

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

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

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологического процесса и эскизного проекта
штамповой оснастки для изготовления детали «Картер масляный» в САД/САЕ–
системах

Студент(ка)

Е.С. Посидайло

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

П.А. Путеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Л.Н. Горина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2016

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

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

УТВЕРЖДАЮ
Завкафедрой «СОМДиРП»
_____ В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент _____ Посидайло Евгений Сергеевич _____

1. Тема Разработка технологического процесса и эскизного проекта штамповой оснастки для изготовления детали «Картер масляный» в CAD/CAE – системах
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы _____
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Базовый технологический процесс изготовления детали, годовая программа выпуска 120000 штук год, материал изделия сталь 08Ю–ОСВ
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Анализ технологических исходных данных, Разработка технологического процесса, Инженерный анализ напряженно–деформированного состояния детали при операции вытяжки, Выбор оборудования и средств автоматизации, Разработка эскизного проекта штампа для вытяжки, Безопасность и экологичность объекта, Экономическая часть
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала Эскизный проект штампа для вытяжки план верха, эскизный проект штампа для вытяжки план низа, эскизный проект штампа для вытяжки разрез А–А, эскизный проект штампа для вытяжки разрез Б–Б, сравнительная технология, инженерный анализ процесса вытяжки
6. Консультанты по разделам Л.Н. Горина,
И.В. Краснопевцева, В.Г. Виткалов
7. Дата выдачи задания « ____ » _____ 20__ г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

_____ П.А. Путеев
(подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ Е.С. Посидайло
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

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

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «СОМДиРП»

_____ В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Студента: _____ Посидайло Евгений Сергеевич

по теме: «Разработка технологического процесса и эскизного проекта штамповой оснастки для изготовления детали «Картер масляный» в САД/САЕ–системах»

<i>Наименование раздела работы</i>	<i>Плановый срок выполнения раздела</i>	<i>Фактический срок выполнения раздела</i>	<i>Отметка о выполнении</i>	<i>Подпись руководител я</i>
Анализ технологических показателей исходных данных	15.02.16	20.02.16	выполнил	
Разработка технологического процесса изготовления детали	2.03.16	1.03.16	выполнил	

Инженерный анализ напряженно–деформированного состояния детали при операции вытяжки	17.03.16	17.03.16	выполнил	
Выбор оборудования, средств механизации или автоматизации	5.04.16	3.04.16	выполнил	
Разработка эскизного проекта конструкция штамповой оснастки	20.04.16	18.04.16	выполнил	
Безопасность и экологичность технического объекта	4.05.16	8.05.16	выполнил	
Технико–экономическое обоснование проекта	25.05.16	23.05.16	выполнил	

*Руководитель выпускной
квалификационной работы*

(подпись)

П.А. Путеев

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Е.С. Посидайло

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В бакалаврской работе разработан технологический процесс и эскизный проект штамповой оснастки для изготовления детали «Картер масляный» с использованием САПР классов CAD/CAE.

В технологической части работы проведена проверка изделия на технологичность, произведён анализ базовой технологии изготовления детали, определены формы и размеры исходной заготовки, коэффициент использования металла, также были рассчитаны энергосиловые параметры по операциям проектной технологии. Разработан эскизный проект штамповой оснастки. Далее в работе был произведён выбор возможного технологического оборудования и средств автоматизации, приведены их технические характеристики. По штамповой оснастке были определены исполнительные размеры рабочих частей штампа, выбраны материалы и способы термообработки деталей штампов. В записке изложены мероприятия по охране труда. В экономической части была рассчитана себестоимость изготовления детали «Картер масляный». Определены размеры капиталовложений для её производства по базовым и проектным технологиям, проведено их сравнение.

Все расчеты проведены в соответствии с методическими указаниями к бакалаврской работе. Объём пояснительной записки и объём графического материала удовлетворяет требованиям.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	9
1.1. Анализ технологичности детали	9
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали	12
1.3. Выявление недостатков базовой технологии изготовления детали	14
1.4. Задачи бакалаврской работы	14
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	15
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса	15
2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки	16
2.3. Проектирование рационального раскроя металла и определение коэффициента использования металла (КИМ)	19
2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки	22
3. ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО – ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛИ ПРИ ОПЕРАЦИИ ВЫТЯЖКИ	31
3.1. Построение математических моделей деталей штампа.....	31
3.2. Подготовка моделей к анализу.....	31
3.3. Создание конечно–элементной сетки и ввод данных для анализа.....	32
3.4. Расчет и вывод полученных данных.....	33
4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	37
4.1. Выбор типоразмера и основные технические характеристики.....	37
4.2. Выбор средств автоматизации и основные характеристики.....	40
4.3. Описание работы оборудования и планировка участка штамповки.....	41
5. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ.....	42
5.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки.....	42
5.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей штампов	45
5.3. Определение центра давления штампа.....	48
5.4. Определение исполнительных размеров инструмента.....	48
6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА.....	49
6.1. Описание рабочего места, оборудования и выполняемых операций.....	49
6.2. Идентификация опасных и вредных производственных факторов пресового производства.....	50
6.3. Мероприятия по разработке безопасных условий труда.....	51

6.4. Обеспечение пожаробезопасности на производственном участке	52
6.5. Экологическая экспертиза объекта, антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности	52
7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	55
7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов	55
7.2. Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов.....	55
7.3. Расчет затрат на изготовление штамповой оснастки.....	57
7.4. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих–операторов и штамповой оснастки	58
7.5. Расчет капитальных вложений	59
7.6. Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам	59
7.7. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	63

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире обработка материалов давлением успела занять отдельную ступень в технологическом производстве. Она более удобна в техническом процессе и выгодна в экономическом плане по сравнению с другими видами обработки материалов.

Технологические особенности ОМД:

1. получение деталей сложной пространственной формы;
2. на фоне лёгкой конструкции, обеспечивает необходимую жёсткость и прочность детали;
3. получение высокого качества поверхности и точных размеров детали, без последующих дополнительных операций механической обработки.

В экономическом плане ОМД несёт следующие положительные факторы:

1. экономичное использование материала;
2. высокая скорость изготовления;
3. сравнительно низкая цена получаемой детали при массовом производстве.

Операции ОМД автоматизируются при помощи роботов, что позволяет сделать производство ещё более выгодным.

Технологически холодная штамповка подразделяется на два основных:

1. Разделительные операции. Это операции резки, пробивки, вырубки, отвечающие за отделение отхода от изделия.
2. Формоизменяющие операции: вытяжка, гибка и формовка, целью которых является изменение пространственной формы изделия [15].

Целью бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления детали за счет разработки оптимального размера заготовки и изменения раскроя.

1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1. Анализ технологичности детали

Технолог, отвечающий за разработку технологического процесса штамповки, принимает решения, связанные с технологичностью изготовления изделия листовой штамповки, согласовывает с конструктором изменения геометрии детали, проверяет качество геометрии электронной модели (ЭМ), выявляет элементы изделия, которые соответствуют параметрам листового тела, проводит проверку штампуемости.

Качество ЭМ изделий (рис.1.1.), получаемые листовой штамповкой, напрямую связаны с методами организации технической подготовки производства на предприятиях. Для исключения дефектов электронной модели изделия рекомендуется провести проверку качества ЭМ. На первом этапе необходимо проверить и выявить все дефекты геометрии исходной модели изделия, а на втором установить соответствие ЭМ детали требованиям, предъявляемым к листовым телам NX, которые можно изготовить штамповкой.



Рисунок.1.1 – Электронная модель детали

Анализ технологичности будет представлен при помощи инструмента «HD3D» и стандартов VDA4955, принятых в автомобильной промышленности Германии (рис.1.2.).

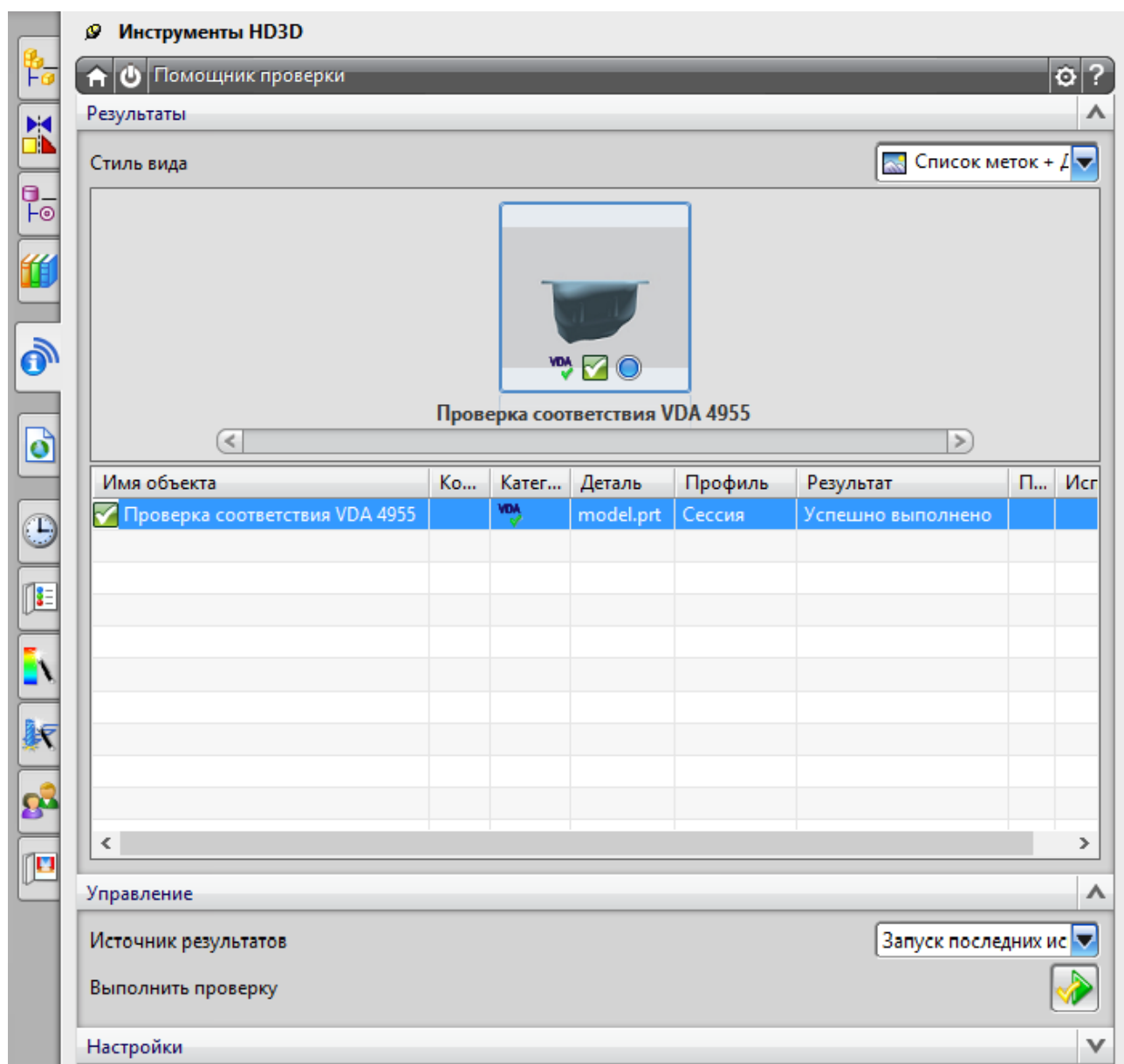
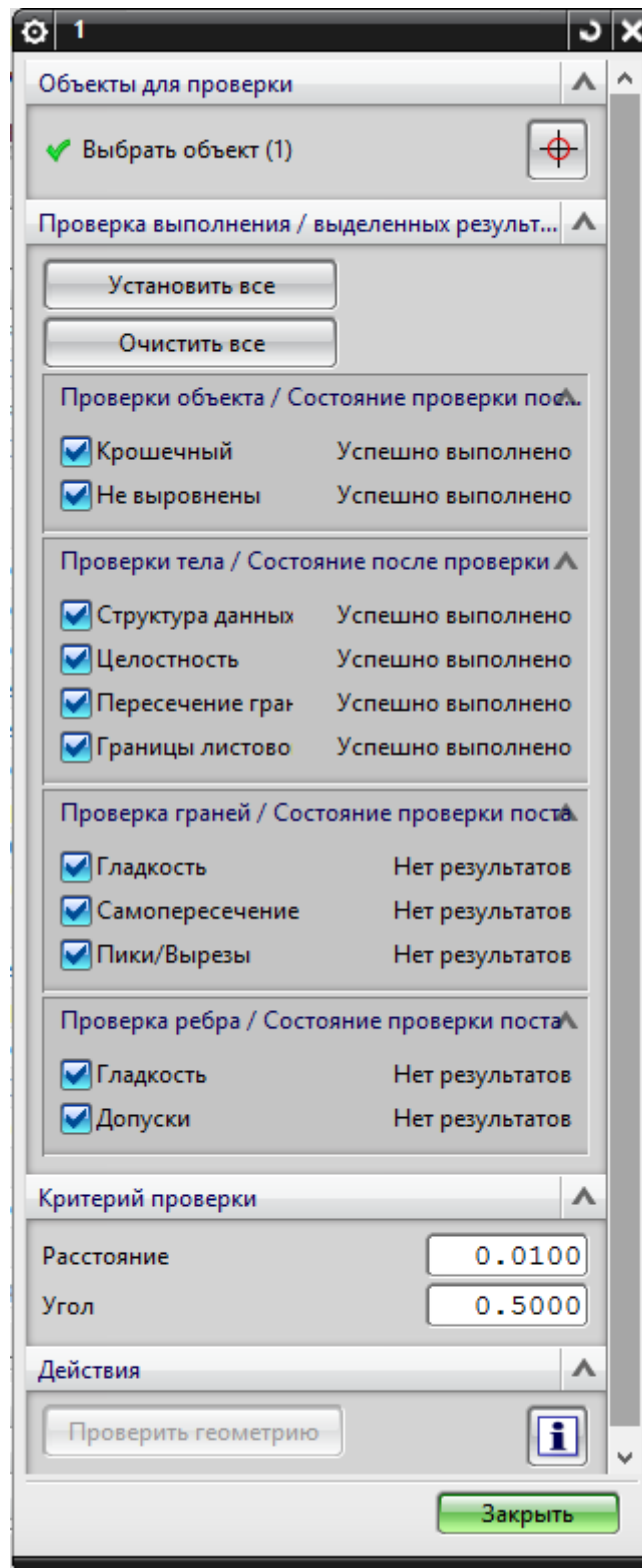


Рисунок 1.2 – Анализ HD3D

Более тщательная проверка ЭМ может быть осуществлена для выявления дефектов линий и поверхностей про помощи программного продукта NX 9.0 меню «Анализ – Проверка геометрии» (рис.1.3.)



Рисисунок.1.3– Анализ геометрии электронной модели

Анализ показал, что данная модель не содержит отклонений по форме и размерам в соответствии с настроенными данными окна анализа.

Заключение

Результатом контроля качества ЭМ будет модель листового тела без дефектов геометрии: нарушения топологий, пересечения поверхностей граней, разрывов и др.

1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали

Типовой технологический процесс изготовления детали «Картер масляный» состоит из следующих операций:

- 10.вырубка заготовки;
- 20.вытяжка;
- 30.правка;
- 40.обрезка;
- 50.формовка и отбортовка;
- 60.пробивка;
- 70.пробивка.

Операция 10 – Вырубка

Применяемое оборудование пресс «Инноченти». За один ход вырубается одна заготовка. Операция производится на отдельном участке. Штамповщик перемещает полосу в рабочую зону прессы и укладывает её в штамп. Здесь происходит вырубка. Заготовки транспортируют к прессу для следующей операции. Вырубка выполняется из рулона ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б 1,2x480, шириной 480мм и шагом 715мм. (рис. 1.4.).

Операция 20 – Вытяжка

Операция выполняется на прессе двойного действия фирмы «Инноченти», усилием 6,5МН.

Пачка заготовок подаётся на стол перед прессом. Штамповщик перемещает заготовку в рабочую зону прессы и укладывает её в штамп. Положение в штампе определяется фиксаторами (упорами). Затем опускается наружный ползун прессы, и прижим зажимает заготовку. Далее опускается внутренний ползун, и пуансон совершает вытяжку. Вытяжной переход имеет

сложную пространственную форму, поэтому здесь введены пороги для равномерного течения металла.

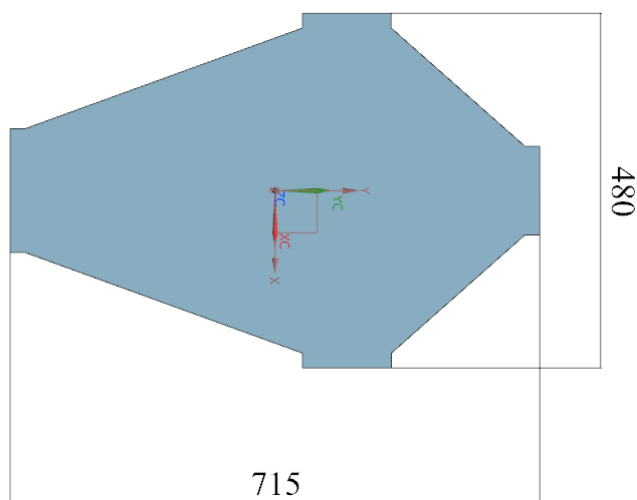


Рисунок 1.4 – Базовая заготовка

Операция 30 – Правка

Правка на прессе фирмы «Инноченти», усилием 4 МН. Операция выполняется после вытяжки, при этом во фланце сглаживается выпуклость от тормозного порога и доштамповываются радиуса закруглений, а также производится подштамповка.

Операция 40 – Обрезка

Производится кантовка детали на 180 градусов. Обрезка фланца происходит по контуру детали на прессе фирмы «Инноченти», усилием 4МН. Положение в штампе определяется фиксаторами.

Операция 50 – Формовка и отбортовка

Выполняется отбортовка. Операция выполняется на прессе фирмы «Инноченти», усилием 4МН.

Изменяется форма фланца путём добавления уплотнительные канавки, что придаёт окончательную форму фланца. Операция выполняется на прессе фирмы «Инноченти», усилием 4МН.

Операция 60 – Пробивка

Совершается поворот полуфабриката на достаточный угол для пробивки одного бокового отверстия диаметром 26мм. Операция выполняется прессе фирмы «Инноченти», усилием 4МН.

Операция 70 – Пробивка

Деталь возвращается в предыдущее положение. Затем выполняется пробивка 16 отверстий диаметром 7мм во фланце. Операция выполняется на прессе фирмы «Инноченти», усилием 4МН.

1.3. Выявление недостатков базовой технологии изготовления детали

Исследуя базовый технологический процесс изготовления детали «Картер масляный» были выявлены следующие недостатки базовой технологии:

- 1) низкий коэффициент использования материала;
- 2) большой размер заготовки.

1.4. Задачи бакалаврской работы

Исходя из недостатков базовой технологии изготовления детали «Картер масляный», можем сформулировать следующие задачи по усовершенствованию базовой технологии:

1. моделирование 3D модели изделия «Картер масляный»;
2. провести анализ базовой технологии;
3. определить параметры раскроя;
4. определить энергосиловые параметры;
5. провести анализ разработанного техпроцесса в САЕ;
6. выбрать оборудование и средства автоматизации;
7. разработать эскизный проект штампа для вытяжки;
8. провести анализ безопасности проекта и определить его рентабельность.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

2.1. Схема предлагаемого технологического процесса

Разработка технологических процессов холодной листовой штамповки является основой всей подготовки производства.

В разработанном технологическом процессе изготовления детали «Картер масляный» была разработана более рациональная заготовка и её раскрой.

В данном техпроцессе предлагается штамповка на прессе «Инноченти». На первом этапе будет производиться вырубка заготовки. Данная операция выполняется на линии вырубki. Рулон материала сталь холоднокатаная 08Ю–ОСВ–II–Б 1,2x440, шириной 440мм подаётся на линию вырубki с шагом 640мм. На втором этапе происходит вытяжка, фиксация положения заготовки обеспечивается фиксаторами. На последующих операциях фиксация осуществляется по внешнему контуру с применением дополнительных фиксаторов. На третьем этапе производят правку. На четвертом этапе кантовка детали на 180 градусов и обрезка технологического фланца. На пятом этапе за одну операцию производят формовку и отбортовка. На шестом этапе производится клиновья пробивка одного отверстия. На седьмом этапе производится пробивка 16 отверстий во фланце.

Предполагаемый технический процесс будет иметь следующий вид последовательности операций:

Операция 10 – Вырубка заготовки

Осуществляется вырубка фасонной заготовки из ленты ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б 1,2x440, шириной 440мм и шагом 640мм.

Операция 20 – Вытяжка

Основная формоизменяющая операция. Фиксация заготовки происходит по упорам.

Операция 30 – Правка

Доштамповываются радиуса и во фланце сглаживаются радиуса от технологического перехода, а также производится подштамповка.

Операция 40 – Обрезка

Обрезка технологического фланца.

Операция 50 – Формовка и отбортовка

Производится отбортовка с последующей формовкой уплотнительных канавок.

Операция 60 – Пробивка

Осуществляется поворот детали для пробивки одного бокового отверстия диаметром 26мм.

Операция 70 – Пробивка

Совершается поворот в положение операция 40. Выполняется пробивка 16 отверстий диаметром 7 мм во фланце

2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки

В целях экономии материала и более рационального течения материала предлагается изменить размер исходной заготовки. В базовой технологии размер заготовки составляет 480x715 мм. Размеры заготовок будут подсчитаны несколькими способами:

1. Численный метод;
2. Аналитический метод;
1. Численный метод

С использованием средства автоматизированного проектирования NX «Анализ формуемости – одношаговый» произведено моделирование развёртки (рис.2.1.)

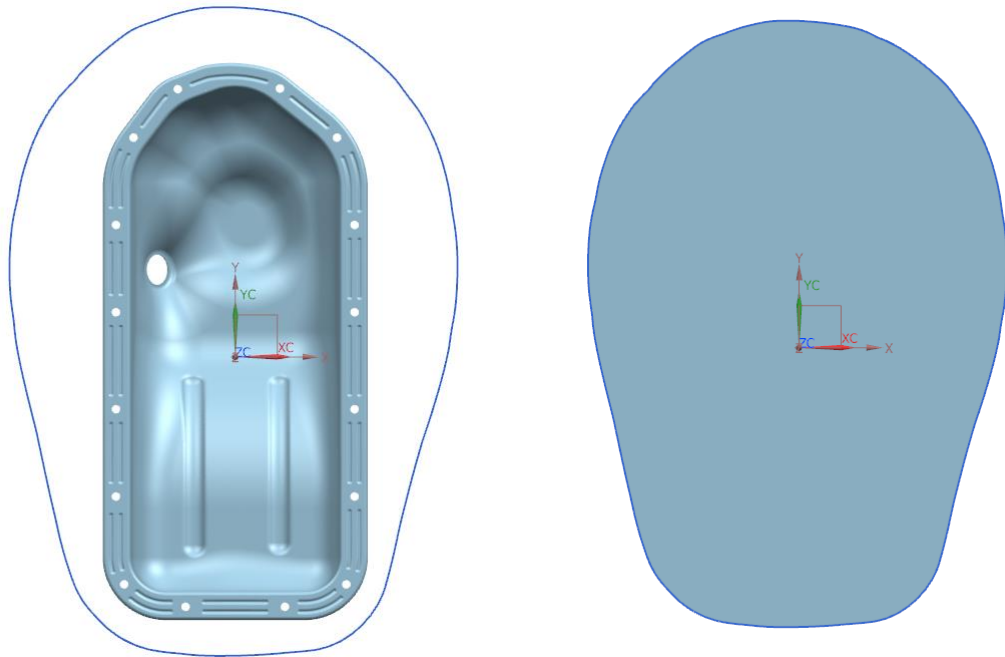


Рисунок 2.1 – Развёртка в одношаговом анализе формруемости
С помощью инструментов измерения получены значения заготовки по длине и ширине.

$$L_{\text{поперечное}} = 390\text{мм}$$

$$L_{\text{продольное}} = 534\text{мм}$$

Добавляем 15% на технологические припуски в продольном сечении:

$$L = 390 + (390 \cdot 0,15) = 448,5\text{мм}$$

Исходя из размеров детали и данных производства, ширина заготовки будет 440 мм.

Добавляем 20% длины заготовки на технологические припуски:

$$L = 534 + (534 \cdot 0,2) = 640,8\text{мм}$$

Исходя из размеров детали и данных производства, длина заготовок будет 640мм.

Следовательно, делаем вывод о том, что заготовка должна иметь размеры 640x440мм (рис. 2.2.)

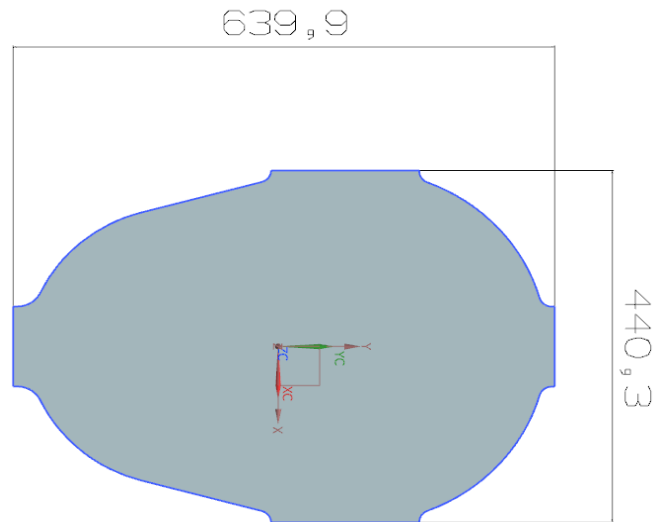


Рисунок 2.2 – Окончательный вид заготовки

2. Аналитический метод

С использованием средства автоматизированного проектирования NX «Анализ – измерение тел» произведен замер длины нейтрального наибольшего поперечного (рис. 2.3.) и продольного (рис. 2.4.) сечения:

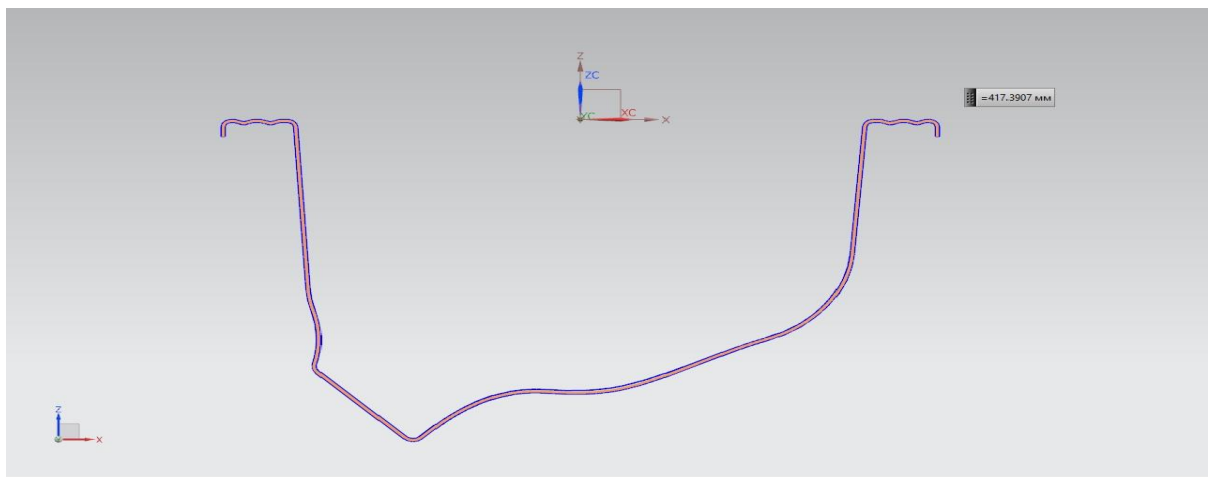


Рисунок 2.3 – Поперечное сечение детали

$$L = 417,4\text{мм}$$

Добавляем 15% на технологические припуски:

$$L = 417,4 + (417,4 \cdot 0,15) = 480\text{мм}$$

Исходя из размеров детали и данных производства, ширина заготовки будет 480мм.

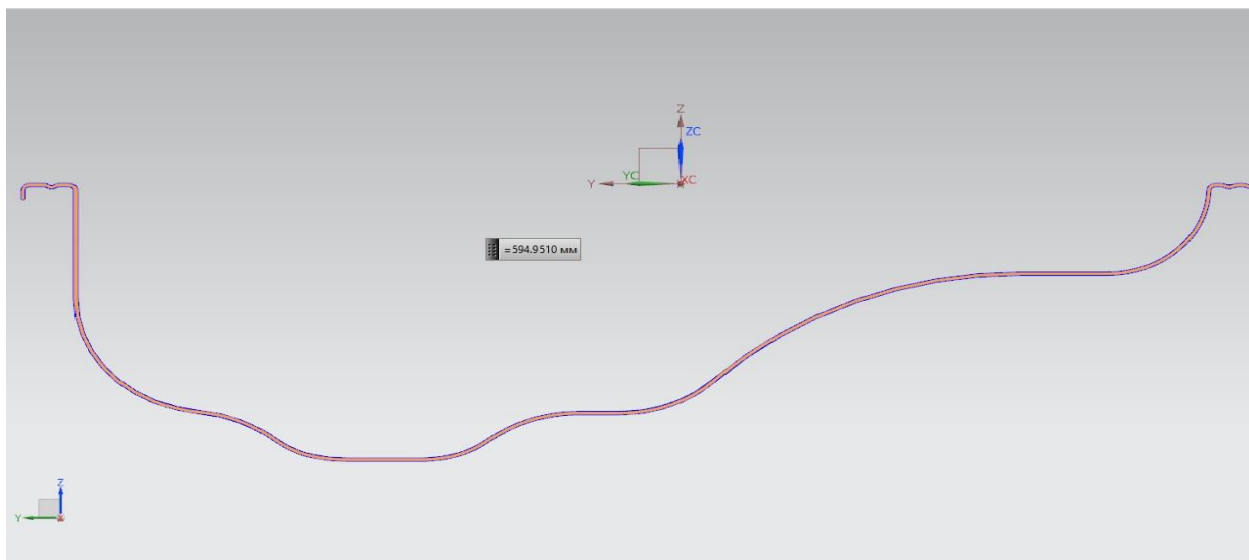


Рисунок 2.4 – Продольное сечение детали

$$L = 594,95\text{мм}$$

Добавляем 20% длины заготовки на технологические припуски:

$$L = 594,95 + (594,95 \cdot 0,2) = 715\text{мм}$$

Исходя из размеров детали и данных производства, длина заготовок будет 715мм.

Следовательно, делаем вывод о том, что заготовка должна иметь размеры 640x440мм (рис.2.2).

2.3. Проектирование рационального раскроя металла и определение коэффициента использования металла (КИМ)

Экономия металла и уменьшение отходов в холодной листовой штамповке имеют весьма большое значение, особенно в крупносерийном и массовом производстве, так как при больших масштабах производства даже незначительная экономия металла на одном изделии даёт в итоге большую экономию.

Раскрой листового металла на штучные заготовки и полосы является первой операцией, связанной с потерями металла в виде обрезков и

неиспользуемых отходов. При раскрое листов необходимо руководствоваться следующими правилами:

- 1) Резку заготовок производить по тщательно разработанным раскройным картам, учитывающим наиболее полное использование материала.
- 2) При резке крупных заготовок в серийном производстве применять комбинированный раскрой при наилучшем использовании материала и соблюдении комплектности заготовок.
- 3) Резку узких полос производить вдоль листа, так как при этом из каждой полосы получается большее количество деталей и уменьшается количество концевых отходов полосы.
- 4) Как правило, желательно резать широкие, а не узкие полосы, так как при этом требуется меньшее количество резов, а также меньший шаг подачи при штамповке; кроме того, обычно уменьшаются потери на концевые отходы.
- 5) В массовом производстве крупных деталей заказывать специальные мерные листы, кратные двум или более заготовкам.
- 6) В массовом производстве небольших деталей заменять листовой материал холоднокатаной лентой.
- 7) Нарезать заготовки для деталей, подвергаемых гибки, желательно с учётом направления волокон проката.
- 8) При резке на ножницах применять специальные устройства, облегчающие настройку и повышающие точность реза.

Различные способы раскроя полосового материала по экономичности и величине технологических отходов могут быть разделены на три вида:

- 1) раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму;
- 2) малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка;

3) безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путём прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек [15].

Исходя из формы заготовки и выше перечисленного предлагается выбрать прямой однорядный раскрой с малым отходом. (рис. 2.5.)

С использованием средства автоматизированного проектирования NX «Анализ – измерение тел» произведен замер площади фасонной заготовки.

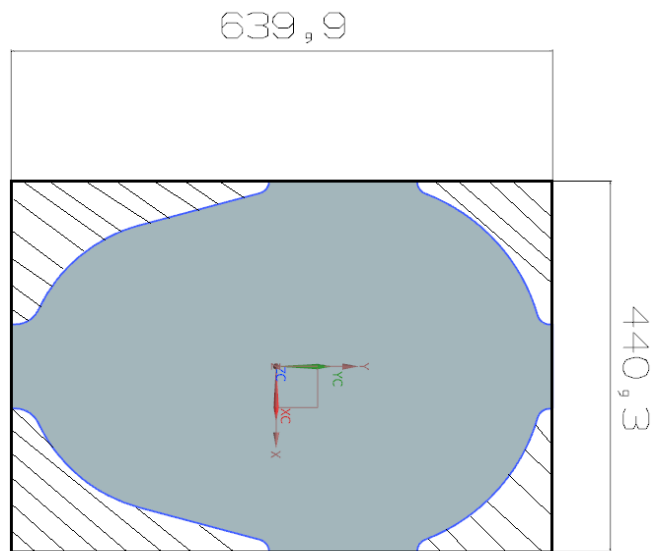


Рисунок 2.5 – Схема раскроя

$$F_{\text{заг}} = 217194 \text{мм}^2 \text{ – площадь заготовки}$$

Находится коэффициент использования материала по формуле:

$$\eta = \frac{F_{\text{заг}}}{B \cdot t} \cdot 100\% \quad (1)$$

Где $B = 440 \text{мм}$ – ширина ленты,

$t = 640 \text{мм}$ – шаг подачи,

$$\eta = \frac{325719}{440 \cdot 640} \cdot 100\% = 77\%;$$

Коэффициент использования материала равен 77%, в базовом варианте коэффициент использования материала составлял 66%.

2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки

2.4.1. Определение усилий

Операция 10 – Вырубка заготовки

Операция осуществляется путём вырубки фасонной заготовки из холоднокатаного рулона шириной 640мм и шагом 440мм.

Усилие вырубки вычисляем по формуле:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot k \quad (2)$$

Где $L = 1434$ мм – длина линии реза (рис. 2.6.);

$S = 1,2$ мм – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 25 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ –сопротивление резу для стали 08Ю;

$k = 1,3$ – коэффициент, описывающий не однородность материала и затупленные режущие кромки инструмента;

$$P = 1434 \cdot 1,2 \cdot 25 \cdot 1,3 = 555 \text{кН}$$

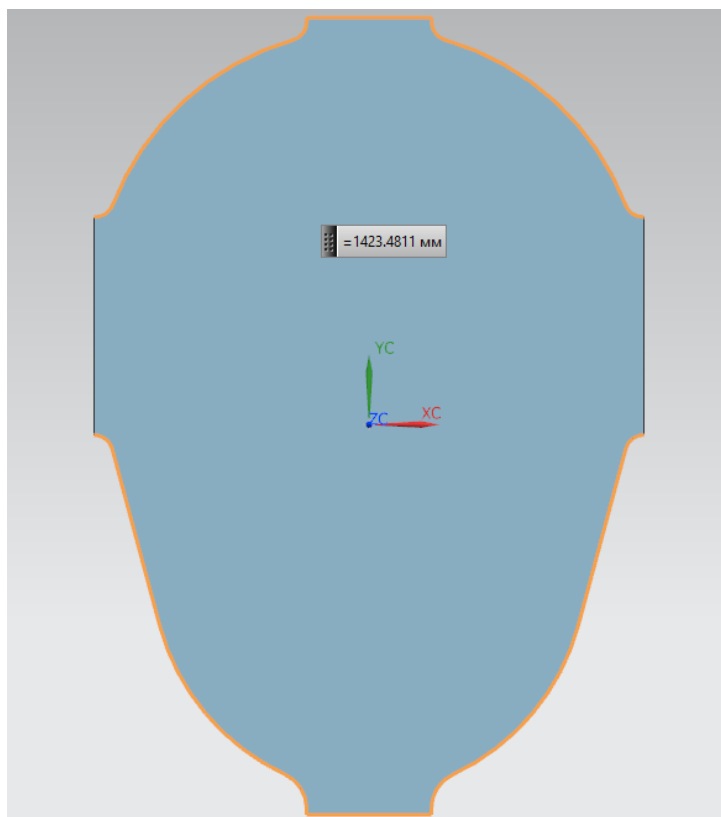


Рисунок 2.6 – Длина линии реза предлагаемой заготовки

Операция 20 – Вытяжка

Вытяжка осуществляет основную формоизменяющую операцию и придаёт плоской заготовке основную геометрию детали.

Так как при проецировании геометрии детали на плоскость она похожа на прямоугольник, будет рассчитано усилие вытяжки для коробчатой детали, глубиной $h = 117\text{мм}$ (рис.2.7.)

Усилие вытяжки определяется по формуле:

$$P_B = \Pi \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k_h \quad (3)$$

Где $\Pi = 11050\text{мм}$ – периметр вытяжного проёма;

$S = 1,2\text{мм}$ – толщина материала;

$\sigma_B = 29 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ – предел прочности для стали 08Ю;

$k_h = 1,5$ – коэффициент для вытяжки низких прямоугольных коробок из плоских заготовок за одну операцию;

$$P_B = 11050 \cdot 1,2 \cdot 29 \cdot 1,5 = 5768\text{кН}$$

Расчетное усилие прижима в общем виде определяется по формуле:

$$Q = F \cdot q \quad (4)$$

Где $F = 120564$ – площадь заготовки под прижимом;

$q = 0,2 \text{ кгс/мм}^2$ – удельное давление прижима для мягкой стали.

$$Q = 120564 \cdot 0,2 = 241\text{кН}$$

Общее усилие вытяжки по формуле:

$$P_{\text{сум}} = P_B + Q \quad (5)$$

$$P_{\text{сум}} = 5768 + 241 = 6009\text{кН}$$

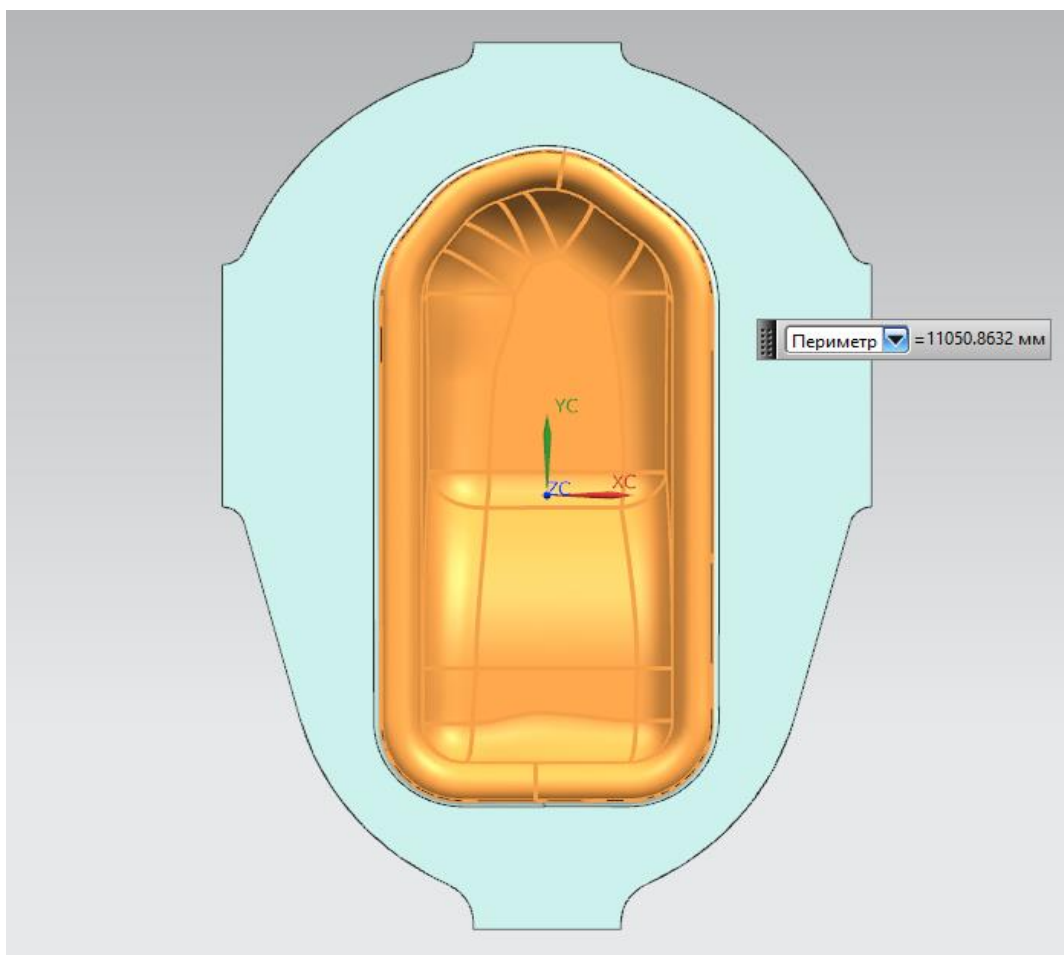


Рисунок 2.7 – Периметр спроецированной геометрии детали

Операция 30 – Правка

На данной операции происходит выравнивание выпуклости на фланце от перетяжного ребра.

Усилие правки по формуле:

$$P_{\Pi} = \rho \cdot F \quad (6)$$

где $\rho = 7 \text{ кгс/мм}^2$ – давление для правки [8];

$F = 38900 \text{ мм}^2$ – площадь деформируемых участков;

$$P_{\Pi} = 7 \cdot 38900 = 2723 \text{ кН}$$

Усилие прижима равно 10% от усилия правки;

$$P_{np} = 272 \text{ кН}$$

$$P_{об}^{II} = P_{п} + P_{пр} = 2723 + 272 = 2995 \text{кН}$$

Операция 40 – Обрезка

Обрезка технологического фланца осуществляется по контуру детали.

Усилие обрезки определяется по формуле:

$$P_{ср} = L \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot k \quad (7)$$

Где $L = 1270$ мм – длина линии реза;

$S = 1,2$ мм – толщина материала;

$\sigma_{ср} = 25 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ –сопротивление резу для стали 08Ю;

$k = 1,3$ – коэффициент, описывающий не однородность материала и затупленные режущие кромки инструмента;

$$P_{ср} = 1270 \cdot 1,2 \cdot 25 \cdot 1,3 = 457,2 \text{кН}$$

Операция 50 – Формовка и отбортовка

Формовка уплотнительных канавок определяется по формуле:

$$P_{\phi 1} = L \cdot S \cdot \sigma_{в} \cdot k \quad (8)$$

Где $L = 1655$ мм– длина канавок на фланце и дне детали;

$S = 1,2$ – толщина материала;

$\sigma_{в} = 29 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ – предел прочности для стали 08Ю;

$k = 0,8$ – зависящий от глубины и ширины рифта;

$$P_{\phi 1} = 1655 \cdot 1,2 \cdot 29 \cdot 0,8 = 461 \text{кН}$$

Формовка сферической выпуклости на дне детали и цилиндрической на боковой части детали:

$$P_{\phi 2} = \Pi \cdot S \cdot \sigma_{в} \cdot m \quad (9)$$

Где $\Pi = 3683$ мм – периметр вытяжного проёма;

$S = 1,2$ мм – толщина материала;

$\sigma_B = 29 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ – предел прочности для стали 08Ю;

$m = 0.7$ – коэффициент для вытяжки сферических и цилиндрических форм геометрии;

$$P_{\phi 2} = 3683 \cdot 1,2 \cdot 29 \cdot 0,7 = 897 \text{кН}$$

Суммарное усилие формовки:

$$P_{\phi}^{\text{сум}} = P_{\phi 1} + P_{\phi 2} = 461 + 897 = 1358 \text{кН}$$

Усилие прижима равно 10% от усилия формовки:

$$P_{\text{пр}} = P_{\phi}^{\text{сум}} \cdot 0,1 \quad (10)$$

$$P_{\text{пр}} = 1358 \cdot 0,1 = 136 \text{кН}$$

Общее усилие формовки:

$$P_{\phi}^{\text{об}} = P_{\phi}^{\text{сум}} + P_{\text{пр}} = 1358 + 136 = 1494 \text{кН}$$

Отбортовка наружного контура:

$$P_{\text{от}} = 1,25 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k \quad (11)$$

Где $L = 1200$ мм – длина линиигиба;

$S = 1,2$ – толщина материала;

$\sigma_B = 29 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ – предел прочности для стали 08Ю;

$k = 0,25$ – коэффициент приблизительно равный 0,2–0,3

$$P_{\text{от}} = 1,25 \cdot 1200 \cdot 1,2 \cdot 29 \cdot 0,25 = 130 \text{кН}$$

Суммарное усилие двух операций:

$$P = P_{\phi} + P_{\text{от}} = 1494 + 130 = 1624 \text{кН}$$

Операция 60 – Пробивка

На данной операции производится пробивка одного отверстия диаметром 26мм.

Усилие пробивки одного отверстия определяется по формуле:

$$P = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} \quad (12)$$

Где $d = 26$ мм – диаметр отверстия;

$S = 1,2$ – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 25 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ – сопротивление резу для стали 08Ю;

$$P = 3,14 \cdot 26 \cdot 1,2 \cdot 25 = 25 \text{кН}$$

Усилия снятия пуансона:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \cdot P \quad (13)$$

Где $k_{\text{сн}} = 0,07$ – коэффициент, определяемы в зависимости от штампа и толщины материала.

$$P_{\text{сн}} = 0,07 \cdot 25 = 1,75 \text{кН}$$

Усилие проталкивания отхода через матрицу:

$$P_{\text{прот}} = k_{\text{прот}} \cdot P \cdot n \quad (14)$$

Где $k_{\text{прот}} = 10\%$ от усилия пробивки отверстия;

n – количество отхода, шт.;

$$P_{\text{прот}} = 0,1 \cdot 25 \cdot 4 = 10 \text{кН}$$

Общее усилие пробивки одного отверстия:

$$P_{\text{об}}^{\text{пр}} = P + P_{\text{сн}} + P_{\text{прот}} \quad (15)$$

$$P_{\text{об}}^{\text{пр}} = 25 + 1,75 + 10 = 36,75 \text{кН}$$

Операция 70 – Пробивка

Окончательная операция пробивки 16–ти отверстий диаметром 7мм, усилие определяется по формуле:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot k \quad (16)$$

Где $L = 352$ мм – суммарная длина контура отверстий;

$S = 1,2$ мм – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 25 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ – сопротивление резу для стали 08Ю;

$k = 1,3$ – коэффициент, описывающий не однородность материала и затупленные режущие кромки инструмента;

$$P = 352 \cdot 1,2 \cdot 25 \cdot 1,3 = 137 \text{кН}$$

Усилия снятия пуансона:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \cdot P = 0,07 \cdot 137 = 9,6 \text{кН}$$

Где $k_{\text{сн}} = 0,07$ – коэффициент, определяемы в зависимости от штампа и толщины материала.

Усилие проталкивания отхода через матрицу:

$$P_{\text{прот}} = k_{\text{прот}} \cdot P \cdot n \quad (17)$$

Где $k_{\text{прот}} = 0,1$ коэффициент проталкивания

P – усилие на операции вырубки

n – количество отхода в теле матрицы

$$P_{\text{прот}} = 0,1 \cdot 137 \cdot 4 = 54,8 \text{кН}$$

Общее усилие пробивки 16ти отверстий:

$$P_{\text{об}}^{\text{пр}} = P + P_{\text{сн}} + P_{\text{прот}} = 137 + 9,6 + 54,8 = 201,4 \text{кН}$$

2.4.2. Определение работы

Операция 10 – Вырубка заготовки

Работа вырубки вычисляется по формуле:

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000} \quad (18)$$

Где $x = 0,5$ – коэффициент, определяемый из соотношения,

$x = \frac{P_{\text{ср}}}{P}$ ($P_{\text{ср}}$ –усреднённое усилие вырубки, выбираем по таблице);

$P = 555 \text{кН}$ – усилие вырубки;

$S = 1,2 \text{мм}$ – толщина материала;

$$A = 0.5 \cdot \frac{555 \cdot 1.2}{1000} = 0.33 \text{кДж}$$

Операция 20 – Вытяжка

Работа вытяжки вычисляется по формуле:

$$A = C \cdot \frac{P \cdot h}{1000} \quad (19)$$

Где $C = 0,8$ – значение коэффициента по опытным данным.

$P = 6009 \text{кН}$ – усилие вытяжки;

$h = 171 \text{мм}$ – максимальная глубина вытяжки;

$$A = 0.8 \cdot \frac{6009 \cdot 171}{1000} = 822 \text{кДж}$$

Операция 30 – Правка

Работа правки вычисляется по формуле:

$$A = \frac{P \cdot S}{1000} \quad (20)$$

$P = 2995 \text{кН}$ – усилие правки;

$$A = \frac{2995 \cdot 1.2}{1000} = 3,6 \text{кДж}$$

Операция 40 – Обрезка

Работа обрезки фланце вычисляется по формуле (17):

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}$$

Где $x = 0,5$ – коэффициент, определяемый из соотношения,

$x = \frac{P_{\text{ср}}}{P}$ ($P_{\text{ср}}$ – усреднённое усилие вырубки, выбираем по таблице);

$P = 457,2 \text{кН}$ – усилие обрезки;

$S = 1.2 \text{мм}$ – толщина материала;

$$A = 0.5 \cdot \frac{457.2 \cdot 1.2}{1000} = 0.27 \text{кДж}$$

Операция 50 – Формовка и отбортовка

Работа формовки и отбортовки вычисляется по формуле (20):

$$A = \frac{P \cdot S}{1000}$$

$P = 1624 \text{ кН}$ – усилие данной операции;

$$A = \frac{1624 \cdot 1.2}{1000} = 2 \text{ кДж}$$

Операция 60 – Пробивка

Работа пробивки одного отверстия вычисляется по формуле (18):

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}$$

Где $x = 0,5$ – коэффициент, определяемый из соотношения,

$x = \frac{P_{\text{ср}}}{P}$ ($P_{\text{ср}}$ – усреднённое усилие вырубки, выбираем по таблице);

$P = 36,75 \text{ кН}$ – усилие пробивки;

$S = 1.2 \text{ мм}$ – толщина материала;

$$A = 0.5 \cdot \frac{36,75 \cdot 1.2}{1000} = 0,02 \text{ кДж}$$

Операция 70 – Пробивка

Работа пробивки 16 отверстий вычисляется по формуле (18):

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}$$

Где $x = 0,5$ – коэффициент, определяемый из соотношения,

$x = \frac{P_{\text{ср}}}{P}$ ($P_{\text{ср}}$ – усреднённое усилие вырубки, выбираем по таблице);

$P = 201,4 \text{ кН}$ – усилие пробивки;

$S = 1.2 \text{ мм}$ – толщина материала;

$$A = 0.5 \cdot \frac{201,4 \cdot 1.2}{1000} = 0,12 \text{ кДж}$$

3. ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО – ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛИ ПРИ ОПЕРАЦИИ ВЫТЯЖКИ

Для инженерного анализа напряжённо-деформированного состояния детали на операции вытяжки были использованы следующие программы: NX 9.0., LS–PrePost 2.4 и LS–Dyna Manager.

3.1. Построение математических моделей деталей штампа

С использованием программного продукта автоматизированного моделирования NX 9.0. были смоделированы тела заготовки, матрицы, пуансона и прижима. Геометрическая форма рабочих поверхностей инструмента была получена с применением WAVE-технологий (нисходящего метода проектирования сборок с сохранением ассоциативных связей между объектами). Заготовка и рабочие инструменты были ориентированы относительно друг друга.

3.2. Подготовка моделей к анализу

Тела, построенные в NX 9.0, были экспортированы в формат IGES. Для этого использовался инструмент – «Ассоциативные копии», были скопированы наружные поверхности твердых тел инструмента, обрезаны их высоты для уменьшения площади расчета и конечно–элементной сетки. Далее была выбрана вкладка «Файл», пункт «Экспорт» и экспортировались поверхности в отдельную папку (рис.3.1.)

Затем запустив LS–PrePost 2.4. при помощи функции «Import» были импортированы ранее полученные IGES файлы. В окне LS–PrePost 2.4. будет отображаться геометрия рабочих инструментов и заготовки.

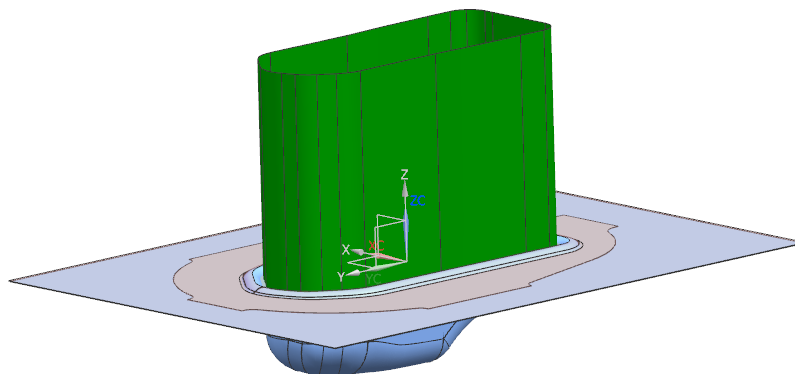


Рисунок 3.1 – Ассоциативные копии поверхностей рабочего инструмента и заготовки

3.3. Создание конечно–элементной сетки и ввод данных для анализа

На основе полученной геометрии создаётся конечно–элементная сетка всех элементов. Для более точного анализа радиусы на рабочих частях и заготовки сетка задаётся с более мелким шагом.

Вводились исходные данные заготовки с помощью функции «Blank»: материал сталь 08Ю и толщина 1,2мм. Задается инструмент с помощью функции «Tool» и ориентируется инструмент и заготовка по высоте при помощи функции «Position», а также выбирается операция Forming при помощи функции «Process». Создаётся k–файл, описывающий процесс вытяжки (рис. 3.2).

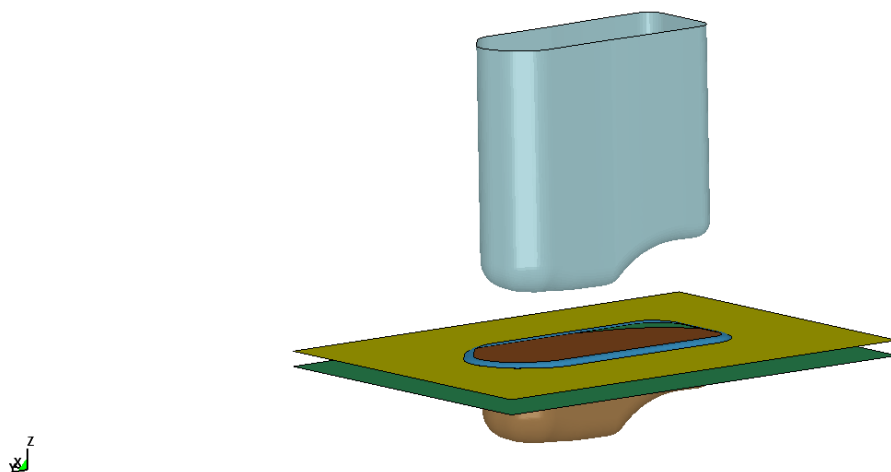


Рисунок 3.2 – Конечно–элементная сетка

3.4. Расчет и вывод полученных данных

Запускаем программу LS–Dyna Manager. С помощью функции «Start LS–Dyna analysis» загружается ранее полученный k–файл. Далее запускается расчёт. Готовые результаты расчета операции вытяжки отображаются в файле d3plot.

Результаты полученных вычислений можно просмотреть с помощью программы LS–PrePost 2.4. при помощи функции инструмента «LS–Dyna Binary Plot» (рис. 3.3, рис. 3.4).

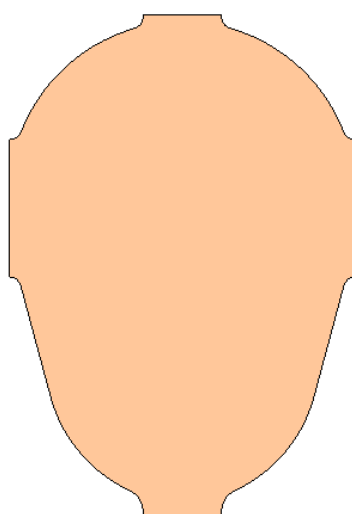


Рисунок 3.3 – Предлагаемая заготовка

LSFORM - FORMING PROCESS
Time = 0.0646, #nodes=172094, #elem=169805

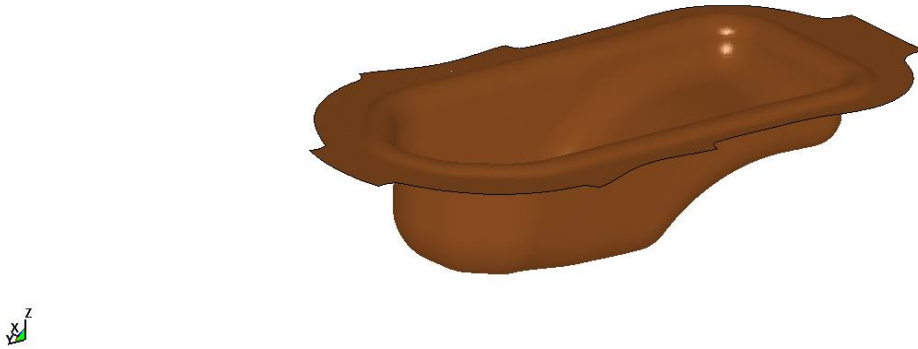


Рисунок 3.4 – Полученная деталь

Также LS-PrePost 2.4. позволяет проанализировать полученные результаты (рис.3.5., рис.3.6., рис.3.7., рис. 3.8.).

LSFORM - FORMING PROCESS
Time = 0.0646, #nodes=172815, #elem=170519
Contours of % Thickness Reduction- based on current z-strain
min=-15.3665, at elem# 77906
max=19.1523, at elem# 169025

Fringe Levels
1.915e+01
1.570e+01
1.225e+01
8.797e+00
5.345e+00
1.893e+00
-1.559e+00
-5.011e+00
-8.463e+00
-1.191e+01
-1.537e+01

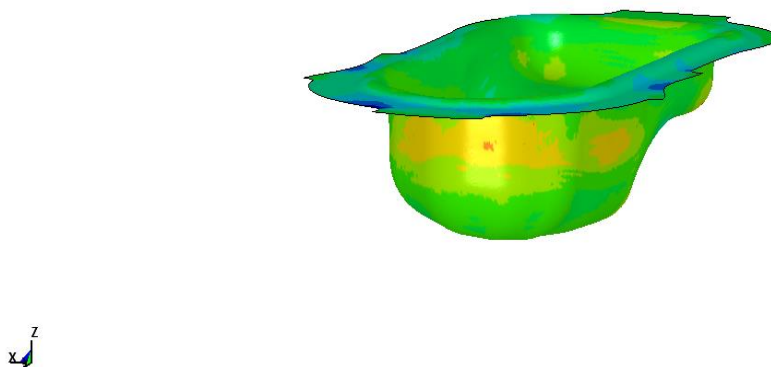


Рисунок 3.5 – Анализ на утонение

LSFORM - FORMING PROCESS
 Time = 0.0646, #nodes=172094, #elem=169805
 Contours of Effective Plastic Strain
 max ipt. value
 min=0.00431547, at elem# 77989
 max=1.34513, at elem# 162974

Fringe Levels
 1.345e+00
 1.211e+00
 1.077e+00
 9.429e-01
 8.088e-01
 6.747e-01
 5.406e-01
 4.066e-01
 2.725e-01
 1.384e-01
 4.315e-03

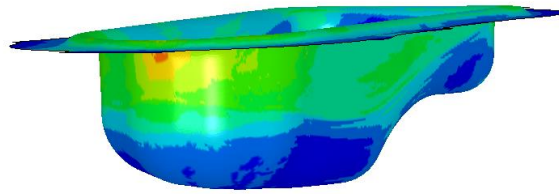


Рисунок 3.6 – Анализ пластической деформации

LSFORM - FORMING PROCESS
 Time = 0.0646, #nodes=172815, #elem=170519
 Contours of Formability: Mid. Surface
 FLD curve: CRLCS (t=1.2 n=0.21, Eng strain)

Formability key

Cracks	Red
Risk of cracks	Yellow
Severe thinning	Orange
Good	Green
Inadequate stretch	Grey
Wrinkling tendency	Blue
Wrinkles	Purple

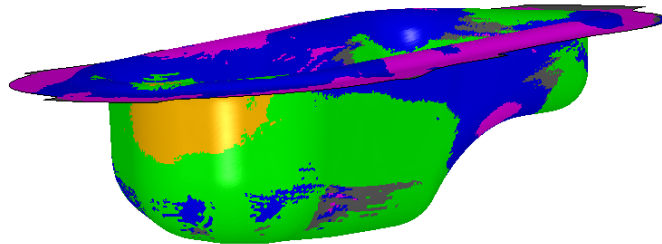


Рисунок 3.7 – Анализ формообразования

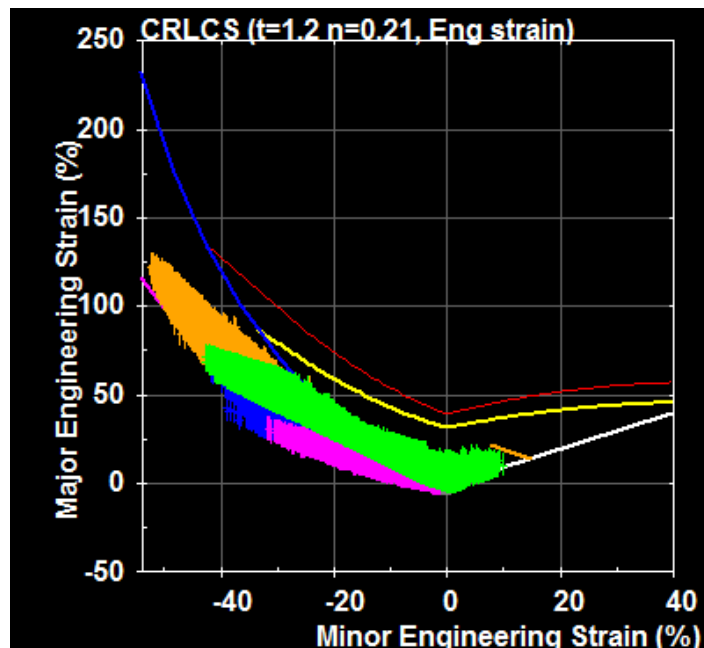


Рисунок 3.8 – График FLD-диаграммы

Заключение

Из проведенных контрольных анализов проектного варианта видно, что утонение в проектном варианте составило 19% - это удовлетворяет требования, передаваемые к детали из материала 08Ю-ОСВ пределом, которого является утонение в 25%.

4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

4.1. Выбор типоразмера и основные технические характеристики

При выборе прессы исходят из следующих соображений:

1. тип прессы и величина хода ползуна должны соответствовать технологической операции;
2. номинальное усилие прессы должно быть больше усилия, требуемого для штамповки;
3. мощность прессы должна быть достаточной для выполнения работы, необходимой для данной операции;
4. пресс должен обладать достаточной жесткостью (малой упругой деформацией), а для разделительных операций — также повышенной точностью направляющих;
5. закрытая высота прессы должна соответствовать или быть больше закрытой высоты штампа;
6. габаритные размеры стола и ползуна прессы должны давать возможность установки и закрепления штампов и подачи заготовок, а отверстие в столе прессы — позволять свободное проваливание штампуемых деталей (при штамповке «на провал»);
7. число ходов прессы должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки;
8. в зависимости от рода работы должно быть предусмотрено наличие специальных устройств и приспособлений (буфера, выталкиватели, механизмы подачи и т. п.);
9. удобство и безопасность обслуживания прессы должны соответствовать требованиям техники безопасности.

Таким образом, основными механическими параметрами для выбора прессы являются: усилие, работа, жесткость, величина хода, закрытая высота и размеры стола прессы [17].

Оборудование подбирается по максимально рассчитанному усилию на операциях. Заведомо берется пресс большим усилием, чем необходимо на операции. Это необходимо для того, чтобы обеспечить повышенную жесткость и меньшее пружинение станины, а, следовательно, и большую стойкость штампов. Избыток усилия предохраняет штамп от поломки при попадании более толстой заготовки, что имеет существенное значение для гибки с калибровкой, рельефной и объемной штамповки.

В данном случае каждая операция выполняется на отдельном прессе, поэтому рассчитываем номинальное усилие для каждого прессы отдельно по усилию операции.

$$P_{\text{номинальное}} = P_{\text{вырубки}} \cdot 1.5 = 555 \cdot 1,5 = 832,5\text{кН}$$

$$P_{\text{номинальное}} = P_{\text{вытяжки}} \cdot 1.5 = 1168 \cdot 1,5 = 9013\text{кН}$$

$$P_{\text{номинальное}} = P_{\text{правки}} \cdot 1.5 = 2995 \cdot 1,5 = 4492\text{кН}$$

$$P_{\text{номинальное}} = P_{\text{обрезки}} \cdot 1.5 = 457,2 \cdot 1,5 = 686\text{кН}$$

$$P_{\text{номинальное}} = P_{\text{формовки и отбортовки}} \cdot 1.5 = 1624 \cdot 1,5 = 2436\text{кН}$$

$$P_{\text{номинальное}} = P_{\text{пробивки}} \cdot 1.5 = 36,75 \cdot 1,5 = 55,125\text{кН}$$

$$P_{\text{номинальное}} = P_{\text{пробивки}} \cdot 1.5 = 201,4 \cdot 1,5 = 302,25\text{кН}$$

Из выше перечисленного, выбирается наиболее подходящее по своим техническим характеристикам оборудование для операций вырубки, правки, обрезки, формовки и отбортовки, пробивки прессы «Инноченти» 4,5МН (табл. 4.1) и пресс двойного действия «Инноченти» 6,5 МН (табл. 4.2) для вытяжки, так как более мощный пресс на ближайшем производстве отсутствует.

Таблица 4.1 – Основные характеристики «Инноченти» 4МН

Характеристика	Значение
Номинальное усилие прессы	4,5МН

Продолжение таблицы 4.1

Ход ползуна	610мм
Максимальная закрытая высота	1039мм
Минимальная закрытая высота	1287мм
Регулировка	203мм
Число пневматических подушек	3
Ход пневматических подушек	305мм
Суммарное усилие пневматических подушек	78
Недоход пневматических подушек	12
Частота ударов в мин	16
Мощность электродвигателя	36кВт

Таблица 4.2 – Основные характеристики «Инноченти» 6,5МН

Характеристика	Значение
Сила внутреннего ползуна	6,5МН
Сила внешнего ползуна	4МН
Ход внутреннего ползуна	965мм
Ход внешнего ползуна	686мм
Регулировка внутреннего ползуна	610мм
Регулировка внешнего ползуна	601мм
Максимальная закрытая высота внутреннего ползуна	1560мм
Минимальная закрытая высота внутреннего ползуна	950мм
Максимальная закрытая высота внешнего ползуна	14844мм
Минимальная закрытая высота внешнего ползуна	874мм
Мощность электродвигателя	36кВт
Частота ударов в мин	16

4.2. Выбор средств автоматизации и основные характеристики

Непрерывный рост потребностей в различных рода машинах и деталях создает необходимость перехода от автоматических линий к цехам–автоматам и даже заводам–автоматам. Автоматизация наряду с повышением производительности труда и снижением себестоимости продукции уменьшает потребность в производственных площадях, высвобождает рабочую силу для использования на других работах.

Вместе с тем одним из необходимых условий применения автоматизации является стабильность конструкции изделия, так как переналадка оборудования на другое изделие по новому чертежу затруднительна. Коэффициент использования оборудования автоматических линий не всегда высок. Например, из–за неисправности одного станка или пресса может остановиться вся линия.

Для повышения эффективности автоматизации необходимо всемерно увеличивать количество неизменяемых изделий (деталей)– путем лучшего их конструирования, с тем чтобы исключить быстрый их моральный износ. Этому способствует внедрение унифицированных, нормализованных и стандартных деталей.

При создании автоматической линии стремятся обойтись ограниченным количеством специального оборудования, допускающего переналадку с незначительными затратами средств и времени. Наконец, изыскиваются все более надежные приборы и механизмы, позволяющие резко сократить простои.

В данном случае каждая операция выполняется на отдельном прессе. На основании расчетов энергосиловых параметров штамповки была выбрана поточная линия для операций вырубki, правки, обрезки, формовки и отбортовки, пробивки прессов «Инноченти» 4МН и головного пресса двойного действия «Инноченти» 6.5МН для вытяжки.

Данное оборудование может быть также оснащено средствами автоматизации такими, как механические навесные или напольные руки, грейферные линейки

4.3. Описание работы оборудования и планировка участка штамповки

Поточная линия для штамповки масляных картеров состоит как из универсального, так и из специального оборудования. Рулон стальной ленты краном подается на транспортер, который перемещает его в люльку, где ось рулона совмещается с осью разматывающего устройства.

Конец ленты после зажима ее отгибается электромагнитом и заводится в приемные валки правильной машины, в которых материал проходит чистку и правку. Далее на кривошипном прессе «Инноченти» усилием 4МН (400 тс) вырубается заготовки, которые затем складываются в стопу. Каждая стопа в 120 заготовок транспортируются к вытяжному прессу двойного действия «Инноченти» 6.5 МН, штамповщик устанавливает заготовку в проем штампа по упорам. После вытяжки полуфабрикат переносится к прессу «Инноченти» усилием 4 МН (400 тс), на котором выполняют следующие операции: правку фланца и радиусов; обрезку фланца по контуру, формовку ребер жесткости и отбортовка, пробивку 1 отверстия диаметром 25 мм, пробивку 16 отверстий диаметром 7 мм, каждая операция выполняется на отдельном прессе.

5. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

5.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки

Состав штампа для вытяжки детали «Картер масляный» можно разделить на верхнюю и нижнюю часть (рис.5.1., рис.5.2., рис.5.3.).

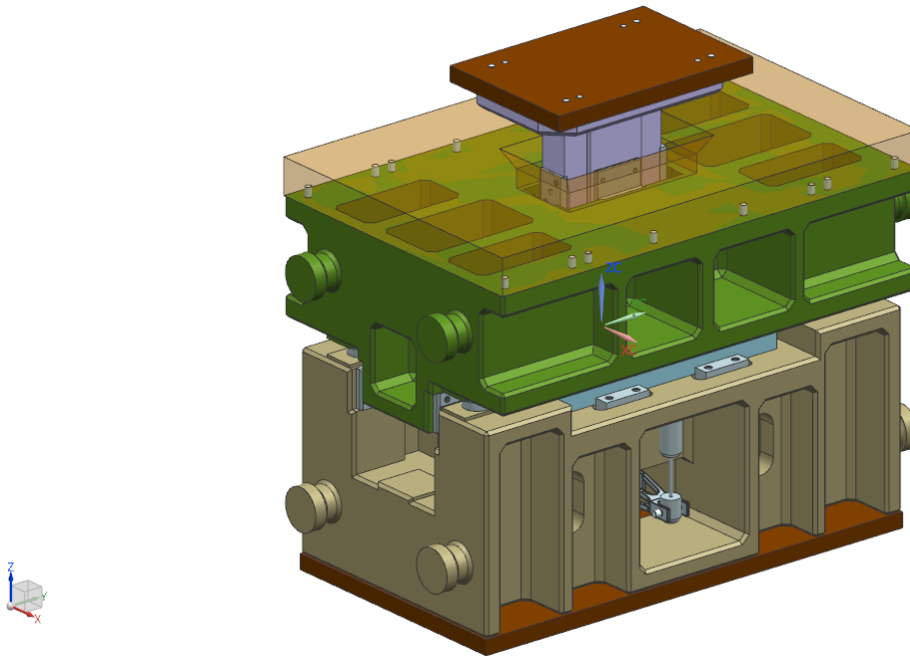


Рисунок 5.1 – Изометрия эскизного проекта штамповой оснастки

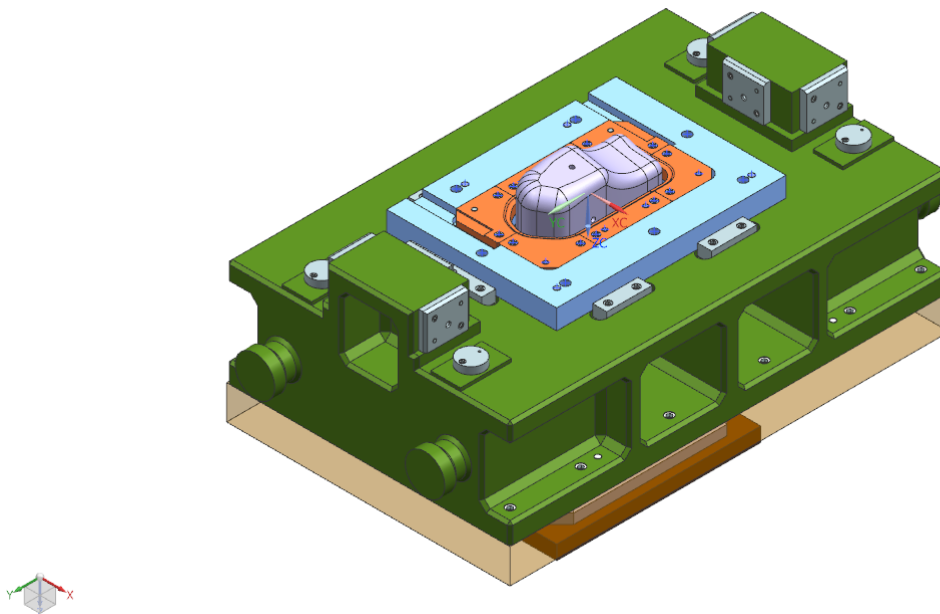


Рисунок 5.2 – Изометрия верхней части эскизного проекта штамповой оснастки

Верхняя часть включает в себя пуансон, прижим и плиты. Пуансон в виде отливки имеет приливы для отвода воздуха и крепления направляющих планок и плиток, которые крепятся винтами и штифтами. В свою очередь пуансон крепится к плите с Т-образными пазами винтами и штифтами. Верхняя плита, выполненная так же в виде отливки, имеет приливы для транспортировки и приливы для крепления направляющих плиток и планок, цилиндрических ограничителей высоты, шпонок. Крепление данных деталей осуществляется винтами и штифтами. Верхняя плита крепится к адаптеру винтами и штифтами. К верхней плите крепится прижим винтами, на котором расположены секционные части прижима, ограничивающие течение металла во время выполнения операции. В прижиме выполнены приливы для направляющих, выполненных в нижней части штампа.

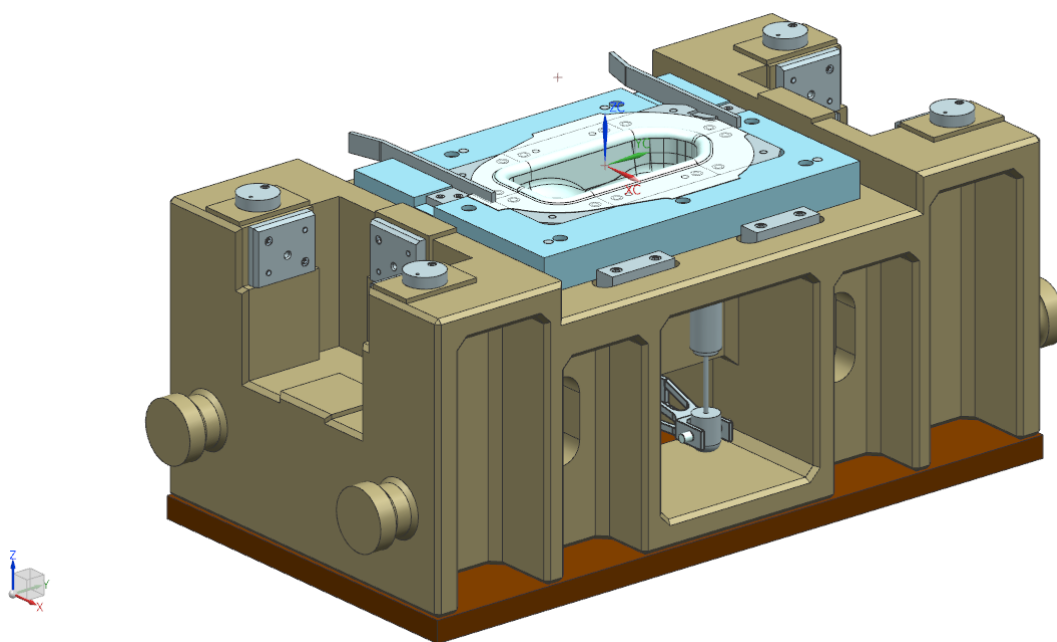


Рисунок 5.3 – Изометрия нижней части эскизного проекта штамповой оснастки

Нижняя часть включает в себя матрицу, нижнюю плиту и систему выталкивания. Матрица выполнена прокатом и закалена. Она имеет приливы для крепления секций матрицы, направляющих и упоров. В матрице расположены секции матрицы, выполненные с тормозным порогом. Секции

крепятся винтами и штифтами. Матрица крепится к нижней плите, имеющую приливы для транспортировки и приливы для крепления направляющих плиток, цилиндрических ограничителей высоты и шпонок. Данные детали крепятся винтами и штифтами. Нижняя плита крепится к адаптеру. В нижней части нижней плиты расположена индивидуальная система выталкивания, имеющая толкатели, совпадающие по форме геометрии с готовым полуфабрикатом. Пневмосистема подключена к магистрали цеха.

В момент фиксации ползуна в верхней точке фасонная заготовка укладывается на зеркало матрицы и ориентируется при помощи направляющих и упоров. По нажатию штамповщиком кнопки «Пуск» приходит в действие наружный ползун, на котором крепится через адаптер верхняя плита с прижимом, секциями прижима и цилиндрическими ограничителями высоты. Движение относительно нижней плиты происходит при помощи направляющих плиток, установленных на кlyках верхней плиты и приливах нижней плиты. В момент смыкания прижима с нижней плитой, которая крепится к столу прессы через адаптер, на которой крепятся матрица и секции матрицы, происходит предварительная деформация заготовки, за счет тормозных порогов, находящихся под прижимом. В момент начала движения внутреннего ползуна, установленный на нем через плиту быстрого крепления пуансон приходит в движение. Его положение в движении относительно верхней и нижней плиты осуществляется при помощи направляющих плиток и планок, расположенных на теле пуансона и внутренней части верхней плиты. Далее происходит деформация заготовки. После формирования полуфабриката внутренний ползун поднимается вверх с пуансоном. За ним поднимается наружный ползун, увлекая верхнюю плиту и прижим. В процессе подъема верхней плиты срабатывает система выталкивания, действующая непосредственно на нижнюю часть полуфабриката. Полуфабрикат извлекается из проёма штампа штамповщиком или возможными средствами автоматизации. Далее цикл начинается сначала.

5.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей штампов

Рабочие детали штампа (прижим и матрица) подвергаются нагрузке от течения металла. Особенно это влияет на зоны с концентрацией напряжений (выступ формы, углубление). Поэтому к материалу прижима и матрицы предъявляется требование высокой твердости и износоустойчивости с истиранию от течения металла.

Для вытяжных штампов в качестве рабочих частей рекомендуется применять чугуны ХФ и ХРТД. В редких случаях стали Х12М1 с азотированием поверхности. Наиболее подвержены трению от течения металла прижим и матрица, поэтому эти детали следует изготавливать из более легированного чугуна ХРТД. Пуансон можно изготовить из чугуна ХФ

В проектном варианте в вытяжном штампе пуансон получают литьем из чугуна ХФ. Матрицу и прижим делают из чугуна ХРТД.

Материалы основных деталей вытяжного штампа приведены в таблице 5.1 с соответствующей термической обработкой.

Таблица 5.1 – Материалы, применяемые для изготовления деталей вытяжного штампа

	Наименование детали	Марка материала	Термическая обработка
1.	Плита быстрого крепления пуансона	Сталь 5	цементирование 59–63 HRC
2.	Пуансон	Чугун ХФ	Отжиг
3.	Плита верхняя	Сталь 45	цементирование 59–63 HRC
4.	Прижим	Чугун СЧ30	Отжиг
5.	Секции прижима	Х12М1	цементирование 59–63 HRC
6.	Адаптер	Чугун ХФ	Отжиг
7.	Секции матрицы	Х12М1	цементирование 59–63 HRC
8.	Матрица	Сталь 20Х	цементирование 59–63 HRC
9.	Направляющие лев/прав	Сталь 45	цементирование 59–63 HRC
10.	Плита низа	Чугун	Отжиг
11.	Упор	Сталь 20Х	цементирование 32–37 HRC
12.	Направляющие планки	Сталь 20Х	цементирование 59–63 HRC
13.	Направляющие плитки	Сталь 20Х	цементирование 59–63 HRC
14.	Цилиндрический ограничитель высоты	Сталь 45	цементирование 59–63 HRC
15.	Шпонки	Сталь 45	цементирование 32–37 HRC

Прочностному расчету на прочность подлежат в основном наиболее нагруженные пробивные пуансоны небольших размеров. В данном штампе отсутствуют пробивные операции, поэтому рассматривается операция 70.

Установлено, что при пробивке отверстий, размеры которых соизмеримы с толщиной металла, локальная удельная нагрузка на режущие кромки пуансона в два раза больше, чем на режущей кромке вырубной матрицы.

Исходя из вышеизложенного, расчет на прочность будем производить на примере пробивного пуансона наименьшего диаметра, применяемого для пробивки круглого отверстия $\varnothing 7$ мм.

5.2.1. Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие

Рассчитываем по формуле:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F} \quad (21)$$

где P – усилие пробивки; $P = 20537 \text{ кгс/мм}^2$;

F – опорная поверхность пуансона, мм^2 ;

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \quad (22)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} = 38,465 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{205,3 \cdot 10^3}{38 \cdot 10^{-4}} = 54,02 \text{ МПа}$$

5.2.2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении

Рассчитываем по формуле (21):

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f} \leq [\sigma_{сж}]$$

где f – площадь наименьшего сечения пуансона, по формуле (22);

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} = 38,465 \text{ мм}^2$$

$[\sigma_{сж}]$ – допускаемое напряжение на сжатие, $[\sigma_{сж}] = 160 \text{ кгс/мм}^2$

$$\sigma_{сж} = \frac{205,3 \cdot 10^3}{38 \cdot 10^{-4}} = 54,02 \text{ МПа}$$

Сжимающее напряжение составило $54,02 \text{ кгс/мм}^2 < 160 \text{ кгс/мм}^2$, что меньше допускаемых, следовательно, условие прочности на сжатие удовлетворяется.

5.2.3. Расчет свободной длины пуансона на продольный изгиб

Рассчитываем по формуле:

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{E}{n} \frac{I}{P}} \quad (23)$$

где E – модуль упругости ($2,2 \cdot 10^3 \text{ МПа}$);

I – момент инерции, м^4 ;

n – коэффициент безопасности ($n=3$);

$$I = \frac{\pi d^4}{4} \quad (24)$$

$$I = \frac{3,14 \cdot 0,007^4}{4} = 1,9 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 1,9 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 0,205}} = 0,033 \text{ м}$$

В проектном техпроцессе длина пуансона равна $20 \text{ мм} < 33 \text{ мм}$, что меньше допустимого, следовательно, условие на продольный изгиб удовлетворяется.

Расчет на прочность показал, что пуансон для пробивки отверстия диаметром 7 мм достаточно прочен.

5.3. Определение центра давления штампа

В данном случае центр давления вытяжного штампа совпадает с осью. Поэтому проводить расчет не требуется

5.4. Определение исполнительных размеров инструмента

При определении исполнительных размеров пуансонов и матриц для разделительных операций следует исходить из размеров штампуемого изделия, его точности и характера износа инструмента. Для получения штампуемого изделия с заданной степенью точности необходимо предусмотреть правильный выбор зазоров и допусков на рабочие размеры штампа. При этом допуски на рабочие размеры пуансонов и матриц должны задаваться в таких пределах, чтобы они обеспечили получение оптимальных зазоров.

Определим исполнительные размеры пуансона для пробивки отверстий диаметром 25 мм:

Для размера $\varnothing 25^{+0,1}$

$$A_{\text{п}}=(A+\Delta)_{-\delta_{\text{п}}}=(25+0,1)_{-0,027}=25,1_{-0,027} \text{ мм}$$

Тогда размер рабочего отверстия (матрицы) будет:

$$A_{\text{м}}=(A+\Delta)^{+\delta_{\text{м}}}=(25+0,14)^{+0,027}=25,14^{+0,027} \text{ мм}$$

Аналогично находим исполнительные размеры пуансона и матрицы на геометрические размеры других контуров для вырубки и пробивки.

6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА

6.1. Описание рабочего места, оборудования и выполняемых операций

Прессовое производство размещается в отдельном корпусе, где располагаются цехи крупной, средней и мелкой штамповки с заготовительными отделениями и складами штампов и приспособлений, склады металла и склад готовой продукции. В корпусе также размещены вспомогательные цехи: цех изготовления штампов, цех ремонта оборудования, приспособлений и штампов и цех транспортно–складских операций.

Таблица 6.1 – Технологический паспорт 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 заготовки	Штамповщик	Пресс «Инноченти» 4МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
2	Штамповка	Вытяжка	Штамповщик	Пресс «Инноченти» 6,5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
3	Штамповка	Правка	Штамповщик	Пресс «Инноченти» 4МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
4	Штамповка	Обрезка фланца	Штамповщик	Пресс «Инноченти» 4МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
5	Штамповка	Формовка и отбортовка	Штамповщик	Пресс «Инноченти» 4МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
6	Штамповка	Пробивка	Штамповщик	Пресс «Инноченти» 4МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
7	Штамповка	Пробивка	Штамповщик	Пресс «Инноченти» 4МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б

6.2. Идентификация опасных и вредных производственных факторов прессового производства

Наиболее опасными производственными факторами являются механический и электрический травматизм различной степени тяжести. Основной причиной механического травматизма является соприкосновение человека с заготовкой и рабочей зоной штампа. Причинами электрического травматизма является неисправность проводки оборудования, ненадёжное заземление или халатность рабочих.

Идентифицируем все опасные и вредные факторы, имеющиеся на производстве, составив таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Опасные и вредные факторы

№п/п	Производственно–технологическая и/или эксплуатационно–технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	При загрузки заготовок и укладки в тару после обработки на прессе	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок	Острые кромки, заусенцы заготовок
2	При работе на прессе	Повышенный уровень шума на рабочем месте и повышенный уровень вибрации	Прессовое и кузнечное производства
3	Движение транспорта (погрузчики)	Запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны	Движение транспорта, вибрация пола, работа металлорежущих станков
4	В крупных цехах	Недостаточная освещенность участка	В Осветительные приборы недостаточной мощности
5	При работе с оборудованием	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Электродвигатели прессов, электрический привод, провода
6	При длительной загрузке и укладке заготовок	Нервно–психические перегрузки	Монотонность труда

Продолжение таблицы 6.2

7	При длительной загрузке и укладке заготовок	Физические перегрузки	Статическое положение тела
---	---------------------------------------------	-----------------------	----------------------------

6.3. Мероприятия по разработке безопасных условий труда

Неотъемлемой частью подготовки кадров для производства является изучение норм и правил техники безопасности, производственной санитарии, гигиены труда, обучение безопасным методам ведения работ. Обучение работающих безопасности труда проводить при подготовке новых рабочих (вновь принятых рабочих, не имеющих профессии или меняющих профессию).

Проведение вводного инструктажа – его проводят со всеми принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности. Также, для вновь принятых на работу проводят первичный инструктаж на рабочем месте с практическим показом безопасных приемов и методов труда, по каждой профессии разработаны свои инструкции. Повторные инструктажи проходят все работающие, независимо от квалификации, образования и стажа работы один раз в год. Внеплановый инструктаж в случае получения травмы. Проведение всех инструктажей четко фиксируется в соответствующей документации.

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

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно–технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
-------	-------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

Продолжение таблицы 6.3

1	Подвижные части производственного оборудования и острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок	–защитные ограждения штампового пространства с фронта и тыла пресса; –звуковой сигнал перед каждым пуском; –предохранительные устройства, останавливающие привод при перегрузке; –пульт двурукого включения пресса; –автоматизация процесса работы с заготовкой.	–костюм хлопчатобумажный; –рукавицы кожаные; –берет или косынка (хлопчатобумажные); –фартук; –нарукавники хлопчатобумажные; –очки защитные; –паста «Айро» для защиты рук от масла.
2	Повышенный уровень шума на рабочем месте и повышенный уровень вибрации	–смазка трущихся частей пресса; –замена зубчатых передач на передачи с шевронным зацеплением; –применение виброизоляционных фундаментов пресса.	Ушные вкладыши и наушники, беруши
3	Запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны	Приточно–вытяжная вентиляция, совмещенная с воздушной системой отопления	Респираторы, полумаски
4	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Расчет и проектирование достаточного освещения	–
5	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Подключение оборудования к общему контуру заземления.	Прорезиненные или резиновые тапочки, перчатки
6	Нервно–психические перегрузки	Технические перерывы в течение рабочей смены, минуты эмоциональной разгрузки	–
7	Физические перегрузки	Технические перерывы в течение рабочей смены, разминка	–

6.4. Обеспечение пожаробезопасности на производственном участке

Пожаробезопасность – это отдельный пункт техники безопасности, так как именно пожары приводят к наиболее серьёзным последствиям: большим экономическим убыткам, смерти или тяжёлым ожогам рабочего персонала.

Для того чтобы оценить вероятность возникновения пожара или взрыва, при осуществлении какого-либо техпроцесса по СНиП 21–01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» введена классификация производств по их степени пожароопасности. По степени пожарной опасности производства подразделяются на шесть категорий: А, Б, В, Г, Д.

Материал, применяемый для штамповки (ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б), по степени горючести относится к трудно сгораемым материалам, что даёт основание отнести ПМШ в соответствие СНиП 21–01–97 по взрывопожарной опасности к категории Д (несгораемые материалы и вещества в холодном состоянии).

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок листовой штамповки	Пресс «Инноченти»	В, Д, Е	–пламя и искры; –тепловой поток; –повышенная температура окружающей среды; –пониженная концентрация кислорода; –снижение видимости в дыму.	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных сооружений, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно–технологического оборудования.

Таблица 6.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители	Пожарные автомобили	Водяные установки систем пожаротушения	Дымчатые датчики	Рукава пожарные	Противогазы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
Песок	Пожарные мотопомпы	Газовые установки системы пожаротушения	Тепловые датчики	Пожарный инвентарь	Носилки	Пожарные топоры	Световые указатели «ВЫХОД»
Кошма	Приспособленные технические средства (тягачи, прицепы и трактора).	Порошковые установки и систем пожаротушения	Приёмно контрольные приборы	Колонка пожарная	Костюмы защитные	Лопаты штыковые	Ручные пожарные извещатели

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

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно–технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Листовая штамповка	<ul style="list-style-type: none"> –обучение персонала требованиям ПБ; –соблюдение техники безопасности; –соблюдение последовательности и алгоритма технологического процесса; –наличие первичных средств пожаротушения; –своевременная уборка промасленной ветоши с рабочего места; –ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте; –хранение взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ. 	<ul style="list-style-type: none"> –квалифицированный персонал; –обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара, оповещения и эвакуации; –наличие систем пожаротушения.

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

При холодной штамповке технологический процесс не оказывает сильного воздействия на окружающую среду. Основные мероприятия по экологической безопасности должны быть направлены на повышенный контроль процесса утилизации использованных технологических материалов.

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно–технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно–технологического процесса энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Движение транспорта	Транспортное средство на дизельном топливе	Загазованность воздуха	–	–
Отходы производства и потребления	Промасленная ветошь, отработанное масло	–	Загрязнение водных источников тяжёлыми металлами и таксинами	Загрязнение почвы, грунтовых вод

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

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

Продолжение таблицы 6.8

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
-----------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса листовой штамповки, перечислены технологические операции, должности работников, инженерно–техническое оборудование, расходные материалы (таблица 6.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки. Идентифицированы опасные и вредные производственные факторы (таблица 6.2).

3. Разработаны организационно–технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 6.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 6.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 6.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 6.8).

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p>Традиционная штамповка на семи единицах оборудования с промежуточной транспортировкой. Первая операция – вырубка производится на прессе Инноченти усилием 4МН. Последующая операция– вытяжка производится на прессе Инноченти усилием 6,5 МН, оставшиеся операции выполняются на прессах Инноченти 4МН.</p> <p>Тип производства – серийный. Условия труда – тяжелые (ручные).</p>	<p>Число единиц техники не изменяется, производится модернизация вырубного штампа.</p> <p>Тип производства – серийный. Условия труда – тяжёлые.</p>

7.2. Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Исходные данные для расчета себестоимости продукции:

Таблица 7.1 – Общие исходные данные

№	Показатели	Обозначение	Значение	
1.	Годовая программа выпуска, шт.	Ng	120000	
2.	Эффективный фонд времени работы, час: – оборудования – рабочего	ФЭ ФЭ.р.	1915 862	
3.	Коэффициент выполнения норм	К _{вн}	1,1	
4.	Коэффициент многостаночного обслуживания	К _{мн}	1,0	
5.	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	К _о	11,8	
6.	Коэффициент монтажа: – в расчете себестоимости – в расчете капитальных вложениях	К _{монт}	1,1 0,1	
7.	Цена материала, руб./кг.	Ц _м	32,67	
8.	Цена отходов (металл), руб./кг	Ц _{отх}	1,045	
9.	Масса заготовки, кг.	М _з	2,14	2
10.	Масса отходов, кг.	М _{отх}	1,06	0,64
11.	Коэффициент транспортно – заготовительных расходов	К _{тз}	1,035	
12.	Коэффициенты доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда):			
А)	До часового фонда зарплаты	К _{доп}	1,08	
Б)	За профессиональное мастерство	К _{пф}	1,15	
В)	За условия труда	К _у	1,2	
Г)	За вечерние и ночные часы	К _н	1,1	
Д)	Премииальные	К _{пр}	1,1	
Е)	На социальные нужды	К _с	1,31	

Продолжение таблицы 7.1

	Итого общий коэффициент доплат $K_{ЗПД} = K_{Д} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{У} \cdot K_{Н} \cdot K_{ПР} \cdot K_{С}$	$K_{ЗПД}$	2,22
13.	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_{М}$	0,8
14.	Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{В}$	0,7
15.	Коэффициент потерь в сети	$K_{П}$	1,03
16.	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{ОД}$	0,8
17.	Выручка от реализации, %: от Ц: – изношенного оборудования – изношенного штампа	$V_{р}$ $V_{р.и.}$	5 15
18.	Норма амортизации, %	$N_{а}$	10
19.	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	$K_{ЦЕХ}$	1,72
20.	Часовая тарифная ставка, руб./час: – 3 разряд рабочего – 5 разряд наладчика	$C_{т}$ $C_{т}$	66,71 79,89
21.	Цена электроэнергии, руб./кВт	$C_{э}$	3,8
22.	Цена площади, руб./м ²	$C_{пл}$	4500
23.	Норматив экономической эффективности	$E_{н}$	0,33

Таблица 7.2 – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/ п	Наименование оборудования	Усилие, МН	Норма времени, мин.		Мощность $M_{у}$, кВт	Площадь $S_{у}$, м ²	Цена, руб.
			$t_{шт}$	$t_{маш}$			
1	Инноченти	4	0,112	0,075	36	16	1020000
2	Инноченти	6,5	0,112	0,075	36	16	1400000

Таблица 7.3 – Исходные данные о штамповой оснастке

№	Наименование штампа	Стойкость штампа $T_{и.шт.}$, ударов	Цена штампа $C_{шт}$, руб.
	Базовый		
1	Штамп для вырубки	800000	450000
2	Штамп для вытяжки	900000	757220
3	Штамп для правки	700000	592043
4	Штамп для обрезки	500000	614200
5	Штамп для формовки и отбортовки	1200000	620000
6	Штамп для пробивки	120000	350000
7	Штамп для пробивки	120000	300000
	Проектный		
1	Штамп для вырубки	800000	500000
2	Штамп для вытяжки	900000	757220
3	Штамп для правки	700000	592043
4	Штамп для обрезки	500000	614200
5	Штамп для формовки и отбортовки	1200000	620000
6	Штамп для пробивки	120000	350000
7	Штамп для пробивки	120000	300000

Расчетные данные:

Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{\text{Э}} = \Phi_{\text{н}} (1 - B) = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пр}} \cdot T_{\text{сок}}) \cdot C \cdot (1 - B) \quad (25)$$

где $D_{\text{р}} = 247$ – рабочие дни;

$T_{\text{см}} = 8$ – продолжительность смены (8 час.);

$D_{\text{пр}} = 119$ – предпраздничные дни;

$T_{\text{сок}} = 8\text{ч}$ – сокращение в предпраздничный день (1 час.);

$C = 3$ – количество смен;

$B = 0,065$ – коэффициент учитывающий время на ремонт оборудования (0,05 – 0,08).

$$\Phi_{\text{Э}} = (247 \cdot 8 - 119 \cdot 8) \cdot 2 \cdot (1 - 0,065) = 1915\text{ч.}$$

Эффективный фонд времени работы рабочего рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\text{Эр}} = \Phi_{\text{Э}} \cdot 0,45 \quad (26)$$

$$\Phi_{\text{Эр}} = 1915 \cdot 0,45 = 862\text{ч}$$

7.3. Расчет затрат на изготовление штамповой оснастки

Таблица 7.4 – Калькуляция на штамповую оснастку (вырубной)

№	Наименование	Обозначение	Сумма, руб	Примечание
1	Материальные затраты	М	395892	
2	Транспортно – заготовительные расходы	ТЗР	14359	3,5% от М
3	Основная заработная плата рабочих	$З_{\text{пл}}^{\text{осн.}}$	51330	$С_{\text{т}} = 145 \text{ р/ч}$ $T = 354 \text{ н/ч}$
4	Отчисления на социальные нужды	Сс	15913	31 % от $З_{\text{пл}}^{\text{осн.}}$
5	Расходы на содержание оборудования	РСО	12232	76,87 % от $З_{\text{пл}}^{\text{осн.}}$
6	Цеховые расходы	Рцех	10274	83,99 % от $З_{\text{пл}}^{\text{осн.}}$
	Цеховая себестоимость	Сцех	500000	

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

Таблица 7.5 – Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих–операторов и штамповой оснастки

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, ст.	$n_{об} = t_{шт} \times N_{Г} / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60)$ $n_{об}^{10,30-70} = 0,112 \cdot 120000 / (1915 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,1 \approx 1 \cdot 6 \text{ оп.}$ $n_{об}^{20} = 0,112 \cdot 120000 / (1915 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,1 \approx 1 \cdot 1 \text{ оп.}$	6	6
			1	1
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об. \text{Расч.}} / n_{об. \text{Прин.}}$ $K_3^{10,30-70} = 0,1/1$ $K_3^{20} = 0,1/1$	0,1	0,1
			0,1	0,1
3	Численность рабочих–операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{оп} = [t_{шт} \times N_{Г} \cdot (1 + K_{о}/100)] / (\Phi_{Эр} \times K_{МН} \times 60)$ $P_{оп}^{10,30-70} = [0,112 \cdot 120\ 000 \cdot (1 + 11,8 / 100)] / (862 \cdot 1 \cdot 60) = 0,58 \approx 1 \cdot 6 \text{ оп} \cdot 2 \text{ см.}$ $P_{оп}^{20} = [0,112 \cdot 120\ 000 \cdot (1 + 11,8 / 100)] / (862 \cdot 1 \cdot 60) = 0,58 \approx 1 \cdot 1 \text{ оп} \cdot 2 \text{ см.}$	12	12
			2	2
4	Число штампов для выпуска годовой программы, шт.	$n_{штамп} = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $N_{шт \text{ оп.1}} = 120000/800000 = 0,15 \approx 1$ $N_{шт \text{ оп.2}} = 120000/900000 = 0,13 \approx 1$ $N_{шт \text{ оп.3}} = 120000/700000 = 0,17 \approx 1$ $N_{шт \text{ оп.4}} = 120000/500000 = 0,24 \approx 1$ $N_{шт \text{ оп.5}} = 120000/1200000 = 0,1 \approx 1$ $N_{шт \text{ оп.6}} = 120000/140000 = 0,85 \approx 1$ $N_{шт \text{ оп.7}} = 120000/140000 = 0,85 \approx 1$	1	1
			1	1
			1	1
			1	1
			1	1
			1	1
			1	1
			1	1

7.5. Расчет капитальных вложений

Таблица 7.6– Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{об.} = n_{об.} \times C_{об.} \times K_3$ $K_{об.}^{10} = 1 \cdot 1020000 \cdot 0,1$	102000	102000
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
А.	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{об.} \times K_{монт}$ $K_M^{10} = 10200 \cdot 0,1$	10200	10200
Б.	Затраты на штамповую оснастку, руб.	$K_{и} = C_{шт} \times n_{шт}$ $K_{и}^{баз} = 450000 \cdot 1$ $K_{и}^{пр} = 500000 \cdot 1$	450000	500000
В.	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{пл} = n_{об.} \times S_y \cdot C_{пл.} \times K_3$ $K_{пл}^{10} = 1 \cdot 16 \cdot 4500 \cdot 0,1$	7200	7200
	Итого	$K_{соп} = K_M + K_{и} + K_{пл}$	467400	517400
3	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{общ} = K_{об.} + K_{соп}$	1487400	1537400
4	Удельные капвложения, руб.	$K_{уд} = K_{общ} / N_{г}$	12,4	12,81

7.6. Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

Таблица 7.7 – Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Материальные затраты, руб.	$M = (M_3 \times C_M \times K_{ТЗ}) - (M_{отх} \times C_{отх})$ $M^{баз} = (2,14 \cdot 32,67 \cdot 1,035) - (1,06 \cdot 1,045)$ $M^{пр} = (2 \cdot 32,67 \cdot 1,035) - (0,6 \cdot 1,045)$	72	67
2	Зарплата рабочих– операторов, руб.	$Z_{пл} = P \times C_T \times \Phi_{ЭР} \times K_{Зпл} \times K_3 / N_{г}$ $Z_{пл}^{баз} = 14 \cdot 66,71 \cdot 862 \cdot 2,22 \cdot 0,1 / 120000$	1,5	1,5
3	Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования, руб.	$P_A = [(C_{об.} \times (1 - B_p)) \times N_A \times t_{шт} \times 1,3] / (\Phi_{Э} \times K_{вн} \times 60 \times 100)$ $P_A^{10} = [(1020000 \times (1 - 0,05)) \times 10 \times 0,112 \times 1,3] / (1915 \times 1,1 \times 60 \times 100) = 0,11$	0,11	0,11
4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{э} = (M_y \times t_{маш} \times K_{од} \times K_M \times K_B \times K_{п} \times C_{э}) / (K_{пд} \times 60)$ $P_{э} = 1 \cdot (36 \cdot 0,075 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,75 \cdot 60)$	0,1	0,1
5	Затраты на амортизацию штамповый инструмент, руб.	$P_{и} = (C_{шт} \cdot [1 - B_{р.и.}]) / T_{и.шт.}$ $P_{и}^{10} = (450000 \cdot [1 - 0,15]) / 800000$ $P_{и}^{пр10} = (500000 \cdot [1 - 0,15]) / 800000$	0,47	0,53

Продолжение таблицы 7.7

6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$R_{пл} = S_y \times \text{ноб} \times Ц_{пл} \times K_3 / N_{г}$ $R_{пл}^{баз} = 16 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,1 / 120000$ $R_{пл}^{пр} = 16 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,1 / 120000$	0,06	0,06
7	Зарплату наладчика, руб.	$Z_{нал} = (\text{ноб} \times C_{т} \times \Phi_{эр} \times K_{зпл} \times K_3) / (\text{нобсл} \times N_{г})$ $Z_{нал} = (1 \cdot 79,89 \cdot 862 \cdot 2,22 \cdot 0,1) / (8 \cdot 120\ 000)$	0,01	
8	Технологическая себестоимость, руб.	$C_{тех} = M + 3_{пл} + P_A + P_{э} + P_{и} + P_{пл} + 3_{нал}$ $C_{тех}^{баз} = 72 + 1,5 + 0,11 + 0,1 + 0,47 + 0,06 + 0,01$ $C_{тех}^{пр} = 67 + 1,5 + 0,11 + 0,1 + 0,53 + 0,06 + 0,01$	74,25	69,31
9	Общепроизводственные расходы, руб.	$R_{цех} = 3_{пл} \times K_{цех}$ $R_{цех} = 1,5 \cdot 1,72$	2,58	2,58
10	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость, руб.	$C_{цех} = R_{цех} + C_{тех}$ $C_{цех}^{баз} = 2,58 + 74,25$ $C_{цех}^{пр} = 2,58 + 69,31$	76,83	71,89

Таблица 7.8– Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов

№	Наименование затрат	Сумма, руб.		Доля, %	
		Базовый	Проектный	Базовый	Проектный
1.	Материальные затраты	72	67	93	93
2.	Заработная плата основных и вспомогательных рабочих	1,5	1,5	2	2
3.	Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования	0,11	0,11	0,15	0,15
4.	Расходы на электроэнергию	0,1	0,1	0,1	0,1
5.	Затраты на амортизацию штамповый инструмент	0,47	0,53	1,15	1,15
6.	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей	0,06	0,06	0,1	0,1
7.	Общепроизводственные расходы	2,58	2,58	3,5	3,5
8.	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость	76,83	71,89	100	100

7.7. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

Таблица 7.9– Экономическая эффективность

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
1.	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{уг} = (C_{цех}^{баз} - C_{цех}^{пр}) \cdot N_{г} =$ $(76,83 - 71,89) \cdot 120000$	592800	
2.	Приведенные затраты, руб.	$Z_{пр} = C_{цех} + E_n \cdot K_{уд}$ $Z_{пр}^{баз} = 76,83 + 0,33 \cdot 12,4$ $Z_{пр}^{пр} = 71,89 + 0,33 \cdot 12,81$	80,9	76,11
3.	Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_{г} = (Z_{пр}^{баз} - Z_{пр}^{пр}) \cdot N_{г}$	574800	
4.	Срок окупаемости капвложений, год	$T_{ок} = K_{и}^{пр} / \mathcal{E}_{уг}$	0,85	

Заключение:

В результате внедрения проектной технологии изготовления детали «Картер масляный» себестоимость снизилась с 76,83 рублей до 71,89 рублей, т.е. на 4,94 рубля, что составляет 6,4% от начальной стоимости детали.

Экономический эффект от внедрения нового проекта составил 592800 рублей, при сроке окупаемости штамповой оснастки в течении 1 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была спроектирована деталь «Картер масляный», проведена проверка детали на технологичность.

1. Произведён анализ базовой технологии изготовления детали, выявлены её недостатки.
2. Определены оптимальные размеры проектной заготовки, найден коэффициент использования металла, также определены энергосиловые параметры на каждую операцию проектной технологии.
3. Произведён инженерный анализ напряженно – деформированного состояния детали при операции вытяжки при помощи программного продукта LS–Dyna, выведены результаты анализа.
4. Разработан технологический проект и эскизный проект штамповой оснастки вытяжного штампа для изготовления детали «Картер масляный» с использованием средств автоматизации проектирования NX 9.0.
5. Далее в работе был произведён выбор требуемого технологического оборудования и средств автоматизации, приведены их технические характеристики. По штамповой оснастке были определены исполнительные размеры рабочих частей штампа, выбраны материалы и способы термообработки деталей штампов.
6. В пояснительной записке изложены мероприятия по охране труда. В экономической части была рассчитана себестоимость изготовления детали «Картер масляный». Определены размеры капиталовложений для её производства по базовым и проектным технологиям, проведено их сравнение.
7. В результате внедрения проектной технологии изготовления детали «Картер масляный» себестоимость снизилась с 76,83 рублей до 71,89 рублей, т.е. на 4,94 рубля. (6.4%)

На основании всех проделанных расчетов и обоснований можно сделать вывод, что цели бакалаврской работы достигнуты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. An Expert System Framework for Design of Bending, 2012, Deepak Panghal, S. Kumar
<http://www.sapub.org/global/showpaperpdf.aspx?doi=10.5923/j.ajis.20120207.02>
2. CAD/CAM and Die Face Design in Sheet Metal Forming, 2006, D. J. Schaeffler, E. J. Vineber
http://www.asminternational.org/web/fas/technical-resources1/-/journal_content/56/10192/ASMHBA0005150/PUBLICATION;jsessionid=7B4126585CFADB4BBA83DCC2D01AD585?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view
3. Computer-aided structural design of drawing dies for stamping processes based on functional features, 2008, B. T. Lin, M. R. Chang, H. L. Huang, C. Y. Liu <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00170-008-1670-7.pdf>
4. Development and Manufacture of Dies for Car Body Production, 1997, K. Siegert, T. Altan, T. Nakagawa,
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607608798>
5. Expert System Applications in Sheet Metal Forming, 2010, R. Ganesh Narayanan, <http://www.intechopen.com/books/expert-systems/expert-system-applications-in-sheet-metal-forming>
6. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением» и «Обработка металлов давлением». – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.
7. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
8. Владимиров В.М. Изготовление штампов и пресс-форм. – М.: Машиностроение, 1981. – 431 с.
9. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: уч. методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти изд-во ТГУ, 2016
10. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.: ил.

- 11.Лахтин. Конструкционные материалы и термическая обработка сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 1984 – 370 с.
- 12.Малов А.Н. Технология холодной штамповки – М.: Машиностроение, 1969. – 568 стр.
- 13.Нефедов, А.П. Конструирование и изготовление штампов: из опыта Горьковского автомобильного завода / А.П. Нефедов. – Москва: Машиностроение, 1973.– 408 с.
- 14.Почекуев Е.Н. Проектирование в Siemens NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой: электронное учеб.–метод. пособие / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Тольятти: изд-во ТГУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск.
- 15.Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 568 с.
- 16.Руководство пользователя UGS NX v 7.5, 2010.
- 17.Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
- 18.СкрипачевА.В. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеев. – Тольятти: ТолПИ, 1992.
- 19.Смолин Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки: учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.
- 20.Экономика машиностроительного производства: Учебно–методическое пособие к выполнению курсовой работы / Составил Н.В.Александрова – Тольятти: ТГУ, 2007.–19 с.
- 21.Якуничев Е.В. Технология холодной штамповки. Сборник задач. – Тольятти: ТолПИ, 1991.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.				Документация			
	А0		16.09.188.00.00.000	Штамп для вытяжки	3		
Справ. №				Сборочные единицы			
		1	16.09.188.00.00.001	Система подъема	1		
				Детали			
		2	16.09.188.00.00.002	Пуансон	1	Отжиг	
				Отливка чугуна СЧ40-60			
		3	16.09.188.00.00.003	Вставка крепления прижимных планок	1		
		4	16.09.188.00.00.004	Прижимные планки	6		
		5	16.09.188.00.00.005	Матрица	1	Отжиг	
				Отливка чугуна СЧ40-60			
		6	16.09.188.00.00.006	Вставка матрицы	1	Отжиг	
				Отливка чугуна СЧ40-60			
	Подп. и дата		7	16.09.188.00.00.007	Порог перетяжной	1	
		8	16.09.188.00.00.008	Плита быстрого крепления пуансона	1		
		9	16.09.188.00.00.009	Плита	1		
Взам. инв. №		10	16.09.188.00.00.010	Плита	1		
		11	16.09.188.00.00.011	Плитка направляющая 0025+0160+0320	4	HRC 59-63	
Подп. и дата		12	16.09.188.00.00.012	Плитка направляющая 0025+0125+0150	12	HRC 59-63	
Инв. № подл.					16.09.188.00.00.000		
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.		Посидайло Е.С.				
	Проб.		Путеев П.А.				
	Н.контр.		Виткалов				
Утв.		Ельцов В.В.					
Штамп для вытяжки					Лит.	Лист	Листов
						1	2

Копировал

Формат А4

