изгиб, чем другие марки углеродистой инструментальной стали.

Для матрицы, пуансона пробивного и пуансон-матрицы вырубки совмещенного штампа первой операции техпроцесса выбираем материал Х12МФ по [14, табл. 197]. Допускаемые заменители У10, Х12Ф, ШХ15.

В штампе гибки, учитывая особенность данной штамповочной операции – гибка с чеканкой и учитывая значительную толщину штампуемого материала три миллиметра выбираем для пуансона, секций матрицы, прижима-выталкивателя сталь Х12МФ, руководствуясь [14, табл. 197]. Допускаемые заменители Х12Ф1, Х6ВФ.

Основные марки материалов и сталей, применяемых для изготовления всех остальных деталей штампов:

Плиты штампов остальные: основная марка материала - Стали 40, 52; заменители - Ст5;

Хвостовики: основная марка материала - Стали 35, 40; заменители - Ст4, Ст5; Колонки направляющие: основная марка материала - заменители - Ст40Х;

Втулки направляющие: основная марка материала - Сталь 20, Стали 45, 50; заменители - Ст40Х;

Пуансондержатели: основная марка материала - Стали 35, 45; заменители - Ст3;

Подкладки под пуансон: основная марка материала - Сталь 45, 40Х; заменители - Ст5;

Съемники: основная марка материала - Ст3; заменители - Сталь 25;

Прижимы, направляющие планки, выталкиватели: основная марка материала - Стали 40, 45, Стали 20, 20Х; заменители - Ст5;

Упоры: основная марка материала - Сталь 45; заменители - отсутствуют;

Штифты: основная марка материала - Сталь У8; заменители - Ст6;

Винты: основная марка материала - Сталь 45; заменители - отсутствуют;

Пружины: основная марка материала - Стали 65Г, 60С2; заменители - стальная проволока 11-го класса;

4.3. Определение числа и расположения упругих элементов

«Пружины являются наиболее распространённым элементом конструкции штампов, создавая необходимые усилия для прижима заготовки, снятия или выталкивания изделия, для перемещения отдельных деталей штампа

относительно друг друга. Их изготавливают как нормализованные детали. Поэтому подбор пружин осуществляем по ГОСТу. Количество и расположение пружин определяются требованиями, предъявляемыми к ним. Пружины должны обеспечить:

- надежную и долговременную работу;
- необходимый ход;
- требуемое усилие.

Ориентировочный выбор пружин по усилию будем производить по ГОСТам и СТП ВАЗа, выбирается пружина, обеспечивающая 10% - 30 % от $P_{сн}$.» [14]

«Из стандартных пружин по ГОСТ 18793-80 выбирается пружина с оптимальными типоразмерами:

- по развиваемому усилию;
- по высоте в сжатом состоянии;
- по рабочей деформации;
- по диаметру.» [1]

В штампе вырубки – пробивки применены пружины для создания необходимого усилия снятия полосы металла с пуансон-матрицы. Подбор пружин проводится по рассчитанному в пункте (2.4) усилию снятия $P_{сн}=23,8$ кН.

Выбираем полиуретановые пружины диаметром тридцать миллиметров и высотой сорок миллиметров. Полиуретановые пружины при своих незначительных размерах создают значимые усилия и более долговечны при работе на небольших ходах.

В данном штампе величина хода прижима составляет 6 мм. При сжатии на такую величину выбранная пружина создает усилие около 200 килограмм. Выбираем 14 пружин, чтобы иметь небольшой запас по усилию.

В штампе гибки имеется пружина, обеспечивающая усилие снятия изделия с пуансона в случае залипания детали к пуансону. Данная пружина

выбирается небольшого усилия, по рекомендациям наработанным по результатам эксплуатации штампов подобного типа.

Выбираем пружину из справочного материала по ГОСТу18793-80.

Данная пружина должна обеспечить ход толкателя величину 5 миллиметров.

Параметры выбранной пружины:

- диаметр – 20 миллиметров,
- рабочая деформация – 19,1 миллиметров,
- высота в сжатом состоянии – 39,7 миллиметров,
- развиваемое усилие – 0,042 кН

5. ПРИМЕНЕНИЕ CAD/CAE ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

5.1. Описание цели, проблемы и схемы решаемой задачи

Рассмотрим технологические особенности изготовления изделия «кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля, а также исследуем процесс моделирования листовой штамповки с помощью программного продукта используемого для CAE-анализа, а именно LS-DYNA и LS-PREPOST. Его преимуществом является способность решить множество задач, тесно связанных с листовой штамповкой, а именно:

- 1) Решение задач на проверку деформации, напряжений и т.д.
- 2) Возможность проверки на технологичность процесса при заданных условиях. В данном случае проверка гибки заданной детали.
- 3) Возможность анализа геометрии созданной в CADсистемах
- 4) Возможность с достаточно большой точностью определить погрешности в изделии и инструменте

В процессе гибки детали возникает вопрос о повышении качества изделия в сочетании с требуемыми свойствами. Что бы избежать лишних затрат на испытания был применён способ математического моделирования штамповки при помощи CAD/CAEпрограммных продуктов NX Siemens⁹, LS-DYNA. Это позволяет не только избежать перерасхода бюджета, но и, существенно, снизить затраты на время, требуемое на проведение испытаний образцов и проектирования штамповой оснастки.

Математическое моделирование процессов при помощи LS-DYNA позволяет полностью автоматизировать процесс испытания штамповой оснастки.

5.2. Построение геометрии, необходимой для выполнения расчета (CAD-моделирование)

Находим площадь заготовки с помощью программного обеспечения SIMENS NX9.0: $F = 1888 \text{ мм}^2$

Размеры заготовки: $a=40$, $b=47.2$

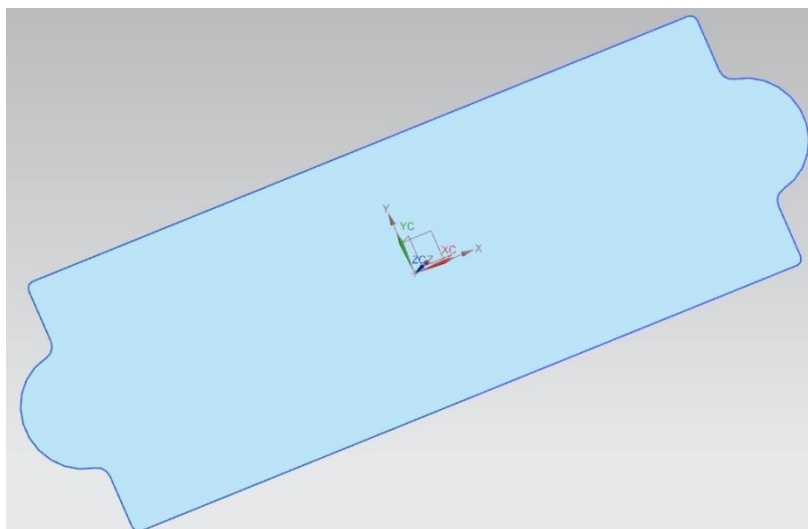


Рисунок 5.1. Заготовка.

Начальными размерами задано положение детали относительно осевой линии гибочного штампа. Поэтому в поперечном сечении форма гибочного перехода симметрична относительно вертикальной оси. У рассматриваемого изделия технологичнее производить обратную гибку вдоль вертикальной стенки матрицы, т.к. металл в начальный момент времени гибки должен иметь наибольшую поверхность соприкосновения с пуансоном.

Форма гибочного перехода должна, как правило, воспроизводить окончательную форму детали. Если форма детали недостаточно технологична для операции гибки, а возможности улучшения технологичности изменением конструкции детали уже исчерпаны, то производят конструктивные изменения самого гибочного процесса. Так как рассматриваемое изделие изгибается за три операции, то и форма гибочного перехода воспроизводит окончательную форму только первой операции. Полученная форма изображена на рисунке 5.2.

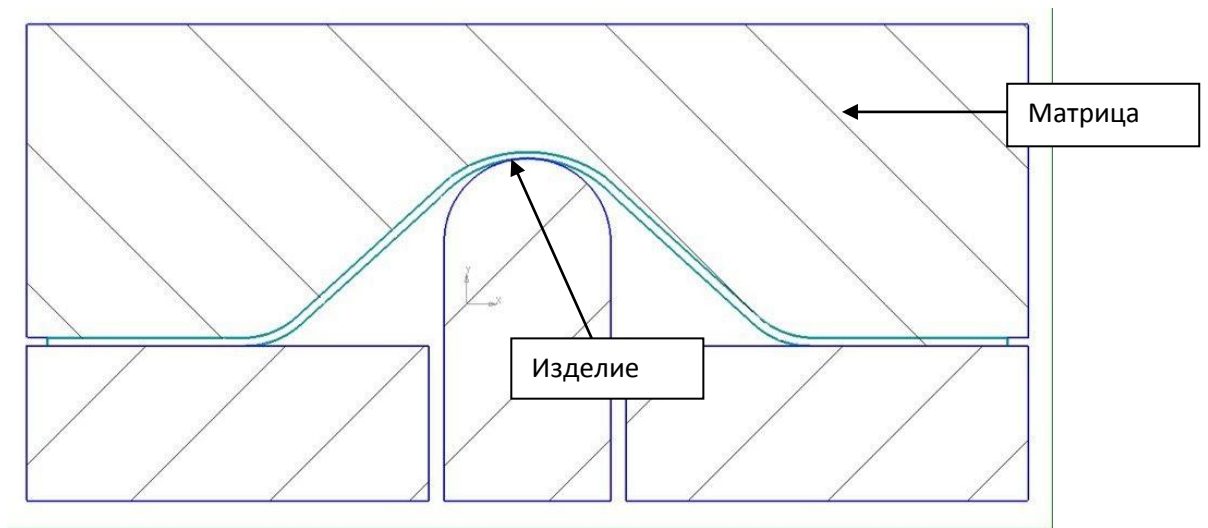


Рисунок 5.2. Выбор формы тормозных элементов.

Увеличение торможения течения металла заготовки из-под прижимного прямоугольника, основано на методах: общего и местного увеличения давления прижима и увеличения площади металла под прижимом.

При разработке прижимной поверхности гибочного штампа стремились создать благоприятные условия для обтяжки матрицы заготовкой. Участок поверхности прижима, по которому протягивается металл при гибке, следует сделать шлифованной.

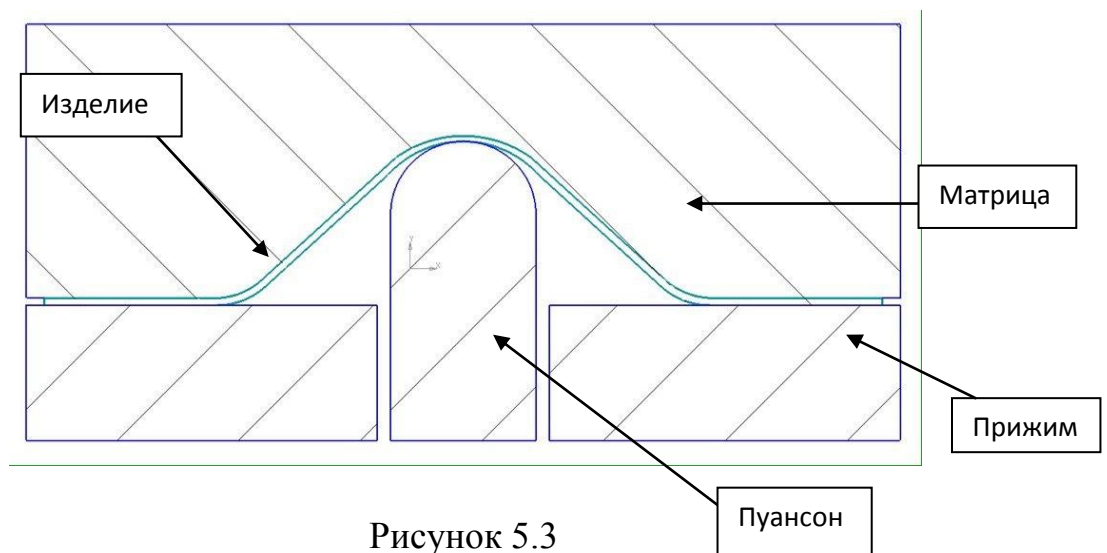


Рисунок 5.3

5.3. Проведение численного моделирования (CAE-расчет)

CAE (Computer-Aided Engineering) – программные системы позволяющие понять, как поведёт себя в реальных условиях сформированная 3D модель изделия. CAE системы выполняют ряд разнообразных задач по расчёту

напряжений, деформаций, теплообмена и других параметров сплошных сред. Благодаря широкому перечню возможностей и широкому выбору программного обеспечения CAE системы нашли себе применение во многих отраслях промышленности. CAE технология, заключающаяся в применении компьютерного программного обеспечения для анализа CAD геометрии продукта и испытания его при заданных условиях для улучшения и оптимизации конструкции как самого продукта, так и его инструмента.

Работа с CAE программами начинается с предварительного определения характеристик анализируемой модели и учёту факторов внешней среды, воздействующей на продукт. Полученные данные подвергаются анализу и последующему принятию более подходящего решения, необходимого для правильного расчёта.

Главным преимуществом систем CAE заключается в том, что конструктор может без особого труда и материальных затрат провести компьютерное тестирование изготавливаемой модели продукта. Это позволяет увеличить внимание на таких важных направлениях, как повышение безопасности, комфортабельности, долговечности и удобства производимого продукта.

В основе своей работы они используют различные математические расчёты, такие как метода конечных элементов, метода конечных разностей, метод конечных объёмов. В данной выпускной квалификационной работе, для анализа процесса листовой штамповки использовался метод конечных элементов.

В методе конечных элементов структура модели представлена набором элементов, которые могут обрабатываться компьютером после того, как будут разбиты на отдельные части. Основная задача метода конечных элементов заключается в анализе прочности и расчёте задач связанных с деформаций. Так же МКЭ используется для решения множества инженерных задач, таких как задача механики жидкости, сплошных сред, статики и динамики.

После того как деталь была разбита на более мелкие элементы расчёты проводятся для отдельных конечных элементов. Точки, соединяющие

элементы, называются узлами, и в совокупности образуют конечную элементную сетку.

Метод конечных элементов состоит из:

1. Выделение конечных элементов
2. Нумерация узлов
3. Определение функций для каждого из элементов.

Для решения задач связанных с методом конечных элементов используют разнообразные программы решатели. В данной бакалаврской работе рассматривается программный продукт LS-PREPOST и LS-DYNA.

LS-PREPOST – программный продукт, предназначенный для создания конечно-элементной модели детали и инструмента. LS-DYNA– многоцелевая программа использующая постановку метода конечных элементов, для расчёта динамических процессов (в том числе и процессов, приводящих к разрушению). Полностью автоматизированный процесс решения задач, в совокупности с множеством функций по проверке получаемого решения, представляемых программой, позволяет инженерам успешно и без особых затруднений решать сложнейшие задачи, связанные с формированием металла (прокат, выдавливание, штамповка, литьё, вытяжка, гибка), анализ безопасности пассажира (используется для проверки взаимодействия подушки человека и виртуальной модели человека), резка металла, инженерный анализ изделий народного потребления, расчёт всевозможных ситуаций связанных с ударами.

Формирование 3D геометрии заготовки и инструмента.

Формирование геометрии заготовки и инструмента производилось в программном продукте SIEMENS NX 9.0.

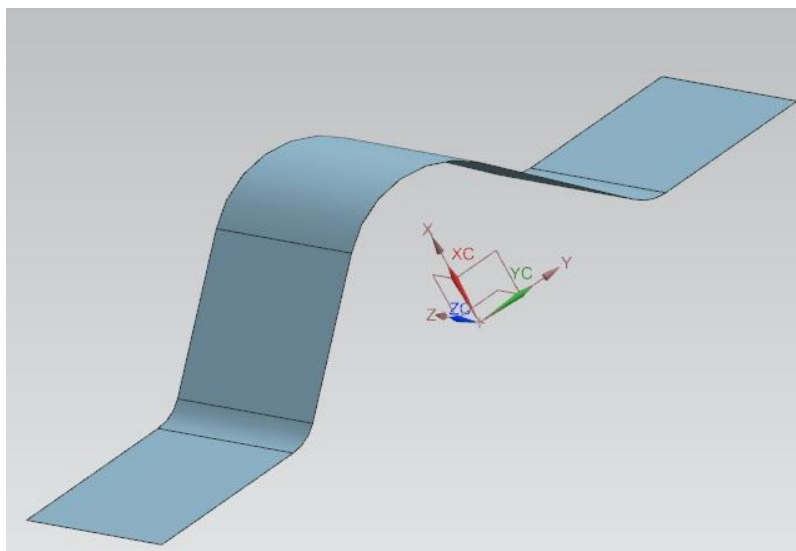


Рисунок 5.4. Готовая 3D-модель изделия

Для операции гибки понадобилось построить необходимые инструменты,
а именно:

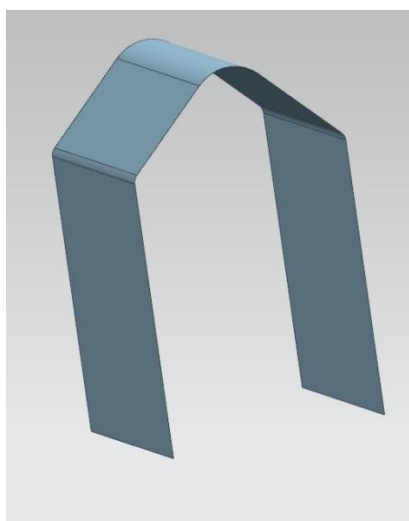


Рисунок 5.5. Пуансон

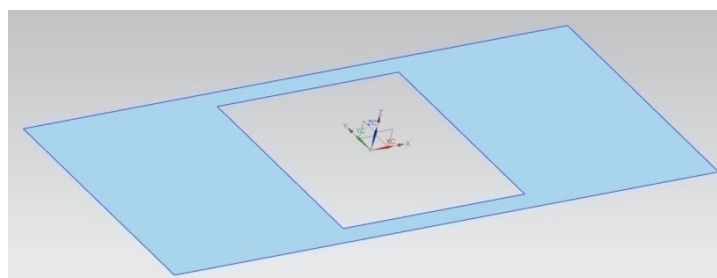


Рисунок 5.6. Прижим

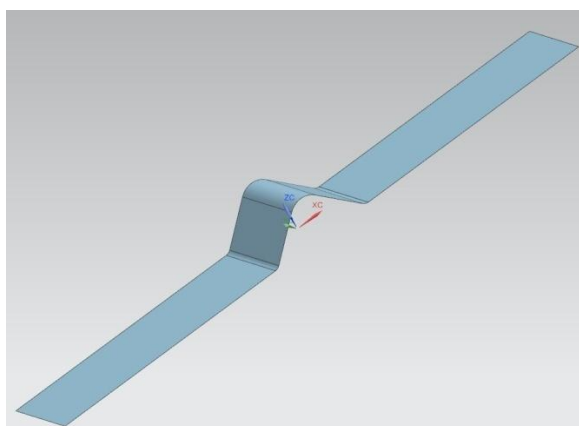


Рисунок 5.7. Матрица

Все смоделированные элементы экспортируются в формате IGES в программу LS-PREPOST, для последующей обработки, создания элементной сетки и расчёта процесса.

Так же для расчета гибочного перехода необходимо было создать “k” – файл материала заготовки (материал заготовки –сталь 08ю, “k” –файл создавался в «Текстовом редакторе»). Название материала TRANSVERSELY_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC тип 37.

```
*KEYWORD
*MAT_TRANSVERSELY_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC
$ MID RO E PR SIGY ETAN R HLCID
1 7.8E-09 17.50E+04 0.3
*DEFINE_CURVE
10
0.0000,189.3
0.0110,222.0
0.0208,246.0
0.0307,265.0
0.0405,280.0
0.0502,292.2
0.0598,302.5
0.0693,311.4
0.0811,321.1
0.0904,327.3
0.0996,333.3
0.1110,339.9
0.1201,344.7
0.1291,349.6
0.1400,354.8
0.1510,359.8
0.1596,363.2
0.1704,367.7
0.1810,371.6
0.1894,375.0
0.2000,378.0
0.3000,407.3
0.4000,429.3
0.5000,447.3
0.6000,462.5
0.7000,475.8
0.8000,487.6
0.9000,498.3
1.0000,508.0
*END
```

Рисунок 5.8. Файл материала заготовки

1. Импортирование геометрии заготовки, пуансона, матрицы и прижима в формате «iges» в программу LS-PREPOST.
2. Нанесение конечно-элементной сетки на поверхности каждой геометрии. Размер конечных элементов: пуансона, матрицы и заготовки, - равен 1. Размер элементов, для прижима, равен 4,8.
3. Вносятся параметры заготовки (раздел Blank):
 - a) Выбирается заготовка;
 - b) Задаётся тип материала;
 - c) Устанавливается толщина заготовки равная 3 мм.
4. Задаётся рабочий инструмент (раздел Tools):
 - a). выбираются заданные элементы сетки отдельно для каждого инструмента;

б). выбирается положение каждого инструмента относительно заготовки;

в). коэффициент трения равен 0.125;

г). движение инструментов происходит вдоль оси Z.

5. В разделе Position, устанавливается расположение инструмента по оси Z. Выбирается AutoPosition, для автопозиционирования всех частей в пространстве. После этого действия заготовку передвигать не рекомендуется, так как нарушится позиционирование детали.

6. Устанавливается сам процесс операции, в данном случае гибка (Drawing)(раздел Process).

Здесь задается то, что:

а). матрица движется к пуансону со скоростью $v = 5000$;

б). пуансон будет неподвижным (stationary);

в). прижим будет действовать на заготовку с усилием (force), равное 30000 кг.

Сохраняем процесс в файл isform.

7. Отправляем файл «isform» в программу LS-DYNA Manager, для расчета процесса гибки. После окончания расчета открываем в LS-Prepost файл «3dplot», для анализа полученного результата.

5.4. Анализ полученных результатов

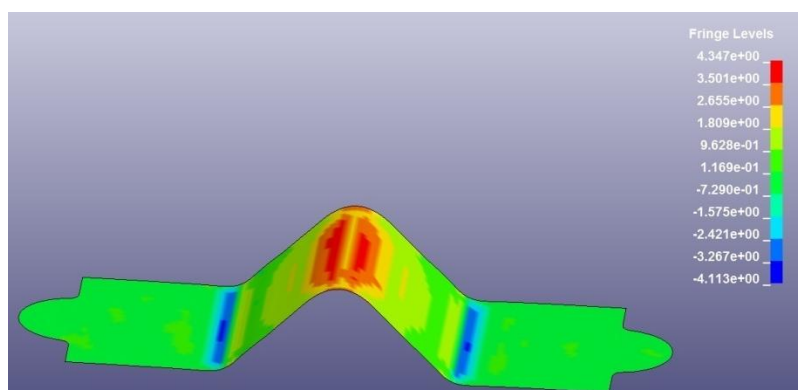


Рисунок 5.8. Утонение в процентах

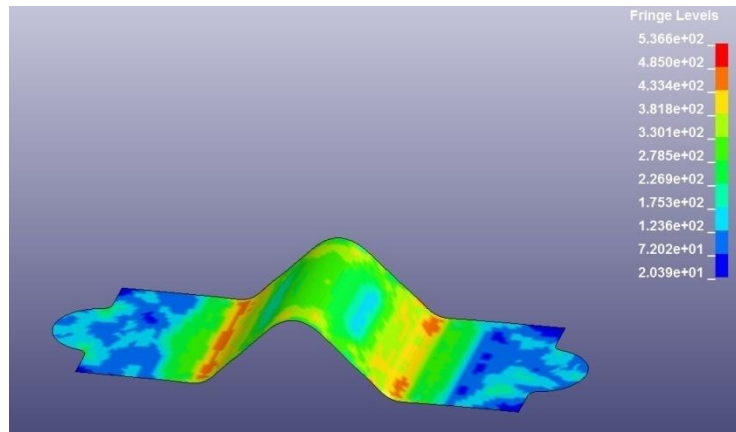


Рисунок 5.9. Условие пластичности Мизеса

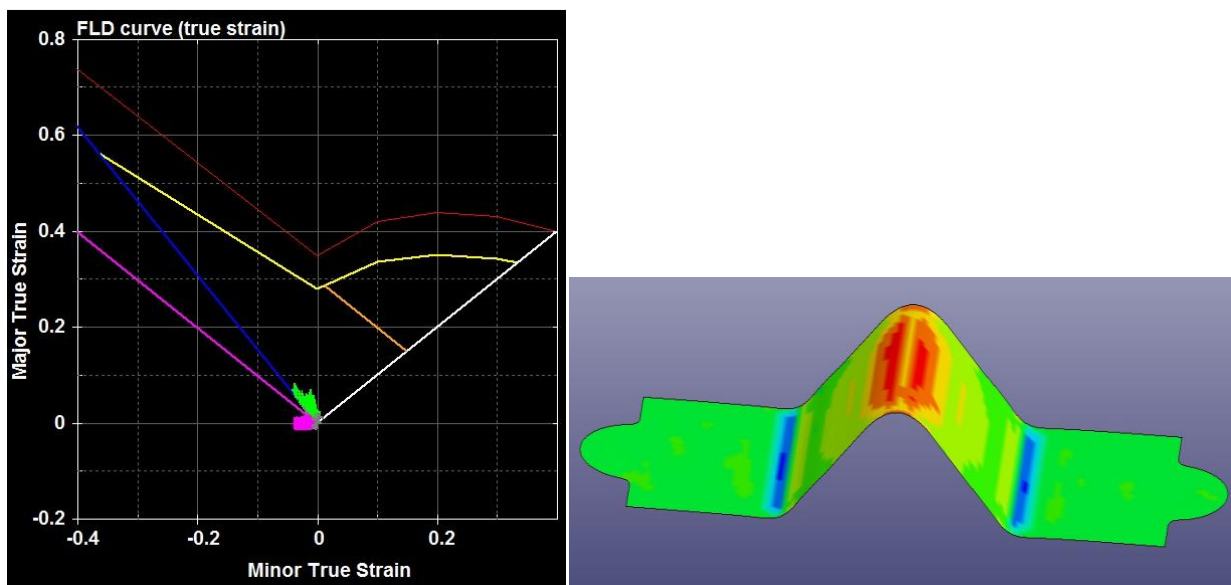


Рисунок 5.10. FLD диаграмма

По FLD диаграмме видно, что разрывов в модели нет.

6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА

6.1. Описание рабочего места, выполняемых операций и оборудования
«В прессовых цехах, точнее в цехах листовой штамповки, изготавливают полуфабрикаты, детали и изделия из листового металла. Эти цехи могут быть небольшими - для серийного и массового производства мелких штампованных деталей часов, электро- и радиоприборов и так далее, средними - для серийного, крупносерийного и массового производства листовых деталей мотоциклов, стиральных машин, холодильников и тому подобное и крупными - для массового изготовления больших по размерам деталей, например, облицовочных деталей автомобилей: крыльев, боковин, крыши, деталей вагонов и так далее.» [20]

Таблица 6.1. Техпаспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1.	Штамповка	Вырубка и пробивка	Штамповщик	Пресс КП-300 3 МН	ст. х/к 08Ю ОВГ
2.	Штамповка	Последовательная гибка	Штамповщик	Пресс КП-300 3 МН	ст. х/к 08Ю ОВГ
3.	Штамповка	Пробивка	Штамповщик	Пресс КП-300 3 МН	ст. х/к 08Ю ОВГ

6.2. Идентификация опасных и вредных производственных факторов пресового производства

«Безопасность условия трудовой деятельности на месте работы характеризуется наличием ОВПФ (опасных и вредных производственных факторов), возникающих при выполнении операций технологического характера или иных видов деятельности («ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы» ГОСТ 12.0.003 — 74). При этом учитываются следующие факторы: источники травм механического характера; источники шума, вибрации, ионизирующих излучений; выявляются условия

микроклимата в помещении; оценивается уровень освещенности в помещении и на рабочем месте; определяется угроза получения электротравм; исследуется токсичность используемых в производстве веществ; проводится оценка взрыво- и пожароопасности объекта; выявляется возможность использования грузоподъемных машин и механизмов, а также находящихся под давлением сосудов» [4].

Распознаем все вредные и опасные факторы, путем составления таблицы 6.2, существующие на производстве.

Таблица 6.2. Опасные и вредные факторы

№ п/п	Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, оборудование, технологические операции при которых встречается данный производственный фактор
Физические факторы		
1	движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части	Работа прессы
2	передвигающиеся изделия, материалы, заготовки	Работа транспортера
3	повышенные уровни шума, вибрации	Работа прессы, пневмосистемы
4	недостаточная освещенность рабочей зоны	Изношенность оборудования
5	повышенные значения напряжения в электрической цепи	Работа прессы
6	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок	Загрузка заготовки оператором в питатель
Психофизиологические факторы:		
1	однообразность труда	Исполнение оператором монотонной трудовой деятельности в течении всего рабочего дня

6.3. Мероприятия по разработке безопасных условий труда

«Проверка знаний относительно требований охраны труда и обучение по охране труда работников проводится для обеспечения профилактических мер по уменьшению/предотвращению травм и заболеваний, связанных с видом деятельности.

Для всех лиц, принимаемых на работу, а также сотрудников, переходящих на иное рабочее место, работодатель (или лицо, уполномоченное обязанностям работодателя) обязан провести инструктаж по охране труда.

Вводный инструктаж по охране труда проводится по программам, разработанным на основании нормативных правовых и законодательных актов РФ учетом специфики направленности организаций и утвержденной в установленном порядке работодателем (или лицом, уполномоченным обязанностям работодателя)» [4].

Таблица 6.3. Организационно–технические методы и технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасно-вредные факторы на производстве	Организационно–технический метод и техническое средство защиты, уменьшения, устранения опасно-вредных факторов производства	Предметы защиты работника (индивидуальные)
1	Подвижная часть оборудования на производстве и заостренные края, заусенец или шероховатость на поверхности заготовки	– кожух на рабочую зону штампа со по всему периметру оборудования; – звуковое предупреждение при каждом включении оборудования; – средства защиты, срабатывающие на остановку привода при критических нагрузках; – приведение пресса в работу с помощью нажатия обеими руками; – переход на автоматическую линию.	– костюм из хлопчатобумажного материала; – перчатки из кожи; – хлопчатобумажный головной убор; – нарукавники из хлопчатобумажного материала; – средства для защиты органа зрения; – защитная паста для рук от промасливания.
2	Высокая шумность на месте работы и высокие вибрационные импульсы	– смазывание контактирующих частей пресса; – переход с передач зубчатого типа на передачи с зацеплением шевронного типа; – использование фундамента виброизоляционного под пресс.	Защитные вкладыши для органа слуха
3	Высокий уровень пыли и высокий уровень газов в воздухе трудового места	Вытяжка, объединенная с системой отопления воздуха.	Средства защиты органов дыхания
4	Низкий уровень света на рабочем месте	Изменение освещенности.	–
5	Высокий уровень напряжения, при замыкании которого возможны получения травм для человеческого организма	Обеспечение заземления каждого оборудования.	Тапочки и перчатки из резины
6	Перегрузки, связанные с нервно-психическими показателями человеческого организма	Выделение нескольких минут для эмоционального разгрузки.	–
7	Перегрузки, связанные с физическими показателями человеческого организма	Проведение разминки в перерывах на протяжении трудового времени.	–

6.4. Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке «Пожарная безопасность промышленных предприятий – комплекс мероприятий, являющийся важным, обеспечивающий уверенность в сохранение здоровья и жизни производственного коллектива. Для точной оценки вероятности возникновения пожароопасной ситуации или взрыва, при осуществлении какого-либо техпроцесса по СНиП 21–01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» осуществлено распределение производств по их степени пожарной опасности. По степени угрозы пожароопасности производства делятся на 6 категорий: А, Б, В, Г, Д.» [19]

Материал, применяемый для штамповки данного технологического процесса (ст. х/к 08Ю ОВГ), по степени горючести относится к материалам трудно сгораемым, на основании чего мы можем отнести ПМШ в соответствие СНиП 21–01–97 по взрыво- и пожарной опасности к категории Д (несгораемые материалы и вещества в холодном состоянии).

Таблица 6.4. Классификация опасных факторов пожара

№ п/п	Участки, подразделения	Оборудования	Классы пожара	Пожароопасные факторы	Сопутствующие проявления фактора пожара
1	Участок листовой штамповки	Пресс КП-300	В, Д, Е	– возможность воспламенения и появления искр; – поток тепла; – повышенная температура в зоне рабочего места; – сниженный уровень кислорода и видимости при задымленности.	Осколки или части энергетического оборудования или строительных сооружений, технологических установок, производственного и инженерно-технологического оборудования, появляющиеся в процессе пожара.

6.5. Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 6.5. Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первостепенные предметы пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Противопожарное оборудование	Индивидуальные средства защиты и спасения людей при пожаре	Противопожарный инструмент	Сигнализация, реагирующая на дым, связь и оповещение
Огнетушитель	Пожарные транспорты передвижения	Водяные установки систем пожаротушения	Датчики дыма	Рукава противопожарные	Противогаз	Пожарные багры	Оповещения о возгорании (звуковая, речевая сигнализация)
Песок	Пожарные мотопомпы	Газовые установки системы пожаротушения	Датчики тепла	Инвентарь пожарной безопасности	Носилки	Пожарные топоры	Световой указатель «ВЫХОД»
Пожароустойчивое полотно	Технически адаптированные средства (тягач, прицеп и трактор).	Порошковые установки и систем пожаротушения	Точный контрольный прибор	Колонка противопожарная	Костюмы защитные противопожарные	Лопаты штыковые	Ручной пожарный извещатель

6.6. Организационные (организационно–технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Таблица 6.6. Организационные (организационно–технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование вида реализуемого организационно–технического (организационного) мероприятия	Выставляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, возможности эффекты
Листовая штамповка	<ul style="list-style-type: none"> – консультация персонала относительно требований ПБ; – соблюдение необходимых мер предосторожности по технике безопасности; – последовательное выполнение технологического процесса; – наличие первостепенных предметов предотвращения очагов возгорания; – своевременная уборка промасленных продуктов производства с места работы; – сокращение количества взрывоопасных материалов и компонентов на трудовом месте; – корректное хранение взрывоопасных продуктов и компонентов, соответствуя требованиям ПБ. 	<ul style="list-style-type: none"> – квалифицированные сотрудники; – обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара, оповещения и эвакуации; – наличие системы пожаротушения.

6.7. Экологическая экспертиза объекта, антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности

Процесс холодной штамповки не сильно воздействует на экологическую обстановку. Проводимые мероприятия по экологической безопасности на предприятии должны быть скоординированы на повышение контроля за процессом переработки использованных материалов.

Таблица 6.7. Идентификация экологических факторов технического объекта

Технический объект, технологически–производственный процесс	Структурная составляющая объектов, производственно–технологического происходящих процессов	Отрицательное влияние технических объектов на окружающую среду (атмосферу)	Отрицательное влияние технических объектов на окружающую среду (гидросферу)	Отрицательное влияние технических объектов на окружающую среду (литосферу)
Передвижение транспортных средств	Использование дизельного топлива	Высокий уровень газов в воздухе	–	–
Объекты отхода на производстве	Масленный осадок, использованное масло	–	Попадание тяжёлых металлов и токсинов в водные источники	Попадание в почву, грунтовые воды

6.8. «Разработанные организационно–технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Таблица 6.8

Наименование технического объекта	Движение транспорта	Отходы производства и потребления	
		Промасленная ветошь	Отработанное масло
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Замена средств передвижения на дизельном топливе, транспорт на электрическом аккумуляторе	–	–

Продолжение таблицы 6.8

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	–	Полная утилизация (сжигание в специализированных печах)	Полное или частичное восстановление качества отработанных масел (регенерация) с целью их повторного использования по прямому назначению или для иных целей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	–	Полная утилизация (сжигание в специализированных печах)	Полное или частичное восстановление качества отработанных масел (регенерация) с целью их повторного использования по прямому назначению или для иных целей» [20].

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»:

1. В разделе «Экологичность и безопасность технического объекта» была продемонстрирована характеристика техпроцесса листовой штамповки, обозначены технологические операции, должности работников, технически-инженерное оборудование, расходные материалы (таблица 6.1).

2. Были распознаны риски, связанные с профессиональной деятельностью, по проводимому техпроцессу листовой штамповки. Отмечены опасные и вредные факторы на производстве (таблица 6.2).

3. Созданы организационные мероприятия, концентрирующие внимание на снижение технических рисков, связанных с трудовой деятельностью. Определены средства индивидуальной защиты для каждого сотрудника предприятия (таблица 6.3).

4. Созданы мероприятия по обеспечению пожаробезопасности

производственного объекта. Проведена классификация опасных факторов пожара и были разработаны средства, методы и меры обеспечения пожаробезопасности (таблица 6.4). Созданы методы, средства и меры обеспечения пожаробезопасности (таблица 6.5). Определены мероприятия по увеличению пожарной безопасности на предприятии (таблица 6.6).

5. Найдены экологические факторы (таблица 6.7) и организованы мероприятия по обеспечению экологической безопасности на производственном объекте (таблица 6.8).

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов

В данной части ВКР необходимо провести сравнительный экономический анализ двух вариантов изготовления изделия «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля. В имеющемся технологическом процессе для изготовления изделия используют ручной пресс К-3132А с усилием 1.6 МН. В проектном технологическом процессе разработан автоматический пресс КП-300 с усилием 3 МН, что позволяет сократить время изготовления единицы изделия. Изменяется раскрой материала, за счет чего так же происходит экономия расходного материала.

7.2. Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки

Таблица а.) – Общие исходные данные

№	Исходные данные	Обозначения	Единица измерения	Значения	
1	Планируемое количество выпущенных изделий за год	N_2	шт	150000	
2	Затраченное время: -оборудованием -рабочими	Φ_3 $\Phi_{эр}$	час	3745 1124	
3	Показатель выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	
4	Показатель многостаночного обслуживания	$K_{мн}$	-	1,0	
5	Показатель времени, отведенного на отпуск рабочим	K_o	%	11,8	
6	Показатель монтажных работ - в расчетах на себестоимость - в расчетах капитального вложения	$K_{монт}$	-	1,1 0,1	
7	Расходы на закупку одного килограмма материала	Π_m	руб.	14,8	
8	Стоимость одного килограмма отхода	$\Pi_{отх}$	руб.	7,52	
9	Масса заготовки	M_3	кг	0,193	0,188
10	Масса отхода	$M_{отх}$	кг	0,07	0,06
11	Затраты, связанные с транспортировочно-заготовительными операциями	$K_{мз}$	-	1,014	

Продолжение таблицы а.)

12	Показатель доплаты к заработной плате (от третьего и до пятого разряда)			
А	Часовой фонд заработной платы	$K_{доп}$	-	1,08
Б	Квалифицированность рабочего	$K_{мф}$	-	1,16
В	За условия труда	K_y	-	1,15
Г	Надбавка в ночные смены	K_n	-	1,2
Д	Премииальные	$K_{пр}$	-	1,1
Е	Выплаты на соцнужды	K_c	-	1,26
13	Суммарный показатель доплаты	$K_{зпл}$	-	6,922
14	Показатель мощностной способности оборудования	K_m	-	0,8
15	Показатель единовременной электродвигателя	$K_в$	-	0,7
16	Общий коэффициент полезного действия электрической цепи	K_n	-	1,03
17	Показатель временного ресурса оборудования	$K_{од}$	-	0,8
18	Выручка с продажи -изношенных оборудований -изношенных штампов	B_p $B_{пу}$	%	5 15
19	Величина амортизации	H_a	%	6
20	Показатель суммарных расходов (цеховых)	$K_{цех}$	-	1,72
21	Почасовой тариф - рабочего, имеющего третий разряд - наладчика, имеющего пятый разряд	C_m C_m	руб.	69,71 79,97
22	Тарификация электричества за расход одного киловатта электроэнергии	$C_э$	руб.	2,435
23	Стоимость одного квадратного метра площади	$C_{пл}$	руб.	4500

Таблица б.) – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Усилие, МН	Норма времени, мин.		Мощность M_y , кВт	Площадь S_y , м ²	Цена, руб.
			$t_{шт}$	$t_{маш}$			
	Существующий вариант						
1.	К-3132А	3	0,110	0,071	30	16	318500
	Проектный вариант						
2.	КП-300	1,6	0,081	0,065	20	30	580670

Таблица в.) – Исходные данные о штамповой оснастке

№	Наименование штампа	Стойкость штампа $T_{и.шт.}$, ударов	Цена штампа $C_{шт.}$, руб.
	Существующий вариант		
1.	Штамп вырубки и пробивки	400000	130800

Продолжение таблицы в.)

2.	Штамп 1-ой гибки	1000000	89760
3.	Штамп 2-ой гибки	1000000	89760
4.	Штамп 3-ой гибки	1000000	89760
5.	Штамп пробивки	40000	130800
	Проектный вариант		
1.	Штамп вырубки и пробивки	400000	130800
2.	Штамп последовательной гибки	1000000	269280
3.	Штамп пробивки	40000	130800

7.3. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки.

Фонд эффективного рабочего времени оборудования (7.1):

$$\Phi_{\text{Э}} = D_{\text{раб}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пред}} \cdot T_{\text{сокр}} \cdot S \cdot 1 - k_{p.n} , \quad (7.1)$$

где $D_{\text{раб}}$ – рабочие дни;

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

$D_{\text{пред}}$ – количество предпраздничных дней;

$T_{\text{сокр}}$ – количество сокращенных (предпраздничных) дней;

S – количество рабочих смен;

$k_{p.n}$ – коэффициент, учитывающий время на ремонт оборудования.

$$\Phi_{\text{Э}} = 247 \cdot 8 - 5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 - 0,05 = 3745 \text{ ч.}$$

Фонд эффективного рабочего времени (7.2):

$$\Phi_{\text{Э.р.}} = 30\% \cdot \Phi_{\text{Э}}, \quad (7.2)$$

где $\Phi_{\text{Э}}$ – фонд эффективного времени работы оборудования.

$$\Phi_{\text{Э.р.}} = 30\% \cdot 3745 = 1124 \text{ ч.}$$

7.4. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки

Таблица 7.4

№	Показатели	Расчетные формулы и расчеты	Значения показателей	
			Существующие	Проектные
1.	Количество оборудования, необходимого для производства программы выпуска (в год), ст.	$N_{об} = t_{шт} \times N_{Г} / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60)$ $n_{об}^{сущ} = 0,110 \cdot 150000 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,07 \approx 1$ $n_{об}^{пр} = 0,081 \cdot 150000 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,05 \approx 1$	1	1
2.	Коэффициент загрузки выполнением операций оборудования	$K_3 = n_{об}^{Расч} / n_{об}^{Прин.}$ $K_3^{сущ} = 0,07 / 1 = 0,07$ $K_3^{пр} = 0,05 / 1 = 0,05$	0,07	0,05
3.	Количество рабочих-операторов, требуемых для выполнения программы выпуска деталей (в год), чел.	$P_{оп} = [t_{шт} \times N_{Г} \cdot (1 + K_{О} / 100)] / (\Phi_{Эр} \times K_{МН} \times 60)$ $P_{оп}^{сущ} = \frac{0,110 \cdot 150000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{1124 \cdot 1 \cdot 60} = 0,27 \approx 1 \cdot 1_{оп} \cdot 2_{см} = 2$ $P_{оп}^{пр} = \frac{0,081 \cdot 150000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{1124 \cdot 1 \cdot 60} = 0,2 \approx 1 \cdot 1_{оп} \cdot 2_{см} = 2$	2	2
4.	Количество необходимой штамповой оснастки для выполнения программы выпуска деталей (в год), шт.	$N_{штамп} = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $n_{шт}^{выр.пр.сущ} = 150000 / 400000 = 0,375 \approx 1$ $n_{шт}^{выр.пр.пр} = 150000 / 300000 = 0,5 \approx 1$ $n_{шт}^{пр.} = 150000 / 40000 = 3,75 \approx 4$ $n_{шт}^{гиб} = 150000 / 1000000 = 0,15 \approx 1$	8	3

7.5. Расчет капитальных вложений

Таблица 7.5 – Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчеты	Значения показателей	
			Существующие	Проектные
1.	Необходимые капитальные вложения в каждую единицу оборудования, руб.	$K_{об} = n_{об} \times C_{об} \times K_3$ $K_{об}^{сущ} = 1 \cdot 318500 \cdot 0,07 = 22295$ $K_{об}^{пр} = 1 \cdot 580670 \cdot 0,05 = 29033,5$	22295	29033,5
2.	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
А.	Расчет затрат на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{об} \times K_{монт}$ $K_M^{сущ} = 22295 \cdot 0,1 = 2229,5$ $K_M^{пр} = 29033,5 \cdot 0,1 = 2903,35$	2229,5	2903,35

Продолжение таблицы 7.5

Б.	Расчет затрат на штамп, руб.	$K_{И} = Ц_{ШТ} \times n_{ШТ}$ $K_{И}^{сущ} = 130800 + 89760 + 89760$ $\quad + 89760 + 130800$ $\quad \times 4 = 1054080$ $K_{И}^{пр} = 130800 + 269280 + 130800$ $\quad = 530880$	105408 0	530880
В.	Расчет затрат на необходимую для производства площадь, руб.	$K_{ПЛ} = n_{ОБ} \times S_y \times Ц_{ПЛ} \times K_3$ $K_{ПЛ}^{сущ} = 1 \cdot (16 + 16 + 16) \cdot 4500$ $\quad \cdot 0,07 = 15120$ $K_{ПЛ}^{пр} = 1 \cdot 30 \cdot 4500 \cdot 0,05 = 6750$	15120	6750
	Суммарные затраты	$K_{СОП} = K_M + K_{И} + K_{ПЛ}$ $K_{СОП}^{сущ} = 2229,5 + 1054080 + 15120$ $\quad = 1071429,5$ $K_{СОП}^{пр} = 2903,35 + 530880 + 6750$ $\quad = 540533,35$	107142 9,5	540533,3 5
3.	Требуемое капитальное вложение, руб.	$K_{ОБЩ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$ $K_{ОБЩ}^{сущ} = 22295 + 1071429,5$ $\quad = 1093724,5$ $K_{ОБЩ}^{пр} = 29033,5 + 540533,35$ $\quad = 569566,85$	109372 4,5	569566,8 5
4.	Удельное капитальное вложение, руб.	$K_{УД} = K_{ОБЩ} / N_{Г}$ $K_{УД}^{сущ} = 1093724,5 / 150000 = 7,3$ $K_{УД}^{пр} = 569566,85 / 150000 = 3,8$	7,3	3,8

7.6. Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

Таблица 7.6 – Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

№	Показатели	Расчеты и формулы	Значения показателей	
			Существующие	Проектные
1.	Материальные затраты, руб.	$M = (M_3 \times Ц_M \times K_{ТЗ}) - (M_{ОТХ} \times Ц_{ОТХ})$ $M^{сущ} = 0,193 \cdot 14,8 \cdot 1,014 -$ $\quad 0,07 \cdot 7,52 = 2,37$ $M^{пр} = 0,188 \cdot 14,8 \cdot 1,014 -$ $\quad 0,06 \cdot 7,52 = 2,37$	2,37	2,37
2.	Заработные платы рабочих-операторов, руб.	$З_{ПЛ} = P \times C_T \times \Phi_{ЭР} \times K_{ЗПЛ} \times K_3 / N_{Г}$ $З_{ПЛ}^{сущ} = 2 \cdot 66,71 \cdot 1124 \cdot 6,922$ $\quad \cdot 0,07 / 150000 = 0,48$ $З_{ПЛ}^{пр} = 2 \cdot 66,71 \cdot 1124 \cdot 6,922$ $\quad \cdot 0,05 / 150000 = 0,35$	0,48	0,35

Продолжение таблицы 7.6

3.	Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования, руб.	$P_A = [(C_{OБ} \times (1 - B_p)) \times N_A \times t_{ШТ} \times 1,3] / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60 \times 100)$ $P_A^{сущ} = 318500 \cdot 1 - 0,05 \cdot 0,06 \cdot 0,110 \cdot 1,3 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ $= 0,0001$ $P_A^{пр} = 580670 \cdot 1 - 0,05 \cdot 0,06 \cdot 0,081 \cdot 1,3 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ $= 0,0001$	0,0001	0,0001
4.	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{Э} = (M_y \times t_{МАШ} \times K_{Од} \times K_M \times K_{В} \times K_{П} \times C_{Э}) / (КПД \times 60)$ $P_{Э}^{сущ} = (30 \cdot 0,071 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,435) / (0,75 \cdot 60)$ $= 0,05$ $P_{Э}^{пр} = (20 \cdot 0,065 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,435) / (0,75 \cdot 60)$ $= 0,03$	0,05	0,03
5.	Затраты на амортизацию штампового инструмента, руб.	$P_{И} = (C_{ШТ} \cdot [1 - B_{Р.И.}]) / T_{И. ШТ.}$ $P_{ШТ}^{выр.пр.сущ} = (130800 \cdot 1 - 0,15) / 400000$ $= 0,28$ $P_{ШТ}^{выр.пр.пр} = (269280 \cdot 1 - 0,15) / 1000000$ $= 0,20$ $P_{ШТ}^{пр} = (130800 \cdot 1 - 0,15) / 40000$ $= 2,45$ $P_{ШТ}^{гиб} = (89760 \times 3 \cdot 1 - 0,15) / 1000000$ $= 0,20$ $P_{И.общ}^{сущ} = 2,93$ $P_{И.общ}^{пр} = 0,20$	2,93	0,20
6.	Необходимые расходы на содержание и эксплуатацию площадей для производства, руб.	$P_{ПЛ} = S_y \times n_{OБ} \times C_{ПЛ} \times K_3 / N_{Г}$ $P_{ПЛ}^{сущ} = 16 \times 3 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,07 / 150000 = 0,1$ $P_{ПЛ}^{пр} = 30 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,05 / 150000 = 0,045$	0,1	0,045
7.	Заработная плата наладчика, руб.	$Z_{НАЛ} = (n_{OБ} \times C_{Т} \times \Phi_{ЭР} \times K_{ЗПЛ} \times K_3) / (n_{OБсл} \times N_{Г})$ $Z_{НАЛ}^{сущ} = (1 \cdot 79,89 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,07) / (1 \cdot 150000)$ $= 0,29$ $Z_{НАЛ}^{пр} = (1 \cdot 79,89 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,05) / (1 \cdot 150000)$ $= 0,21$	0,29	0,21

Продолжение таблицы 7.6

8.	Технологическая себестоимость, руб.	$C_{\text{ТЕХ}} = M + 3_{\text{ПЛ}} + P_{\text{А}} + P_{\text{Э}} + P_{\text{И}} + P_{\text{ПЛ}} + 3_{\text{НАЛ}}$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{сущ}} = 2,37 + 0,48 + 0,0001 + 0,05 + 2,93 + 0,1 + 0,29 = 6,22$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{пр}} = 2,37 + 0,35 + 0,0001 + 0,03 + 0,20 + 0,045 + 0,21 = 3,21$	6,22	3,21
9.	Итоговые производственные расходы, руб.	$P_{\text{ЦЕХ}} = 3_{\text{ПЛ}} \times K_{\text{ЦЕХ}}$ $P_{\text{цех}}^{\text{сущ}} = 0,48 \cdot 1,72 = 0,83$ $P_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 0,35 \cdot 1,72 = 0,60$	0,83	0,60
10	Итоговая производственная (цеховая) себестоимость, руб.	$C_{\text{ЦЕХ}} = P_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ТЕХ}}$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{сущ}} = 0,83 + 6,22 = 7,05$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{пр}} = 0,60 + 3,21 = 3,81$	7,05	3,81

7.7. Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта

Таблица 7.7 – Экономическая эффективность

Показатели	Расчеты и формулы	Значения показателей	
Годовая экономия от снижения себестоимости (условная), руб.	$\mathcal{E}_{\text{уз}} = (C_{\text{пех}}^{\text{сущ}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) \cdot N_2$ $\mathcal{E}_{\text{уз}} = 6,22 - 3,21 \cdot 150000 = 451500$	451500	
Переведенные затраты, руб.	$3_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}$ $3_{\text{пер}}^{\text{сущ}} = 7,05 + 0,33 \cdot 7,3 = 9,5$ $3_{\text{пер}}^{\text{пр}} = 3,81 + 0,33 \cdot 3,8 = 5,1$	9,5	5,1
Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_2 = (3_{\text{пер}}^{\text{сущ}} - 3_{\text{пер}}^{\text{пр}}) \cdot N_2$ $\mathcal{E}_2 = 9,5 - 5,1 \cdot 150000 = 660000$	660000	
Ожидаемый срок окупаемости капитальных вложений, год	$T_{\text{ок}} = K_{\text{и}}^{\text{пр}} / \mathcal{E}_{\text{уз}}$ $T_{\text{ок}} = \frac{530880}{451500} = 1,18 \approx 2$	2	

Вывод:

В результате разработки нового технологического процесса изготовления изделия «Кронштейн штанги стабилизатора» легкового автомобиля себестоимость продукции снизилась с 9,5 рублей до 5,1 рублей, т.е. на 4,4 рублей (46,3 процента) за счет изменения расстояния между заготовками в проектном технологическом процессе, а также, благодаря переходу на автоматическую линию.

Годовой экономический эффект от внедрения нового технологического процесса составил шестьсот шестьдесят тысяч рублей (660000), при сроке окупаемости штамповой оснастки в течение двух лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе были выявлены и решены следующие вопросы:

1. Экономия материала за счет уменьшения величины перемычек между заготовками;
2. Увеличение производительности за счет перехода на пресс КП-300;
3. Уменьшение себестоимости за счет сокращения времени изготовления единицы детали, путем перехода на автоматическую линию;
4. Повышение уровня безопасности путем ограничения доступа в рабочую зону штампа;
5. Получение прибыли уже после полутора лет работы на новом оборудовании и с улучшенным технологическим процессом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверкиев, Ю. А. Технология холодной штамповки [Текст]: учеб. для вузов / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.
2. Банкетов, А. Н. Кузнечно-штамповочное оборудование [Текст]: А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
3. Бочаров, Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.А. Бочаров. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.
4. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»[Текст]: учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина. - Тольятти: ТГУ, 2016. – 51 с.
5. Губкин, С. И. Основы теории обработки металлов давлением [Текст] : С. И. Губкин, Б. П. Звороно, В. Ф. Катков и др. – М.: Машгиз, 1959. - 539 с.
6. Зубцов, М. Е. Листовая штамповка [Текст]: М. Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. – 432 с.: ил.
7. Иванов, И. И. Основы теории обработки металлов давлением [Текст]: учебник / И. И. Иванов, А. В. Соколов, В. С. Соколов и др. – М.: Форум – Инфра-М, 2007. – 144 с. : ил. – (Высшее образование).
8. Канторович, Л. В. Рациональный раскрой промышленных материалов[Текст]: Л. В. Канторович, В. А. Залгаллер. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Наука, 1971. – 300 с.: ил.
9. Краснопевцева, И. В. Экономика машиностроительного производства [Текст]: учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 148 с.

10. Малов, А. Н. Технология холодной штамповки[Текст]: А. Н. Малов – М.: Машиностроение, 1969. – 568 стр.
11. Матвеев, А. Д. Ковка и штамповка [Текст]: Справочник: В 4 т. Т. 4 Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева; Ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985 – 1987. – 544 с.: ил.
12. Норицын, И. А. Автоматизация и механизация технологических процессов ковки и штамповки [Текст]: учеб. пособие для вузов / И. А. Норицын, В. И. Власов. – М. : Машинстроение, 1967. – 388 с.
13. Норицын, И. А. Проектирование кузнечных и холодноштамповых цехов и заводов[Текст]: учеб. пособие для вузов / И. А. Норицын, В. Я. Шехтер, А. М. Мансуров. – М. : Высш. шк., 1977. – 423 с.
14. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке[Текст] / В. П. Романовский– 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
15. Скворцов, Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки[Текст]: конструкции и расчеты / Г. Д. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
16. Скрипачев, А. В. Технология изготовления облицовочных деталей автомобиля [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. В. Скрипачев. – Тольятти: ТГУ, 2004. – 94 с.
17. Смолин, Е. Л. Основы конструирования штамповой оснастки [Текст]: учеб. пособие для студентов заочной формы обучения / Е. Л. Смолин. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.
18. Сторожев, М. В. Теория обработки металлов давлением[Текст]: М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
19. Шапорева, И. Л. Безопасность жизнедеятельности. [Текст]: учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, Н. Е. Данилина. – Тольятти: ТГУ, 2015. – 299 с.
20. Шухов, Ю. В. Холодная штамповка [Текст]: учеб. для индивидуально-бригадной подгот. рабочих на производстве / Ю. В. Шухов,

С. А. Еленев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1972. – 207 с. : ил.; 22 см.

21. Joanna R. Groza, James F. Shackelford, Enrique J. Lavernia, Michael T. Powers 2007 Materials Processing Handbook, March 28, pp 229-237, (2007)

22. Kren, L. A. Line Automation Made Easier MetalForming Magazine. – 2016/ - December.

23. Kren, L. Die build simplified MetalForming Magazine. – 2016/ - December.

24. Kuvин, В. Automated Press-Brake Technology MetalForming Magazine. – 2017/ - January.

25. Kuvин, В. OEM finds new suppliers via online matchmaking MetalForming Magazine. – 2017/ - February.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																									
<i>Документация</i>																															
<i>17.БР.СОМДyРП.569.61.00.000СБ Сборочный чертеж</i>																															
<i>Детали</i>																															
<i>1 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.001 Плита верхняя 1</i>																															
<i>2 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.002 Толкатель грибковый 8</i>																															
<i>3 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.003 Матрица 1</i>																															
<i>4 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.004 Плита нижняя 1</i>																															
<i>5 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.005 Прижим 1</i>																															
<i>6 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.006 Плита подкладная 2</i>																															
<i>7 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.007 Пуансон 2</i>																															
<i>8 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.008 Держатель пуансона 2</i>																															
<i>9 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.009 Ловитель 2</i>																															
<i>10 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.010 Крышка 2</i>																															
<i>11 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.011 Прокладка 2</i>																															
<i>12 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.012 Планка (опорная) 2</i>																															
<i>13 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.013 Подъемник $\phi 16$ 4</i>																															
<i>14 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.014 Ограничитель $\phi 20$ 4</i>																															
<i>15 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.0015 Ловитель 2</i>																															
<i>16 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.016 Ловитель $\phi 14,22$ 4</i>																															
<i>17 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.017 Толкатель верхний 1</i>																															
<i>18 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.018 Траверса 1</i>																															
<i>19 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.019 Прижим верхний 2</i>																															
<i>20 17.БР.СОМДyРП.569.61.00.020 Шпилька $\phi 20$ 2</i>																															
17.БР.СОМДyРП.569.61.00.000																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Изм.</td> <td style="width: 15%;">Лист</td> <td style="width: 15%;">№ докум.</td> <td style="width: 15%;">Подп.</td> <td style="width: 15%;">Дата</td> </tr> <tr> <td>Разработ.</td> <td></td> <td>Алексеева О.М.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td>Смолин Е.Л.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Виткалов В.Г.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Ельцов В.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработ.		Алексеева О.М.			Пров.		Смолин Е.Л.			Н.контр.		Виткалов В.Г.			Утв.		Ельцов В.В.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																											
Разработ.		Алексеева О.М.																													
Пров.		Смолин Е.Л.																													
Н.контр.		Виткалов В.Г.																													
Утв.		Ельцов В.В.																													
Штамп для зубки					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Лит.</td> <td style="width: 33%;">Лист</td> <td style="width: 33%;">Листов</td> </tr> <tr> <td>БР</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table>		Лит.	Лист	Листов	БР	1	2																			
Лит.	Лист	Листов																													
БР	1	2																													
ТГУ, ИМ, гр. МСБ-1301					Формат А4																										
Копировал																															

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартные изделия</i>		
		4		<i>Адаптеры верхней</i>	1	
		22		<i>Пружина</i>	12	
		23		<i>Пробка</i>	8	
		24		<i>Колонка направляющая</i>	2	
		25		<i>Скобка ограничительная</i>	2	
		26		<i>Толкатель маркетный ф30</i>	6	
		27		<i>Ограничитель закрытой высоты</i>	2	
		28		<i>Втулка направляющая</i>	2	
		29		<i>Пробка</i>	4	
		30		<i>Фиксатор захватов</i>	2	
		31		<i>Пружина</i>	6	
		32		<i>Винт М16х45 ГОСТ 11738-84</i>	6	
		33		<i>Винт М10х65 ГОСТ 11738-84</i>	6	
		34		<i>Штифт 16х70</i>	2	
		35		<i>Штифт 12х60</i>	4	
		36		<i>Винт М12х35 ГОСТ 11738-84</i>	4	
		37		<i>Винт М10х60 ГОСТ 11738-84</i>	8	
		38		<i>Штифт 10х60</i>	4	
		39		<i>Винт М6х30 ГОСТ 11738-84</i>	8	
		40		<i>Винт М10х25 ГОСТ 11738-84</i>	6	
		41		<i>Штифт 10х50</i>	2	
		42		<i>Винт М10х70 ГОСТ 11738-84</i>	4	
		43		<i>Винт спец. М10х35 ГОСТ 11075-75</i>	2	
		44		<i>Винт М8х60 ГОСТ 11738-84</i>	2	

Подп. и дата

Инд. № докум.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

17.БР.СОМДиРП.569.61.00.000

Лист

2

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
<i>17.БР.СОМДyPP.569.61.01.000СБ</i>						
<i>Сборочные единицы</i>						
Строч. №		1	17.БР.СОМДyPP.569.61.01.001	Пресс	1	
		2	17.БР.СОМДyPP.569.61.01.002	Загрузчик штучных заготовок	1	
		3	17.БР.СОМДyPP.569.61.01.003	Механизм мены штампов	1	
		4	17.БР.СОМДyPP.569.61.01.004	Грейферные линейки	1	
		5	17.БР.СОМДyPP.569.61.01.005	Штамп для гибки	1	
		6	17.БР.СОМДyPP.569.61.01.006	Штамп для гибки	1	
		7	17.БР.СОМДyPP.569.61.01.007	Штамп для гибки	1	
		8	17.БР.СОМДyPP.569.61.01.008	Штамп пробивной	1	
<i>17.БР.СОМДyPP.569.61.01.000СБ</i>						
Изм. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Алексеева О.М.				
	Проб.	Смолин Е.Л.				
	Н.контр.	Виткалов В.Г.				
	Утв.	Ельцов В.В.				
				Комплекс оборудования		
				<i>Копировал</i>		
				Лит. Лист Листов		
				БР 1		
				ТГУ, ИМ, гр. МСБ-1301		
				Формат А4		