

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт

Факультет Материаловедения и металлургических технологий  
Кафедра процессов и машин обработки металлов давлением

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Л.В. Радионова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Тема работы: «Разработка технологического процесса изготовления  
колеса дискового HARTUNG 4.50EX16 4/98 D60.5 ET21»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

ЮУрГУ-15.03.01-2019-125-00.00.00 ПЗ

*Руководитель работы:*

\_\_\_\_\_ / И.А. Берсенева /

*Автор работы*

\_\_\_\_\_ / К.И. Зарицкая /

*студентка группы П-448*

Челябинск

2019

## Аннотация

Зарицкая К.И. Разработка технологического процесса изготовления колеса дискового HARTUNG 4.50EX16 4/98 D60.5 ET21.  
Челябинск: ЮУрГУ, МиМТ, 2019

В данной работе проанализирован действующий технологический процесс изготовления «Колеса дискового». На основе данного анализа разработан улучшенный технологический процесс, разработаны новые технологии изготовления дискового колеса. Ликвидированы недостатки имеющегося процесса.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Во введении раскрываются актуальность выбранной темы, указывается цель и задачи аттестационной работы.

## Оглавление

Введение.....	4
1. Общая часть.....	6
2. Технологическая часть.....	10
2.1. Анализ существующей технологии.....	10
2.2. Недостатки существующей технологии.....	14
2.3. Усовершенствование технологии.....	15
2.4. Выбор стали.....	17
2.5. Расчеты.....	19
3. Конструкторская часть.....	32
3.1. Разработка конструкции штампа.....	32
4. Заключение.....	38
5. Библиографический список.....	39
Приложения	
Приложение А Графическая часть	

## Введение

Самые первые автомобильные колеса были деревянными и были похожи на колеса железнодорожных вагонов. С увеличением скоростей и нагрузок возникла потребность в колесах из более прочных материалов и конструкций. Около 1900 года появились первые спицевые колеса. Их первоначальная конструкция включала стальную ступицу и бесчисленные стальные спицы, которые соединяли ступицу с ободом. Появление стальных колес совпало с изобретением надувных шин, что обеспечило упругое взаимодействие автомобиля с дефектами дороги и обеспечило больший комфорт водителю и пассажирам. Конструкция стальных колесных дисков практически не менялась в течение почти столетия – разве что менялись стали и технологии их изготовления.

Научно-технический прогресс в машиностроении в значительной степени определяет развитие и совершенствование всех отраслей промышленности, науки и сельского хозяйства. Важнейшими условиями ускорения научно-технического прогресса являются рост производительности труда, повышение эффективности производства и улучшение качества продукции.

Под “технологией машиностроения” принято понимать научную дисциплину, изучающую процессы металлической обработки деталей и сборки машин и попутно затрагивающую вопросы выбора заготовки и методы их изготовления. В процессе технической обработки деталей машин возникает большое количество простейших вопросов, связанных с необходимостью выполнения технических требований, поставленными конструкторами перед изготовителями.

Эти обстоятельства объясняет развитие “технологии машиностроения” как научной дисциплины в первую очередь в направлении изучения вопросов технологии металлической обработки и сборки, в наибольшей мере влияющие на производственную деятельность предприятия.

Цель дипломной работы заключается в том, чтобы упростить процесс изготовления дискового колеса, сделать его менее трудоемким, и менее затратным.

В дипломной работе была использована программа КОМПАС-3D, что существенно облегчило задачу в выполнении чертежей. КОМПАС 3D – это программа, позволяющая осуществлять проектирование любых изделий, конструкций или зданий, создавать чертежи любой степени сложности «с нуля». Функции КОМПАС 3D поистине многообразны. Программа построена на основе использования математического ядра CD3. Существенным плюсом является тот факт, что данная программа поддерживает наиболее распространенные форматы 3D-моделей (DWG, ACIS, STEP и проч.). При работе это дает возможность эффективного обмена данными с организациями, использующими иные САПР. Также Компас 3D удобен тем, что обеспечивает возможность коллективной работы над моделью или чертежом.

## 1. Общая часть

ПАО «Челябинский кузнечно-прессовый завод» – одно из ведущих предприятий машиностроительной отрасли, основано в 1942 году. Продукция HARTUNG изготавливается на базе Челябинского кузнечно-прессового завода, где выпускается до двух миллионов штампованных колес в год, а также тралы, прицепы и полуприцепы различных модификации.

ПАО «ЧКПЗ» является одним из ведущих российских производителей стальных штампованных колес для автобусов, тракторов, прицепов, строительных и дорожных машин, сельхозтехники, грузовых и легковых автомобилей. Колесное производство предприятия расположено в цехе площадью 41 200 м<sup>2</sup>, число работающих – более 400 человек. ЧКПЗ выпускает дисковые и бездисковые профилированные колеса, и колеса из горячекатаных профилей. Применяемость продукции: камерные, бескамерные колеса, колеса с регулируемым давлением в шине. Производственные мощности ЧКПЗ рассчитаны на 2 миллиона штампованных колес в год диаметром от 13 до 33 дюймов.

Колесные диски HARTUNG выпускаются на современной производственной линии. Освоено производство колесных дисков для автомобилей различной грузоподъемности, для грузовых машин средней и повышенной проходимости, для автобусов и троллейбусов, прицепной и специальной техники. Кроме того, на заводе успешно работает линия по производству бездисковых колес. Качество бренда HARTUNG уже оценили ведущие автомобильные предприятия России и стран СНГ, в числе постоянных партнеров компании автозавод «Урал», группа компаний «ГАЗ», ЗАО «Тверской экскаватор», КрАЗ, ЧМЗАП и другие [1].

### Назначение, условия эксплуатации

Колесные диски помимо того, что улучшают внешний вид колеса, также являются необходимым элементом для движения автомобиля по дороге.

Непосредственно на них одевается сама шина. А диск с надетой на него шиной представляет собой автомобильное колесо, закрепленное на ступице.

Главным назначением диска колес является обеспечение правильной посадки шины и ее эффективной работы во время движения. Именно поэтому основными требованиями, предъявляемыми к диску, являются прочность и жесткость. Также диск должен иметь относительно небольшую массу и геометрические параметры, заданные производителем. Это связано с тем, что колеса, как неподрессоренная масса, оказывают влияние на динамику движения автомобиля и на его управляемость.

В зависимости от материала изготовления и технологии производства существует следующая классификация колесных дисков:

- штампованные;
- литые;
- кованные;
- составные.

Применяемость дискового колеса HARTUNG 4.50EX16 4/98 D60.5 ET21

- Сельхозтехника жатки
- Тракторы Т-25
- Тракторы Т-29
- Тракторы Т-30
- Тракторы Т-40М

## Характеристики дискового колеса



Рисунок 1 - Дисковое колесо HARTUNG 4.50EX16 4/98 D60.5 ET21

Таблица 1

Тип\вид диска	Профилированные колеса
Допустимые размеры шин	170-406 (6,00-16) 180-406 (6,50-16) 6,00-16 6,5-16
Число отверстий для крепления	4
Тип центровки	BZ
Масса диска, кг:	10,7
Диаметр центрального отверстия d, мм:	60,5



Продолжение таблицы 1	
Диаметр расположения отверстий для крепления D, мм:	98
Диаметр отверстия под крепления, мм:	13,5
Форма отверстия для крепления:	B12EC60
Вылет обода внутренний, мм:	21
Вылет обода наружный, с учетом толщины диска, мм:	31
Толщина диска, мм:	10
Нагрузка на колесо, КгС:	440
Ширина, дюймы	4,5
Диаметр, дюймы	16
Обод	Неразборный

[2]

## Формирование целей и задач проектирования

Цель: проектирование нового технологического процесса для детали в условиях серийного производства.

Для достижения заданной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать существующий технологический процесс.
2. Разработать новый технологический процесс, который позволит сократить временные ресурсы и материальные затраты.
3. Подобрать оборудование.
4. Произвести расчеты.

## 2. Технологическая часть

### 2.1. Анализ существующей технологии.

Деталь сборная и состоит из двух частей: обода и диска. Сначала рассмотрим изготовление детали «диск», а затем изготовление детали «обод».

Горячекатаный лист 08ЮА 5,0\*1370\*3700 поступает на завод-изготовитель. Далее он проходит входной контроль качества, состава и структуры металла. Если полученный лист соответствует всем критериям, он допускается для дальнейшей работы с ним. После лист подвергается плазменной или газоплазменной резке. После резки полосы, осуществляется операция профилирования, для получения гнутого профиля. Следующим шагом производится пробивка центрального отверстия под ступицу колеса, затем, пробивка четырех отверстий под болты. Следующей операцией будет резка боковых отверстий для охлаждения тормозной системы. Далее идет подготовка обода. Происходит она следующим образом: нарезается полоса, длиной и шириной, которая необходима для создания обода данного диска. Затем, полосу завивают и производят стыковую сварку 3х компонентной смеси. После сварки обод профилируют и используют ротационную вытяжку. После того, как диск и обод подготовлены, идет их совмещение путем сварки. Финальным действием является контроль ОТК.

Чтобы изготовить отверстия в колесе, необходимо иметь 2 штампа для пробивки. Штампы достаточно дорогостоящие и поэтому иметь несколько штампов, нерентабельно.

### Технологическая карта для диска

Наименование детали: диск

Материал детали: Сталь 08ЮА

Таблица 2

№	Содержание операции	Инструмент, оборудование
---	---------------------	--------------------------

1	Входной контроль качества, состава и структуры металла проходит с помощью приборов, технологий разрушающего и неразрушающего контроля.	Спектрометр Аппарат для испытания прокаливаемости по Джомини Микроскоп с функцией анализа изображений Установка для магнитно-порошковой дефектоскопии Установка для ультразвуковых испытаний
2	Резка листа	Газоплазменная резка
3	Очистка металла	Дробометные аппараты
4	Проглаживние	
5	Правка - процесс устранения недостатков и дефектов металлической заготовки.	Стальная или чугунная правильная плита, а также может быть машинной, она осуществляется при помощи прессы.
6	Профилирование - снятие припуска методом многократных проходов.	Расточный резец
7	Пробивка	Пресс
8	Профилирование	Станок фальцепрокатный
9	Пробивка	Пресс
10	Резка	Газоплазменная резка
11	Радиальное обжатие - операция, заключающаяся в обжатии заготовки путём частых последовательно чередующихся ударов бойков	Целым, секционным, эластичным (резина, полиуретан) пуансоном; а также жидкостью (при обеспечении герметически закрытого объема)
12	Контроль ОТК	Измерительный инструмент

Технологическая карта для обода

Таблица 3

Наименование детали: обод

## Материал детали: Сталь 08ЮА

№	Содержание операции	Инструмент, оборудование
1	Входной контроль качества, состава и структуры металла проходит с помощью приборов, технологий разрушающего и неразрушающего контроля.	Спектрометр Аппарат для испытания прокаливаемости по Джомини Микроскоп с функцией анализа изображений Установка для магнитно-порошковой дефектоскопии Установка для ультразвуковых испытаний
2	Резка металла	Гильотинные ножницы LVD
3	Очистка металла	Дробометные аппараты
4	Проглаживание	
5	Правка - процесс устранения недостатков и дефектов металлической заготовки.	Стальная или чугунная правильная плита, а также может быть машинной, она осуществляется при помощи прессы.
6	Профилирование - снятие припуска методом многократных проходов.	Расточный резец
7	Закатка	Прессы, давяльные станки
8	Профилирование	Станок фальцепрокатный
9	Сварка	
10	Раздача - формоизменяющая операция обработки металлов давлением для увеличения периметра трубы или полой заготовки растяжением изнутри в радиальном направлении	Целым, секционным, эластичным (резина, полиуретан) пуансоном; а также жидкостью (при обеспечении герметически закрытого объема)
11	Радиальное обжатие - операция, заключающаяся в обжатии заготовки путём частых последовательно чередующихся ударов бойков	Токарный станок, эластичный пуансон, пресс
12	Профилирование	Станок фальцепрокатный
13	Контроль ОТК	Измерительный инструмент

### 2.2. Недостатки существующей технологии

Основным недостатком применяемого способа является повышенная трудоемкость, обусловленная большим количеством проходов при раскатке профиля диска на заданную ширину, так как операция раскатки с перемещением значительных объемов металла является основной и единственной операцией при деформировании геометрии диска из утолщенной периферийной части штампованного диска. Сейчас для пробивки 5 отверстий в диске используют два штампа. Они достаточно дорогостоящие. И требуют обслуживания. Содержать два штампа, для этой операции, нерентабельно.

### 2.3. Усовершенствование изготовления детали «диск»

Для устранения недостатков, описанных в предыдущем пункте, необходимо разработать процесс, который уменьшает количество операций и уменьшает количество времени, затрачиваемое на пробивку отверстий. И поэтому было предложено совместить две операции в одну, т.е. Пробивать сразу пять отверстий в одном штампе.

Таблица 4

Наименование детали: диск

Материал детали: Сталь 08ЮА

№	Содержание операции	Инструмент, оборудование
1	Входной контроль качества, состава и структуры металла проходит с помощью приборов, технологий разрушающего и неразрушающего контроля.	Спектрометр Аппарат для испытания прокаливаемости по Джомини Микроскоп с функцией анализа изображений Установка для магнитно-порошковой дефектоскопии Установка для ультразвуковых испытаний
2	Резка металла	Гильотинные ножницы LVD
3	Очистка металла	Дробометные аппараты
4	Проглаживние	
5	Правка - процесс устранения недостатков и дефектов металлической заготовки.	Стальная или чугунная правильная плита, а также может быть машинной, она осуществляется при помощи прессы.
6	Профилирование - снятие припуска методом многократных проходов.	Расточный резец
7	Пробивка	Прессы, давяльные станки
8	Профилирование	Станок фальцепрокатный
9	Резка	Газоплазменная резка
10	Радиальное обжатие - операция, заключающаяся в обжатии заготовки путём частых последовательно чередующихся ударов бойков	Целым, секционным, эластичным (резина, полиуретан) пуансоном; а также жидкостью (при обеспечении герметически закрытого объема)
11	Контроль ОТК	Измерительный инструмент

## 2.4. Выбор стали

Для изготовления дисковых колес, необходима сталь, которая удовлетворяет эксплуатационным требованиям, заданными конструкторами деталей, а также технологическим требованиям, отвечающим условиям обработки и необходимым для деталей операциями листовой штамповки (вырубка, пробивка), термической и химико-термической обработки (отжиг, закалка, и др). Кроме этого, необходимо учитывать и экономический фактор. Такие свойства как: высокая пластичность, большой интервал температур, высокая поверхностная твердость и повышенной стойкостью против истирания необходимо учитывать на данном этапе разработки дискового колеса. Этим условиям отвечает Сталь 08ЮА — Сталь конструкционная углеродистая качественная. Установим химический состав, технологические свойства, механические свойства материала.

Химический состав в % материала 08ЮА

ГОСТ 4041 - 71

Таблица 5

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Al	Cu
до 0,1	до 0,03	0,2-0,4	до 0,15	до 0,025	до 0,02	до 0,1	0,02- 0,08	до 0,2

Механические свойства при T=20°C

Таблица 6

Сортамент	Раз мер	Напря жение	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$d_5$	$\gamma$	КС U	Термообработ ка
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	-
Лист термообработ., ГОСТ 4041-71	4-14		270-360		3-6			

Обозначения:

Механические свойства:

$\sigma_B$  Предел кратковременной прочности, [МПа]

$\sigma_T$  - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]

$d_5$  - Относительное удлинение при разрыве, [ % ]

$y$  - Относительное сужение, [ % ]

КСУ - Ударная вязкость, [ кДж / м<sup>2</sup>]

[3]

## 2.5. Расчеты



Изготовление сборочного колеса состоит из:

- 1) Раскроя материала;
- 2) Изготовления диска;
- 3) Изготовления обода;
- 4) Сборка.

### Раскрой материала

Раскрой – это поиск наиболее эффективного размещения заготовки на листе

Операцию раскроя материала обычно выполняют на специальных раскройно-заготовительных участках. Материалрезают на ленты, полосы различной формы с помощью гильотинных и дисковых ножниц. При этом производятся следующие операции: обрезка полей дефектных кромок листов; отрезка полей листов для получения размеров, кратных соответствующим размерам заготовок в виде полос.

Раскрой листового металла на штучные заготовки и полосы являются первой операцией, связанной с потерями металла в виде обрезков неиспользуемых отходов.

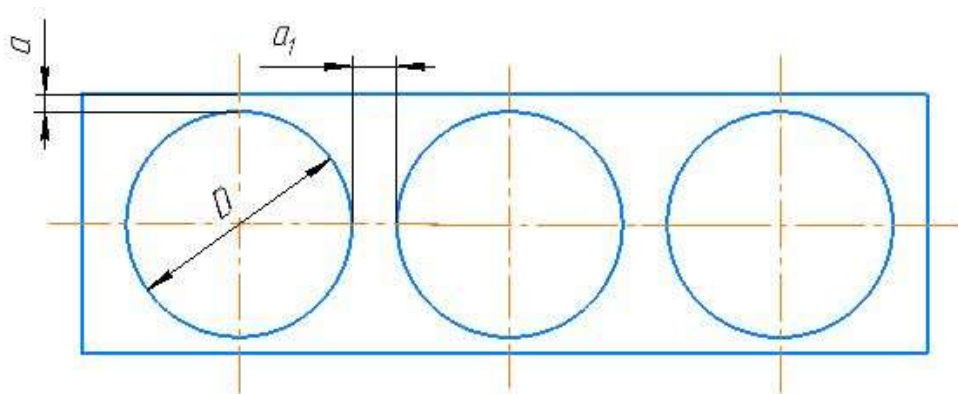


Рисунок 2 - Схема раскроя листов на заготовки

Экономия металла и уменьшение отходов в холодной штамповке имеют важное значение, так как при больших масштабах производства даже незначительная экономия металла при одном изделии дает в итоге хорошую экономию.

Экономия металла в холодной штамповке достигается путём:

- 1) наиболее целесообразного раскроя листов на штучные заготовки или полосы с наименьшими отходами;
- 2) наиболее экономного раскроя полос и расположения вырезаемых деталей на полосе;
- 3) уменьшения потерь металла на перемычки;
- 4) применения так называемого без отходного и малоотходного раскроя;
- 5) повышение точности расчёта размеров заготовок и уменьшения припусков на обрезку;
- 6) использования отходов для изготовления других деталей;
- 7) предупреждения брака штампуемых деталей, а также снижения нормы потерь при отладке и установке штампов и т. п.

Раскрой листового материала на полосы является первой операцией, связанной с потерями металла в виде обрезков и неиспользуемых отходов.

Различные способы раскроя полосового материала по экономичности и величине технологических отходов можно разделить 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 только часть контура детали, а в отход идёт или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка;
- 3) безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путём прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек.

Основное назначение перемычки – компенсировать погрешности подачи материала и фиксации его в штампе с тем, чтобы обеспечить полную вырубку детали по всему контуру и предотвратить получение бракованных деталей.

Ширину перемычки выполняют наименьшей для снижения расхода материала, а также для уменьшения усилий, необходимых для снятия материала с пуансона.

Перемычка между контурами детали называется межконтурной и обозначается  $a_1$ . Перемычка между контуром детали и краем полосы называется боковой и обозначается  $a$ . Выбираются по таблице минимальных размеров при однорядной вырубке круглого и овального контуров.

$$a_1 = 9,3 ; a = 7,5 \quad [4]$$

В данном технологическом процессе рассматриваются два вида раскроя, используемые на предприятии: продольный и поперечный.

Лист: Сталь 08ЮА;

Параметры листа:  $5,0 \times 1370 \times 3700$

Стандарт на сортамент: 4041-71

Расчетная ширина полосы:

$$v_p = D + 2a, \quad (1)$$

$$v_p = 376 + 2 \cdot 6 = 388 \text{ мм},$$

где  $a$  – боковая перемычка,  $D$  – диаметр заготовки диска, 376 мм

Шаг подачи:

$$t = D + a_1, \quad (2)$$

$$t = 376 + 5 = 381 \text{ мм} ,$$

где  $a_1$  – межконтурная перемычка

1. Поперечный раскрой листа

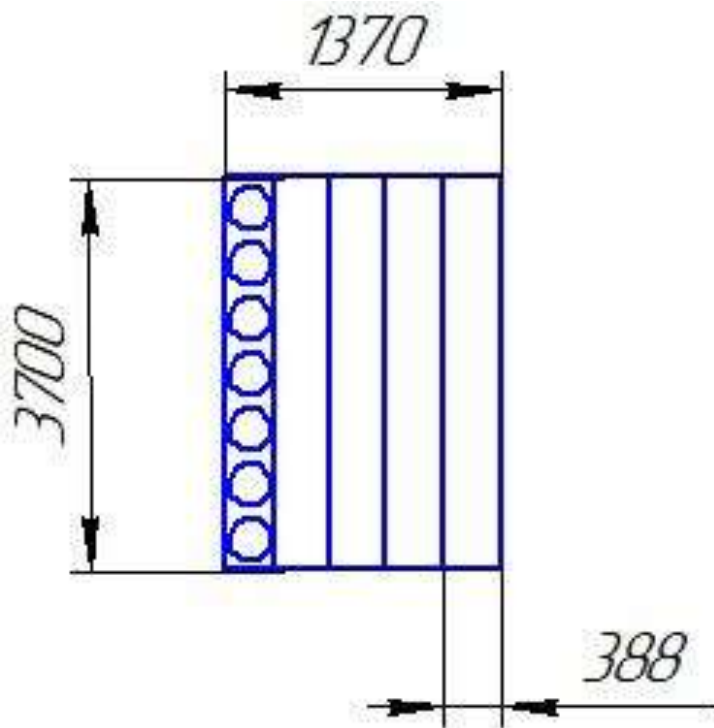


Рисунок 3 - Схема расположения заготовок в полосе при поперечном раскрое

Количество заготовок из полосы:

$$n_d = \frac{l}{t}, \quad (3)$$

$$n_d = \frac{1370}{381} = 3,6,$$

L - длина полосы

Число полос, полученных из листа:

$$n_n = \frac{L}{b_p}, \quad (4)$$

$$n_n = \frac{3700}{388} = 9,5,$$

где L – длина листа

Число деталей, полученных из листа:

$$N = 3 * 9 = 27 \quad (5)$$

Коэффициент раскроя:

$$K_p = \frac{n \cdot F}{l \cdot b_H}, \quad (6)$$

$$K_p = \frac{3,6 \cdot 88352,535}{1370 \cdot 388} = 0,598,$$

Где F – площадь детали

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} - 4 \left( \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right), \quad (7)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 376^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 165^2}{4} - 4 \left( \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} \right) = 88352,535 \text{ мм},$$

Где d – диаметр центрального отверстия, 165 мм,  $d_1$  – диаметр малых отверстий, 20 мм

2. Продольный раскрой листа

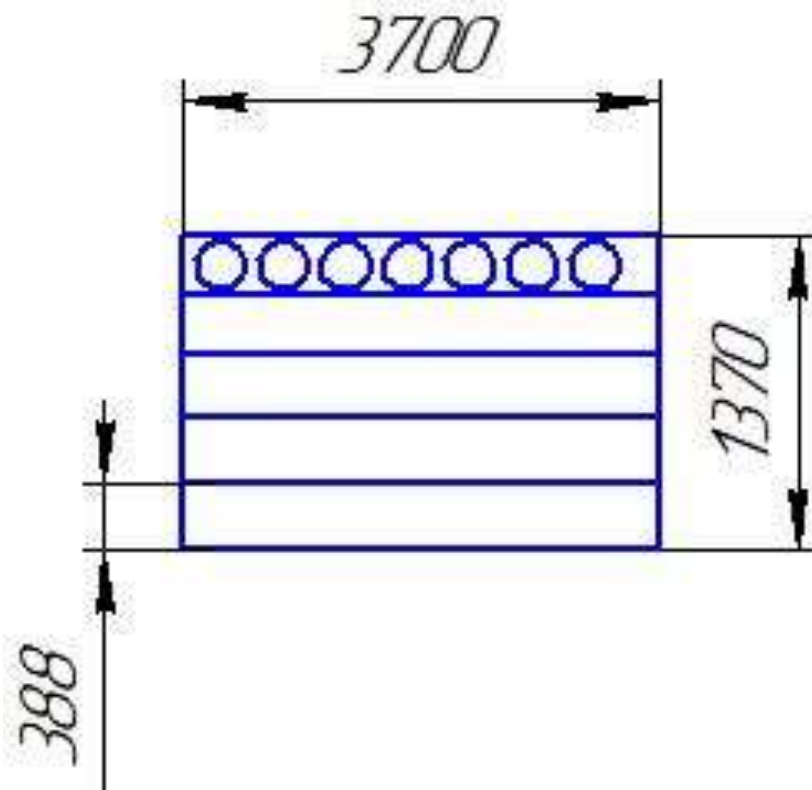


Рисунок 4 - Схема расположения заготовок в полосе при продольном раскрое

Количество заготовок из полосы:

$$n'_D = \frac{L}{t}, \quad (8)$$

$$n'_D = \frac{3700}{381} = 9,7,$$

где  $L$  – длина полосы

Число полос, получаемых из листа:

$$h'_n = \frac{B}{b_p}, \quad (9)$$

$$h'_n = \frac{1370}{388} = 3,5,$$

Где  $B$  – ширина листа

Число деталей, получаемых из листа:

$$N' = 3 * 9 = 27 \quad (10)$$

Коэффициент раскроя:

$$K'_p = \frac{n'_d * F}{L * b_H}, \quad (11)$$

$$K'_p = \frac{9,7 * 88352,535}{3700 * 388} = 0,597,$$

Норма расхода листа:

$$H_m = \frac{M_d}{n}, \quad (12)$$

$$H_m = \frac{198,558}{27} = 7,37,$$

Где  $M_d$  – масса листа,  $n$  – количество деталей из листа

Коэффициент использования материала:

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{H_m}, \quad (13)$$

$$\text{КИМ} = \frac{3,46}{7,37} = 0,47,$$

Где  $M_d$  – масса детали

$$M_d = F_d * h * \rho, \quad (14)$$

$$M_d = 0,008352535 * 0,005 * 7850 = 3,46 \text{ кг},$$

$$M_d = B * L * h * \rho, \quad (15)$$

$$M_d = 3,7 * 1,37 * 0,005 * 7850 = 198,958 \text{ кг},$$

где  $\rho$  – плотность материала,  $7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

## Технологические расчеты

Для разделительных операций достаточно определить энергосиловые параметры (усилие деформации, прижим, проталкивание и снятие, а также работу выполняемую на кривошипных прессах) в зависимости от вида операции, способа её выполнения. По рассчитанным значениям усилия в дальнейшем выберем пресс.

Технологическое усилие  $P$  (Н) разделительных операций в штампах с металлическими рабочими деталями, у которых соответствующие режущие грани пуансона и матрицы параллельны между собой, вычисляют по формуле:

$$P = Ls\sigma_{\text{ср}}, \quad (16)$$

где  $L$  – периметр контура вырубki, мм;

$s$  – толщина штампуемого материала, мм;

$\sigma_{\text{ср}}$  – сопротивление срезу, Мпа ( $\sigma_{\text{ср}} = (0,7 \dots 0,86) \sigma_{\text{в}}$ ).

Усилие вырубki внешнего контура:

$$P_1 = \pi * 376 * 5 * 262,5 = 1549600 \text{ Н} = 1549,6 \text{ кН}$$

Усилие пробивки внутреннего отверстия:

$$P_2 = \pi * 165 * 5 * 262,5 = 680000 \text{ Н} = 680 \text{ кН}$$

Усилие пробивки малых отверстий:

$$P_3 = 4 * \pi * 20 * 5 * 262,5 = 329700 = 329,7 \text{ кН}$$

Усилие прижима  $P_{\text{прж}}$  (Н):

$$P_{\text{прж}} = Lsq_{\text{прж}}, \quad (17)$$

где  $q_{\text{прж}}$  – удельное усилие, Н/мм<sup>2</sup>.

При  $s=5$  мм,  $q_{\text{прж}}=20$ , [9, стр.58]

Усилие прижима при вырубке внешнего контура:

$$P_{\text{прж1}} = \pi * 376 * 5 * 20 = 118 \text{ кН}$$

Усилие прижима при пробивке внутреннего отверстия:

$$P_{\text{прж2}} = \pi * 165 * 5 * 20 = 51,8 \text{ кН}$$

Усилие прижима при пробивке малых отверстий:

$$P_{\text{прж3}} = \pi * 20 * 5 * 20 = 6,3 \text{ кН}$$

Усилие снятия  $P_{\text{сн}}$  (Н):

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} * P, \tag{18}$$

где  $k_{\text{сн}}$  – коэффициент снятия.

Для стали  $k_{\text{сн}} = 0,04$  [1, табл. 11, стр. 60].

Усилие снятия при вырубке внешнего контура:

$$P_{\text{сн1}} = 0,04 * 1549,6 = 61,9 \text{ кН}$$

Усилие снятия при пробивке внутреннего отверстия:

$$P_{\text{сн2}} = 0,04 * 680 = 27,2 \text{ кН}$$

Усилие снятия при пробивке малых отверстий:

$$P_{\text{сн3}} = 0,04 * 329,7 = 13,2 \text{ кН}$$

Усилие проталкивания  $P_{\text{пр}}$  (Н):

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} * P, \tag{19}$$

$k_{\text{пр}}$  – коэффициент проталкивания.

Для стали  $k_{\text{пр}} = 0,04$  [1, табл. 11, стр. 60].

Усилие проталкивания при вырубке внешнего контура:

$$P_{\text{пр1}} = 0,04 * 1549,6 = 61,9 \text{ кН}$$

Усилие проталкивания при пробивке внутреннего отверстия:



$$P_{\text{пр2}}=0,04*680= 27,2 \text{ кН}$$

Усилие проталкивания при пробивке малых отверстий:

$$P_{\text{пр3}}=0,04*329,7 = 13,2 \text{ кН}$$

Полное усилие  $P_T$  (Н):

$$P_T = P + P_{\text{прж}} + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} \quad (20)$$

$$P_T=(1549,6+680+494,6)+(118+51,8+6,3)+2*(61,9+27,2+13,2)= 3104,9 \text{ кН}$$

## Выбор оборудования

Выбор разделительного оборудования

Для выполнения технологического процесса изготовления заданной детали применяется различное основное и вспомогательное оборудование. Все основное технологическое оборудование можно разбить на следующие группы: разделительное, штамповочное, термическое, металлорежущее и очистное.

Разделительное оборудование применяется для разделки листового материала на заготовки (полосы, ленты и карточки), к которому относятся кривошипные и гидравлические ножницы с прямым или наклонным ножом (гильотинные ножницы), дисковые и многодисковые ножницы, а также автоматизированные разделительные комплексы. Выбор разделительного оборудования осуществляется по толщине и ширине разрезаемого листового материала и паспортным данным.

В соответствии с выбранным листовым материалом подбираем оборудование для его разрезки по справочнику [9]:

Ножницы гидравлические листовые для прямой резки листа и скашивания кромок под сварку *HA3623*.

Техническая характеристика ножниц гидравлических листовых для прямой резки листа и скашивания кромок под сварку представлена в таблице 7.

Таблица 7

Параметр	HA3623
Наибольшие размеры обрабатываемого листа ( $\sigma_B = 500$ МПа), мм:	
толщина	20
ширина	3150
Угол скоса кромки под сварку к торцу листа, градус	30
Наибольшая высота скашиваемой кромки по торцу листа, мм	15
Частота ходов ножевой балки при обработке листа наибольшей толщины и ширины, мин <sup>-1</sup> :	
при резке листа	7, 8
при скашивании кромки	7.7
при резке листа со скашиванием кромки	4, 0
Наибольшая ширина полосы, отрезаемой по заднему упору, мм	1000
Усилие гидроприжима (суммарное), кН	850
Мощность привода, кВт	45
Габаритные размеры (длина x ширина x высота над уровнем пола), мм	3960x2500x2800
Масса, т	25

### Выбор штамповочного оборудования.

В листоштамповочном производстве наиболее широко используются кривошипные и гидравлические прессы простого и двойного действия. Для изготовления мелких и средних деталей вырубкой, пробивкой в основном применяются кривошипные прессы простого действия.

Выбор кривошипных прессов необходимо осуществлять по номинальному усилию, мощности (работе), величине хода ползуна, закрытой высоте, размерам ползуна и стола (подштамповой плиты) прессы в плане.

Для выбора прессы по усилию необходимо определить технологическое усилие, которое состоит из суммы усилия деформации всех операций, одновременно выполняющихся на данном прессе, и усилий сжатия упругих элементов прижима, выталкивателя или сопротивления пневматической (пневмогидравлической) подушки, если она имеется у прессы. Номинальное

усилие выбранного прессы для операций вырубке-пробивки должно быть в 1,2...1,4 раза больше расчетного технологического усилия. Использование более мощного прессы, чем требуется по расчету, обеспечит повышенную жесткость станины, а следовательно, большую точность штампуемой детали и стойкость штампа, а также большую надежность и сохранность прессы от перегрузок и поломок при штамповке.

Таким образом, по справочнику [8] выбираем пресс усилием 5000 кН (полное технологическое усилие при вырубке-пробивке детали «Диск» составляет 3104,9 кН).

Пресс двухкривошипный закрытый простого действия К3537. Основные параметры прессы приведены в таблице 8.

Таблица 8

Наименование параметра (размера)	Данные
Номинальное усилие, кН	5000
Технологическая работа, Дж	40000
Ход ползуна регулируемый, мм	250
Число ходов ползуна в минуту	25
Допустимое число одиночных ходов в минуту	18
Наибольшее расстояние между ползуном и столом в его нижнем положении при верхнем положении регулировки, мм	750
Величина регулировки расстояния между столом и ползуном, мм	250
Размер стола, мм	
слева направо	2500
спереди назад	1400
Размер ползуна спереди назад, мм	1250
Толщина подштамповой плиты, мм	220
Усилие верхнего выталкивателя, кН	25
Путь ползуна до его крайнего положения, на котором пресс развивает номинальное усилие, мм	12
Габаритные размеры прессы, мм	
слева направо	4130
спереди назад	2945

Продолжение таблицы 8	
Высота пресса над уровнем пола, мм	6220
Масса пресса, кг	66200
Суммарное максимальное усилие пневматических подушек при давлении сжатого воздуха 6 кгс/см в цилиндрах, кН	56
Рабочий ход пневмоподушек, мм	100

После выбора кривошипного пресса по усилию необходимо проверить его по работе. Для этой цели вычисляется работа деформации  $A$ , необходимая для выполнения операции, Дж:

$$A = P_{cp} \cdot h_p, \quad (21)$$

$P_{cp}$  – усредненное усилие штамповки, кН;

$h_p$  – рабочий ход пуансона, мм.

Усредненное усилие  $P_{cp}$  для вырубки (отрезки, пробивки) составляет (в процентах от усилия  $P_T$ ) для стали средней твердости, при толщине материала свыше 4 мм – 45 – 50%.

Рабочий ход  $h_p$  пуансона при выполнении разделительных операций в штампах с параллельными режущими ребрами пуансона и матрицы равен толщине материала  $s$  ( $s=5$  мм).

$$A = 0,5 \cdot P_T \cdot s = 0,5 \cdot 3104,9 \cdot 5 = 7762,25 \text{ Дж}$$

При этом следует учитывать, что мощность (полезная работа) пресса при автоматической штамповке (непрерывной работе пресса) снижается почти в 2 раза, в отличие от работы пресса на одиночных ходах [1].

Таким образом, сравнив работу деформации с технологической работой (40 кДж, табл.8), приходим к выводу, что пресс обеспечивает необходимую мощность даже при работе в автоматическом режиме.

Выбор пресса по величине полного хода ползуна имеет особое значение для вытяжных и гибочных операций имеющих большой рабочий ход деформирования. Следует учитывать, что у кривошипных прессов номинальное усилие достигается при недоходе ползуна до нижнего крайнего положения,

равного 0,05...0,07 величины полного хода ползуна прессы, а на середине хода ползуна усилие составляет только 40...50% от номинального [6]. Обычно величина полного хода ползуна, выбираемого для разделительных операций принимается на 5...10 мм больше толщины детали или зазора между съемником и матрицей штампа, чтобы обеспечить свободную установку заготовки и удаления готовой детали из штампа.

При выборе кривошипного прессы закрытая высота прессы является важной характеристикой для проектирования и установки штампа на пресс. Закрытая высота прессы должна соответствовать или быть больше закрытой высоты штампа, которая равна высоте штампа в сомкнутом состоянии.

Кроме закрытой высоты, при выборе прессы необходимо учитывать и проверять габаритные размеры в плане подштамповой плиты (стола) и ползуна, которые должны быть больше соответствующих размеров штампа. Однако габаритные размеры штампа определяются только на этапе его проектирования. Поэтому после разработки штампа необходимо провести корректировку выбора прессы, так как, например, при штамповке крупногабаритных деталей часто бывает, что размеры штампа в плане получаются больше размеров стола, выбранного по усилию и мощности прессы. В этом случае необходимо выбирать более крупный пресс, чем требуется по расчету.

### 3. Конструкторская часть

#### 3.1. Разработка конструкции штампа

Определение исполнительных размеров рабочих деталей штампа

Размеры деталей для операции вырубки и пробивки:

Матрицы и пуансоны изготавливают совместно.

**ВЫРУБКА:**

Размер матрицы для вырубки внешнего контура определяется по формуле

$$D_M = (D_H - P_H) + \delta_M \quad (22)$$

где  $D_H$  - номинальный размер штампуемого изделия;

$P_H$  - припуск на износ матрицы и пуансона [1, с.62];

$\delta_M$  - предельное отклонение размера матрицы [1, с.62];

$$D_M = (376 - 1,12)^{+0,28} = 374,88^{+0,28} \text{ мм.}$$

Размер пуансона обеспечивается доработкой по матрице с зазором  $z=0,4$  и допуском на зазор  $\Delta z=+0,1$  [1, с.68];

$$D_P = (D_M - z) - \Delta z, \quad (23)$$

$$D_P = (374,88 - 0,4)_{-0,1} = 374,48_{-0,1} \text{ мм.}$$

**ПРОБИВКА:**

Размер пуансона определяется по формуле

$$D_P = (D_H + P_H) - \delta_P, \quad (24)$$

где  $\delta_P$  - предельное отклонение размера пуансона [1, с.62];

для пробивки большого отверстия:

$$D_P = (165 + 0,8)_{-0,2} = 165,8_{-0,2} \text{ мм.}$$

Размер матрицы обеспечивается доработкой по пуансону с зазором  $z=0,4$  и допуском на зазор  $\Delta z=+0,1$  [1, с.68];

$$D_M = (D_P + z) + \Delta z \quad (25)$$

$$D_M = (165,8 + 0,4)^{+0,1} = 166,2^{+0,1} \text{ мм}$$

для пробивки малых отверстий:

$$D_{\text{п}} = (20 + 0,4)_{-0,12} = 20,4_{-0,12} \text{ мм.}$$

Размер матрицы обеспечивается доработкой по пуансону с зазором  $z=0,4$  и допуском на зазор  $\Delta z=+0,1$  [1, с.68];

$$D_{\text{м}} = (20,4 + 0,4)^{+0,1} = 20,8^{+0,1} \text{ мм.}$$

Для пробивки круглых контуров целесообразно применять стандартизованные вставные матрицы, закрепляемые в матрицедержателе штампа.

Вставная матрица с круглым отверстием без фланца: [1, с.90 табл. 24]

Стандартизованная матрица:  $d_{\text{м}}=20$  мм;  $d_{\text{м}}'=20,5$  мм;  $D_{\text{м}}=40$  мм;  $D_{\text{м}}'=45$  мм;  $H_{\text{м}}/h_{\text{м}}=40/12$

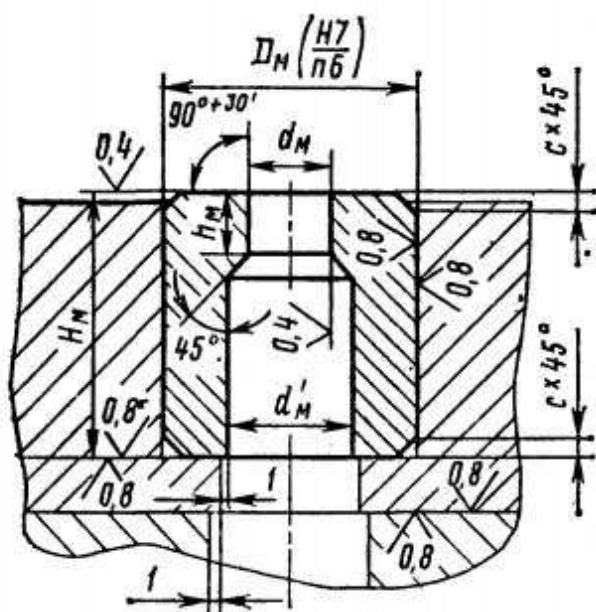


Рисунок 4 – Вставная матрица с круглым отверстием без фланца

Пуансон для пробивки круглых отверстий по ГОСТ 16621-80. [1, с. 97 табл. 25]:  $h_{\text{п}}=28$  мм;  $h_{\text{п}}'=36$  мм;  $h_{\text{п}}''=8$  мм;  $H_{\text{п}}=100$  мм;  $D_{\text{п}}=22$  мм.





Таким образом принимаем толщину матрицы  $H_M = 56$  мм.

Осуществляем ориентировочный выбор винтов и штифтов по таблице [1, стр.77]: Винты – М12, штифты диаметром – 10.

#### **Проверка матрицы на разрыв.**

$$[\sigma_p] \geq \frac{0,4 \cdot P}{F} \quad (28)$$

где  $F$  - площадь опасного сечения,  $\text{мм}^2$ ;

$P = 1549600$  Н - технологическое усилие, Н;

$[\sigma_{cp}] = 250$  МПа - допускаемое напряжение на разрыв.

$$F = 56 \cdot (540 - 378 - 2 \cdot 10,5) = 7896 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_p = 0,4 \cdot 1549600 / 7896 = 78,5 \text{ МПа} \leq [250 \text{ МПа}]$$

Из расчётов видно, что допускаемое напряжение на разрыв в установленных пределах.

#### **Проверка пуансонов на смятие опорной поверхности:**

Напряжение смятия  $\sigma_{cm}$  (МПа) поверхности головки вычисляется по формуле:

$$\sigma_{cm} = P / F_{\text{гол}}, \quad (29)$$

где  $P$  – технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, Н;

$F$  – площадь поверхности его головки,  $\text{мм}^2$ .

Если  $\sigma_{cm} > 100$  МПа, то пуансон следует упирать головкой в стальную закаленную подкладную плитку [1, стр102].

Вычисляем:

$$\sigma_{cm} = (362400 / 4) / (\pi \cdot 676 / 4) = 170,7 \text{ МПа} > 100 \text{ МПа},$$

следовательно, необходимо использовать плитку.

### **Проверка пуансонов на сжатие:**

Осуществляют с учетом продольного изгиба.

Определяем коэффициент  $\varphi$  понижения допускаемого напряжения  $\sigma_{сж}$ , зависящий от условной гибкости пуансона и учитывающий возможную потерю устойчивости пуансона (его продольный изгиб). Для пуансонов круглого сечения коэффициент зависит от параметра:

$$\mu = 2.8 \cdot (h_{п} / d_{п}), \quad (30)$$

где  $h_{п}$  – длина рабочей части пуансона;

$d_{п}$  – диаметр рабочей части пуансона.

$$\mu = 2,8 \cdot (28/20,4) = 3,843,$$

по таблице [1, стр.102] значению  $\mu = 3,843$  соответствует  $\varphi = 1$ .

Определяем площадь  $F_{к}$  ( $\text{мм}^2$ ) контакта рабочего торца пуансона со штампуемым материалом. Так как диаметр пробиваемого отверстия больше толщины материала, то  $F_{к}$  следует принимать равным площади кольцевого пояска:

$$F_{к} = \frac{\pi}{4} \cdot s \cdot (2 \cdot d_{п} - s)$$

$$F_{к} = \pi \cdot 5 \cdot (2 \cdot 20,4 - 5) / 4 = 140,5 \text{ мм}^2.$$

Определяем напряжение сжатия:

$$\sigma_{сж} = P / (\varphi \cdot F_{к}), \quad (31)$$

где  $P$  – технологическое усилие, воспринимаемое проверяемым пуансоном,  
Н.

$$\sigma_{сж} = (362400/4) / (1 \cdot 140,5) = 644,8 \text{ МПа} < [1600 \text{ МПа}].$$

Допускаемые напряжения на сжатие больше найденного значения, следовательно, пуансоны удовлетворяют условиям процесса.

Остальные детали штампа принимаем конструктивно из условий обеспечения прочности, надежности и удобства работы, а также технологичности и использования максимально возможного количества стандартизованных деталей.

## Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы мной был проведен анализ существующей технологии: дисковое колесо.

В рамках анализа действующей технологии, были выявлены недостатки. Далее было предложено модернизировать процесс пробивки, для пяти отверстий. Были произведены расчеты, необходимые для конструирования штампа.

Произведены проверочные расчеты:

1. Валков на прочность и изгиб;
2. Проводной конец вала на смятие и срез;
3. Подшипников на долговечность;
4. Давления гидравлического нажимного устройства;
5. Станины на жесткость и прочность.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://chkpz.ru/>
2. <https://kolesa.hartung.ru/catalog/profilirovannyje/koleso-diskovoe-hartung-4-50x16-4-98-d60-5-et21-4-5e-16/>
3. [http://www.splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=2359](http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=2359)
4. Ковка и штамповка: Справочник. – В 4-х т. – Т.4. Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева. – Машиностроение, 1985 – 1987. – 544 с.
5. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988 – 496 с.
6. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
7. Ковка и штамповка: Справочник. – В 4-х т. – Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка. / Под ред. Е.И. Семенова. – М.: Машиностроение, 1985. – 568 с.
8. Ковка и штамповка: Справочник. – В 4-х т. – Т.4. Листовая штамповка / Под ред. А.Д. Матвеева. – М.: Машиностроение, 1987. – 544 с.
9. Мансуров И.З., Подрабинник И.М. Специальные кузнечно-прессовые машины и автоматизированные комплексы кузнечно-штамповочного производства: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 344 с.