

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Кафедра Технических дисциплин  
Направление подготовки 22.03.02 «Металлургия»  
направленность (профиль) «Обработка металлов и сплавов давлением»

Допускается к защите  
Доцент с обязанностями  
зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Т.О. Сошина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему: Разработка штампа для процесса листовой штамповки детали «Лист ротора крайний» на предприятии ООО «Лысьванефтемаш»

Студентка \_\_\_\_\_ Азмуханова М.Д. \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Состав ВКР:

1. Пояснительная записка на 56 стр.
2. Графическая часть на 23 листах.

Руководитель \_\_\_\_\_ Гусельникова Л.Н. \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Лысьва, 2020г.

## Реферат

Настоящая выпускная квалификационная работа состоит из задания, введения, 3 глав, заключения, списка литературы.

Выпускная квалификационная работа изложена на 56 страницах, содержит 14 рисунков, 4 таблицы

Объектом исследований является деталь «Лист ротора крайний», марки М1, а целью работы являлась разработка штампа для детали «Лист ротора крайний».

В данной работе произведен анализ технологичности детали, выбор оборудования, разработка технологического процесса и проектирование штампа совмещенного действия для вырубки пробивки детали «Лист ротора крайний». Обработка металлов давлением, технология листовой штамповки.

В выпускной квалификационной работе представлен проект проектирование штампа для листовой детали мелкосерийного производства, разработан технологический процесс изготовления детали, произведены расчеты конструкции штампов для пооперационной штамповки. Выбрано потребное оборудование и рассмотрены основные направления его модернизации, выбрана конструкция механической регулировки закрытой высоты прессы. Представлено технико-экономическое обоснование перспективности внедрения настоящих разработок, а также рассмотрены основные вопросы охраны труда на участке.

|      |      |          |         |      |            |      |
|------|------|----------|---------|------|------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.2020-Р | Лист |
|      |      |          |         |      |            | 3    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |            |      |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение  | 5  |
| 1 Общий раздел  | 8  |
| 1.1 Анализ технологических показателей исходных данных  | 8  |
| 2 Разработка технологического процесса детали   | 12 |
| 2.1 Определение размеров заготовки  | 12 |
| 2.2 Расчет коэффициента использования материала   | 14 |
| 2.3 Основные технологические расчеты и последовательность штамповочных операций                     | 19 |
| 2.4 Схема штампа  | 21 |
| 2.5 Общие технологические требования к конструкции плоских деталей, получаемых вырубкой и пробивкой | 23 |
| 2.6 Определение центра давления штампа  | 23 |
| 2.7 Расчет параметров оборудования  | 23 |
| 2.8 Выбор схемы штамповки   | 29 |
| 2.9 Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа   | 29 |
| 2.10 Проектирование направляющих и фиксирующих элементов штампа                                     | 36 |
| 2.11 Допуски и посадки в сопрягаемых элементах штампа   | 37 |
| 2.12 Определение центра давления штампа   | 38 |
| 2.13 Узлы и детали штампов  | 38 |
| 2.14 Выбор материала и требования к точности изготовления сопрягающихся деталей штампа              | 42 |
| 2.15 Расчет промежуточных прокладок   | 43 |
| 2.16 Расчет деталей штампа на прочность и жесткость   | 44 |
| 2.17 Расчет винтов на прочность   | 45 |
| 2.18 Расчет пружин съёмника   | 46 |
| 2.19 Расчет верхней и нижней плит штампа  | 47 |
| 2.20 Принцип работы штампа  | 49 |
| 3 Охрана труда  | 51 |
| Заключение  | 55 |
| Список литературы   | 56 |

|         |      |            |         |      |  |      |        |
|---------|------|------------|---------|------|--|------|--------|
|         |      |            |         |      | <b>ВКР.2020-ПЗС</b>  |      |        |
| Изм.    | Лист | № докум.   | Подпись | Дата |  |      |        |
| Разраб. |      | Азмуханова |         |      | Лит.   | Лист | Листов |
| Провер. |      |            |         |      |  | 4    | 57     |
|         |      |            |         |      | <b>ЛФ ПНИПУ</b>  |      |        |
|         |      |            |         |      | ВКР на тему: «Разработка штампа для процесса листовой штамповки детали «Лист ротора крайний» на предприятии ООО «Лысьваннефтемаш»» |      |        |

## Введение

Холодная штамповка (ХШ) считается наиболее передовой методикой обработки металлов давлением. Ее квалифицированное применение позволяет получать изделия различных форм и размеров. Что важно, изделия, изготовленные по данной технологии, отличаются точностью своих геометрических параметров и высоким качеством сформированной поверхности, поэтому не нуждаются в дальнейшей доработке. Процесс выполнения холодной штамповки можно легко автоматизировать, что дает возможность изготавливать продукцию с его помощью с высокой производительностью.

### Тонкости технологии

Штамповка, или штампование, как часто называют такую технологическую операцию, – это процесс, при котором заготовка из металла под воздействием давления подвергается пластической деформации. В результате такого воздействия, для оказания которого используется специальное оборудование, из заготовки формируется готовое изделие требуемых размеров и формы. Деформирование металлической заготовки может выполняться с ее предварительным нагревом, тогда такой процесс называется горячей штамповкой. Если же никакого предварительного термического воздействия на заготовку не оказывается, тогда выполняется холодная штамповка металла.

### Классификация основных операций штамповки

| Листовая холодная штамповка |                          |                           |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Разделочные операции        | Комбинированные операции | Операции изменяющие форму |
| Отрезка                     | Гибка                    | Растяжка                  |
| Вырубка                     | Заливка                  | Рельефная формовка        |
| Пробивка                    | Скручивание              | Отбортовка отверстий      |
| Надрезка                    | Вытяжка                  | Отбортовка контура        |
| Отрезка                     | Протяжка                 | Обжатие                   |
| Зачистка                    | Обтяжка                  | Исправление               |
| Просечка                    | Закачивание              | Выдавливание              |

При выполнении холодной штамповки металла используется специальная технологическая оснастка. При этом металл, из которого сделана заготовка, подвергается дополнительному упрочнению. Между тем при выполнении

холодной штамповки металла ухудшается его пластичность. Повышение прочности заготовки при выполнении холодной штамповки приводит к увеличению хрупкости металла, что является достаточно негативным фактором. Чтобы избежать этого, между технологическими операциями, из которых состоит штамповка деталей в холодном состоянии, выполняют термическую обработку заготовки – рекристаллизационный отжиг. В готовых изделиях, которые в процессе производства были подвергнуты такой термической обработке, оптимально сочетаются параметры прочности и пластичности.

### **Этапы изготовления штампов**

Большую роль в обеспечении требуемого качества готового изделия играет проектирование штампов для холодной штамповки, за счет которых и происходит формирование детали с требуемыми геометрическими параметрами. Выполняются рабочие чертежи таких рабочих инструментов, устанавливаемых на штамповочных прессах, могут как в двух-, так и в трехмерном формате. Для решения этой задачи требуются соответствующие знания и навыки.

Разработка чертежа и последующее изготовление штампа, используемого для холодной штамповки, выполняются в несколько этапов:

- составление эскиза будущего штампа;
- изучение схемы, по которой будет выполняться раскрой материала, проверка такой схемы посредством специальной компьютерной программы;
- редактирование эскиза, если в том есть необходимость;
- окончательная проверка размеров разработанного штампа;
- обозначение положения и точных размеров отверстий, которые будут выполнены на рабочей поверхности штампа.

**Цель работы.** Разработка штампа для листовой детали «Лист ротора крайний».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ технологических показателей исходных данных;
- разработать технологический процесс для детали «Лист ротора крайний»;

|      |      |            |         |      |              |      |
|------|------|------------|---------|------|--------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-ВВ | Лист |
|      |      |            |         |      |              | 6    |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |              |      |

- выбрать схему штамповки;
- рассчитать исполнительные размеры рабочих деталей;
- выбрать параметры оборудования.

**Методы исследования:** обзор литературы, сбор фактического материала.

|      |      |            |         |      |              |      |
|------|------|------------|---------|------|--------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-ВВ | Лист |
|      |      |            |         |      |              | 7    |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |              |      |

# 1 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Анализ технологических показателей исходных данных

Лист ротора крайний (рис 1) - это деталь, которая входит в состав электропогружного оборудования. После штамповки листов ротора, в листах ротора делаются незамкнутые прорезы. При сборке сердечника на вал, первым и последним листом являются листы с незамкнутыми прорезями. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ А)

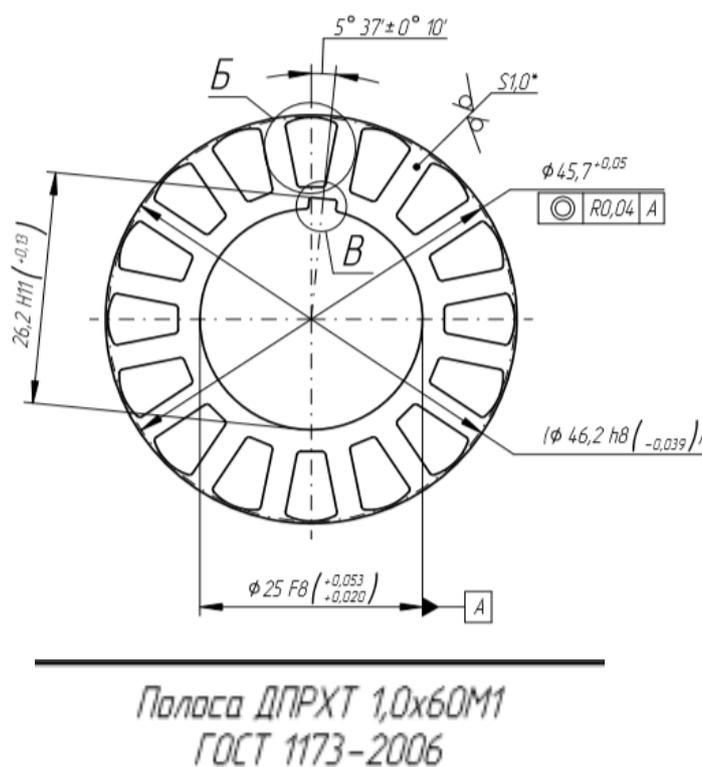


Рисунок 1 - Эскиз детали

Деталь листовая, имеет круглую форму диаметром 46,2 мм, на листовой детали имеются 16 пазов габаритами 7,9ммх3,1мм, радиусы скругления 0,4 мм и 6 мм, деталь сложной конфигурации.

Сплав меди М1 содержит в себе минимальное количество примесей (0,01%). Он идеально пригоден для создания проводников с различным сечением, так как наличие посторонних металлов в составе ухудшает электро- и теплопроводниковые свойства готовых полуфабрикатов. Медь М1 легко

|      |      |            |         |      |                 |      |
|------|------|------------|---------|------|-----------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-ОР.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                 | 8    |



Деталь типа «Лист ротора крайний» имеет сложную геометрию. Шероховатость поверхностей детали согласно чертежу, должна соответствовать  $Ra=2.5\text{мкм}$ . Требуемые чистота поверхностей и размеры можно обеспечить, предусмотрев для изготовления детали операций штамповки: вырубки и пробивки.

При выборе материала для изготовления какого-либо штампованного изделия необходимо учитывать его механические свойства, химический состав, необходимость термообработки и степень деформации, которая в целом определяет технические свойства материала.

Механические и технологические характеристики материалов характеризуются такими показателями, как пределы прочности  $\sigma_B$  и текучести  $\sigma_T$ , относительное удлинение  $\delta$  и относительное сужение  $\psi$ . В зависимости от назначения и условий работы изделия, а также технологии штамповки материал подбирается с теми или иными механическими и технологическими характеристиками. При разделительных операциях металлы с высокими значениями  $\sigma_T$  дают чистый срез.

#### **Анализ технологичности штампуемой детали**

Рассмотрим параметры технологичности, применимые к данной детали:

- 1)Контур детали сложный;
- 2)Механические свойства материала соответствуют требованиям жесткости;
- 3)Деталь имеет низкую трудоемкость операций;
- 4)Для изготовления детали не требуется большое количество оборудования и производственных площадей;
- 5)Размеры пробиваемых отверстий больше минимально допустимого ( $d>3S$ )
- 6)Расстояние между отверстиями детали значительно превышает наименьшее допустимое значение.

|      |      |            |         |      |                 |      |
|------|------|------------|---------|------|-----------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-ОР.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                 | 10   |

7) Наименьшее расстояние от края отверстия до прямолинейного наружного контура больше минимально допустимого ( $l > S$ ).

Следовательно, можем сделать вывод, что деталь является технологичной. Наиболее рациональным способом ее изготовления является листовая штамповка в штампе совмещенного действия.

Предел прочности при срезе.  $\tau_{ср} = 290$  МПа;

Предел прочности при растяжении.  $\sigma_B = 90$  МПа;

Относительное удлинение разрыва.  $\delta = 50\%$ .

|      |      |            |         |      |                 |      |
|------|------|------------|---------|------|-----------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-ОР.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                 | 11   |

## 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЕТАЛИ

Схема предлагаемого технологического процесса представлено в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

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

- определение рационального раскроя материала и наименьших размеров заготовки;
- установление характера, количества и последовательности операций;
- выбор степени сложности (совмещенности) операций;
- установление количества одновременно штампуемых деталей;
- определение операционных размеров;

Анализируя при составлении технологического процесса значимость и удельный вес каждого из приведенных выше факторов, можно в каждом конкретном случае правильно выбрать тот или иной вариант штамповки.

Сравнительная сложность и длительность подготовки производства, а также относительно высокая стоимость штампов требуют тщательной разработки технологических процессов и обоснованного выбора технически рационального и экономически наиболее эффективного варианта технологического процесса, соответствующего данному масштабу производства. Даже небольшие последующие изменения технологических процессов обычно приводят к переделке штампов или к проектированию и изготовлению новых, что требует значительного времени и обходится довольно дорого.

### 2.1 Определение размеров заготовки

#### Выбор схемы раскроя

Наиболее распространённым видом заготовки является полоса, полученная из листа. Для выбора рационального раскроя материала необходимо определить размещение детали на полосе, величины перемычек между деталями и краем полосы.

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 12   |

Экономия металла и уменьшение отходов имеют очень важное значение, особенно при больших масштабах производства, так как даже незначительная экономия на одном изделии даёт в сумме значительный экономический эффект. Следовательно, важно выбрать наиболее рациональный тип раскроя. Сначала задаем расположение штампуемых деталей на полосе материала.

Основное назначение перемычек – компенсация погрешности подачи материала и фиксации его в штампе, чтобы обеспечить фиксацию детали в штампе, обеспечить полную вырубку детали по контуру и предотвратить получение бракованных деталей. Перемычка должна обладать прочностью и жесткостью, необходимой для подачи материала. Для определения величины перемычек обычно пользуются справочными данными. При проектировании следует учитывать, что даже незначительная экономия материала дает возможность удешевить изделия. Поэтому нужно выбрать оптимальную схему раскроя полосы.

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

- 1) раскрой с отходами, когда вырезка производится по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму;
- 2) малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается только часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезами или только боковая перемычка;
- 3) безотходный раскрой (без образования перемычек).

В данном случае следует предусмотреть первый вид раскроя – раскрой с отходами.

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

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 13   |

подачи материала.

## 2.2 Расчет коэффициента использования материала

Определяем размеры перемычек:

Для толщины детали  $S=1$  мм,  $a=2$  мм,  $b=1,5$  мм

Коэффициент использования материала на шаге подачи в случае однорядного раскроя определяется по формуле (1.1) [6. стр 235]

$$\eta = \frac{F_{\text{дет}}}{F_{\text{заг}}} \cdot 100\% = \frac{F_{\text{дет}}}{AB} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

где  $A = L_{\text{дет}} + a_1$  - шаг штамповки, т.е., расстояние, на которое надо подвинуть полосу для вырубki каждого последующего изделия (шаг подачи);  
 $a_1$  - перемычка между деталями.

Ширина полосы определяется по формуле (1.2)

$$B_0 = D_0 + 2a + \Delta n \quad (1.2)$$

где  $a$  – краевая перемычка;  $D_0$  - диаметр детали;  $\Delta n$  - допуск на отрезку полосы на гильотинных ножницах. [6. стр 240]

Площадь заготовки равна:

$$F_{\text{заг}} = 1883 \text{ мм}^2 \text{ (расчет произведен в программе КОМПАС);}$$

Рекомендуемые размеры перемычек для толщины 1 мм и габаритных размеров до 100 мм:  $a_1 = 1,5$  мм (меж детальная) и  $a = 2,0$  мм (краевая) [6. стр.283]

Рассмотрим раскрой листа.

Выбирается размер листа: 1500х600 мм ГОСТ 1173-2006:

а) Лист 1500х600мм поперечного расположения полос (Рисунок 3), исходя из формулы (1.1), получаем:

из размеров и формы детали ширина полосы равна [3. стр 86]:

$$B_0 = D_0 + 2a + \Delta n = 56 \text{ мм} \quad (1.3)$$

Шаг подачи – это наименьшее расстояние между двумя одноименными точками вырубаемых деталей. Шаг подачи определяем по формуле (1.4) [3. стр86]:

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 14   |



Откуда

$$n_{\text{пол}} = 1500/56 = 26$$

Количество деталей, получаемых из одной полосы при поперечном раскрое листа, определяется по формуле (1.7):

$$n_{\text{д}} = \frac{B - a}{A}, \quad (1.7)$$

где  $B$  - полная ширина листа;

$a_1$  - величина перемычки между деталями;

$A$  - шаг подачи при вырубке, равный  $D_0 + a_1$ .

$$n_{\text{д}} = (600 - 1,6) / (52 + 1,6) = 598,4 / 53,6 = 11$$

Общее количество деталей, получаемых из целого листа, определяем по формуле (1.8) [3. стр102]:

$$N_{\text{л}} = n_{\text{д}} n_{\text{пол}} = 26 * 11 = 286 \quad (1.8)$$

Коэффициент использования материала при раскрое листа для детали круглой формы, определяем по формуле (1.9) [3. стр103]:

$$K_{\text{и}} = \frac{N_{\text{д}} F_{\text{дет}}}{F_{\text{лист}}} = \frac{286 * 1883}{600 * 1500} = 97916 / 900000 = 0.10 \% \quad (1.9)$$

*б) шахматный двухрядный вариант раскроя*

Для шахматного варианта раскроя шаг подачи будет равен:

$$A = D_0 + a_1 = 53.5 \text{ мм.}$$

Ширина полосы в этом случае равна:

$$B = D_0 + 2a + A_0 + \Delta n,$$

где  $A_0$  – расстояние между рядами

$$A_0 = (D_0 + a_1) \cos \alpha$$

$$\text{При } \alpha = 30^\circ \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad A_0 = \frac{\sqrt{3}(D_0 + a_1)}{2} = \frac{\sqrt{3}(53.5)}{2} = 46.28;$$

$$\text{Тогда } B = 52 + 2 \times 1,0 + 46.28 + 1,2 = 101.48_{-1,2}.$$

Коэффициент использования материала будет равен, по формуле (1.9) :

|      |      |          |         |      |                   |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                   | 16   |

$$\eta = \frac{2F_{\text{ааа}}}{F_{\text{сaa}}} \cdot 100\% = \frac{2F_{\text{ааа}}}{AB} \cdot 100\% = \frac{2 \times 1883}{53.5 \times 101.48} \times 100\% = 69\%.$$

При раскрое листа вдоль его длины из него получится количество, равное

$$n = \frac{1500}{101.48} = 14$$

полос длиной  $1000^{+20}$  мм.

При раскрое листа поперек его длины из него количество, равное

$$n = 600 / 101,48 = 5$$

полосы длиной  $1500^{+20}$  мм.

Коэффициент использования полосы при продольном варианте раскроя листа определим с учетом количества целых деталей, получаемых из одной полосы размерами  $56 \times 1500$ , определяем по формуле (1.10) [3. стр104]:

$$n_1 = \frac{(L_{\text{полосы}} - a_1)}{A} + \frac{(L_{\text{полосы}} - D_0/2 - a_1)}{A} =$$

$$n_1 = ((1500 - 1,5) / 1,6 * 53,5) + ((1500 - 52/2 - 1,5) / 1,5 * 53,5) = 37 \quad (1.10)$$

деталей из одной полосы по формуле (1.11) [3. стр104],

$$\eta_{\text{пол}} = \frac{F_{\text{дет}} \times n_1}{BL_{\text{полосы}}} = ((1883 \times 37) / (1500 \times 101,48)) \times 100 = 85,7\%$$

Коэффициент использования полосы при поперечном варианте раскроя листа определим с учетом количества целых деталей, получаемых из одной полосы размерами  $56 \times 600^{+10}$  мм., по формуле (1.10)

$$n_1 = \frac{(L_{\text{полосы}} - a_1)}{A} + \frac{(L_{\text{полосы}} - D_0/2 - a_1)}{A} =$$

$$n_1 = ((600 - 1,5) / (1,5 * 53,5)) + ((600 - 52/2 - 1,5) / (1,5 * 53,5)) = 18$$

деталей из одной полосы, по формуле (1.11)

$$\eta_{\text{пол}} = \frac{F_{\text{дет}} \times n_1}{BL_{\text{полосы}}} = \quad (1.11)$$

$$\eta_{\text{пол}} = (1883 \times 18) / (600 \times 101,48) = 33894 / 60888 = 65\%$$

Во втором случае коэффициент использования полосы ниже, чем в первом случае.

|      |      |            |         |      |                   |  |  |  |  |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |            |         |      |                   |  |  |  |  | Лист |
|      |      |            |         |      |                   |  |  |  |  | 17   |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ |  |  |  |  |      |

Коэффициент использования листа в первом случае будет равен, по формуле (1.12) [6. стр296]:

$$\eta_{\text{листа}} = \frac{F_{\text{пол}} n}{F_{\text{листа}}} 100\% = \quad (1.12)$$

$$n_{\text{пол}} = (101,48 \times 600 \times 14) / (600 \times 1500) = 852432 / 900000 = 94\%$$

Коэффициент использования листа во втором случае будет равен, по формуле (1.13 [6. стр296]):

$$\eta_{\text{листа}} = \frac{F_{\text{пол}} n}{F_{\text{листа}}} 100\% = \quad (1.13)$$

$$n_{\text{листа}} = (101,48 \times 1500 \times 5) / (600 \times 1500) = 761100 / 900000 = 84\%$$

В первом случае общий коэффициент использования будет равен, по формуле (1.14) [6. стр296]:

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{пол}} \eta_{\text{листа}} = 90,2\% \quad (1.14)$$

Во втором случае общий коэффициент использования будет равен, по формуле (1.15) [6. стр296]:

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{пол}} \eta_{\text{листа}} = 61\% \quad (1.15)$$

Для рационального раскроя необходимо выбрать схему расположения заготовок на полосе и расположения полос на листе стандартных размеров. Лист размером 1,0x1500x600 разрезаем гильотинными ножницами НК 3418, размерам лист на полосы :1500/56=26 полос и рассчитаем количество деталей из полосы: 600/53.5 (шаг штампа) = 11 деталей из полосы. Таким образом из листа 1,0x1500x600 мы получаем 26x11=286 деталей из листа. При штамповке деталей из полосы между соседними деталями должна быть перемычка.

Для получения детали применим однорядный прямой тип раскроя (т.к при двухрядном типе большое количество материала уходит в отход)

Для получения детали самый оптимальный вариант раскроя (с отходами) прямой однорядный, общий коэффициент использования материала =91%, ширина полосы равна 56мм.

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 18   |

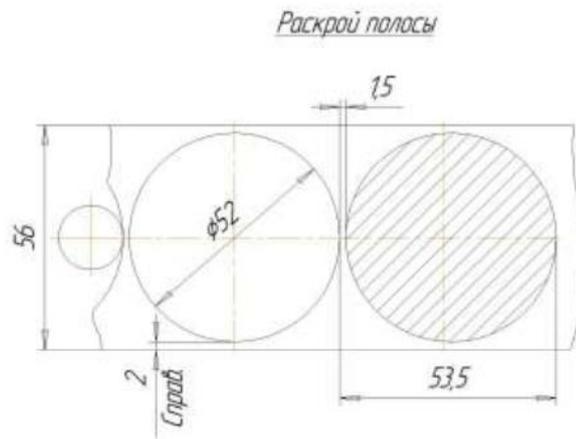


Рисунок 4 - Схема для проектирования штампа

### 2.3 Основные технологические расчеты и последовательность штамповочных операций

1. Технологическую силу разделительных операций в штампах определяют по формуле

Сила вырубki рассчитывается по формуле (1.16) [6. стр299]

$$P = L \times S \times \sigma_{cp} = 163,28 \times 1 \times 98 = 16001,44 \quad (1.16)$$

$L_1 = 201,1$  мм (для отверстия 52)

$L_2 = 14502$  мм (для отверстия 25)

$L_3 = 377,2$  (для 16 пазов)

где  $S$  – толщина штампуемого материала,  $S = 1,0$  мм;  $\sigma_{cp}$  – сопротивление срезу,  $\sigma_{cp} = 98$  МПа;  $L$  – периметр контура вырубki, мм.

Рассчитаем технологическую силу вырубki заготовки  $\varnothing 52$  мм.

Периметр контура вырубki

$$L = \pi D = 3,14 \times 52 = 163,28 \text{ мм.}$$

Усилие снятия ленты с пуансонов, рассчитываем по формуле (1.17) [6. стр299]

$$P_{сн} = K_{сн} P_{выр}, \quad (1.17)$$

где  $K_{сн}$  – коэффициент силы снятия. При толщине материала  $1 \div 5$  мм и для вырубного штампа с одним пуансоном  $K_{сн} = 0,05$ . Принимаем  $K_{сн} = 0,05$ . [6. стр300 табл.38]

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 19   |

$$P_{сн} = 0,05 \times 16 = 0,8 \text{ кН.} \quad (1.18)$$

При вырубке сжимается буферное устройство, служащее для снятия полосы с пуансона, поэтому общая сила вырубки и противодействия равна, по формуле (1.19):

$$P_{выр\Sigma} = P_{выр} + P_{сн} = 16 + 0,8 = 16,8 \text{ кН.} \quad (1.19)$$

При вырубке сжимается буферное устройство, служащее для снятия полосы с пуансона, поэтому общая сила вырубки и противодействия равна:

Так как в штампе совмещенного действия вырубка первая операция пробивки происходят на одной рабочей позиции, то суммарную силу, необходимую для выбора прессы определим по величине наибольшей силы. В нашем случае одновременно осуществляются операции вырубка пробивка.

Сила вырубки  $P_{выр} = 169 \text{ кН.}$ , а усилие вырубки  $= 19046 \text{ кг.}$  При определении суммарной силы будем учитывать из двух технологических сил большую силу вырубки, силу снятия при вырубке, силу прижима рассчитываем по формуле (1.20) [6. стр301].

$$P_{сумм} = (P_{выр} + P_{сн.выр} + Q_1 + P_{сн.выт}) \times 1,25 = 254,56 \text{ кН.} \quad (1.20)$$

Вычислим работу, необходимую для выполнения операций

$$A = P_{ср} h_p, \quad (1.21)$$

где  $P_{ср}$  – усредненная сила штамповки, кН;  $h_p$  – рабочий ход пуансона, мм.

Для вырубки заготовок из мягкой стали при толщине материала 1...2 мм  $P_{ср}$  составляет 60...70% от силы штамповки. Тогда рассчитываем по формуле (1.22) [6. стр303].

$$P_{ср} = P_{выр} \times 0,7 = 190 \times 0,7 = 118,3 \text{ кН.} \quad (1.22)$$

Рабочий ход пуансона  $h_p$  при разделительной операции равен толщине материала  $S$ . Определим запас энергии, которым должен обладать пресс при вырубке. [6. стр303]

$$A = P_{ср} h_p = 118,3 \times 2 = 236,6 \text{ кДж.} \quad (1.23)$$

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 20   |

Общий запас энергии прессы за один рабочий ход, необходимый для выполнения операций вырубки, пробивки: [б. стр303].

$$A = A_{выр} + A_{выт} = 236,6 + 1958 = 2195 \text{ кДж. (1.24)}$$

## 2.4 Схема штампа

Выбираем штамп совмещенного действия, выполняет разнообразные операции или переходы в пределах одного шага подачи материала или заготовки за один ход подвижной части штампа, исходя из точностных требований чертежа детали. Число переходов для получения детали - один. Готовая деталь получается при вертикальном перемещении матрицы (рабочих частей штампа). Поступательное перемещение полосы в горизонтальном направлении по направляющим до грибового упора, обеспечивает необходимое положение заготовки. При высокой точности штамповки преимуществом этого вида штампа является: повышенная производительность, повышенная безопасность производства. При разработке техпроцесса изготовления детали нужно выбрать схему штамповки, т.е. последовательность выполнения операций и схему штампа.

На основе расчетов и схемы штамповки выбираем штамп совмещенного действия для пробивки отверстий и вырубки детали по контуру.

По схеме штамп является:

- по роду выполняемой операции – для вырубки-пробивки;
- по совместности операции – двух операционный;
- по способу подачи и установки заготовки – штамп с ручной подачей;
- по способу воздействия на заготовку – совмещенного действия;
- по количеству одновременно штампуемых деталей – одна;
- по способу удаления деталей и отходов – с провалом через отверстие матрицы.
- по способу фиксации заготовки в штампе – с помощью упоров.

Вырубка и пробивка – наиболее распространенные технологические операции холодной штамповки. Детали изготавливают из полос в инструментальных штампах на механических или гидравлических прессах.

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТІД.ІЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 21   |

Сущность способа, который реализуется в операции вырубке-пробивки, заключается в том, что детали отделяются от заготовок (полос) одновременно по всему контуру режущими кромками пуансона и матрицы штампа, выполненными в соответствии с контурами изготавливаемых деталей.

Вырубка – полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому наружному контуру путем сдвига (среза).

Пробивка – образование в заготовке отверстия или паза путем сдвига (среза) с удалением части металла в отход.

Процесс разделения в штампах при вырубке-пробивке, в некоторой степени, аналогичен процессу резки ножницами. Пуансон и матрица в вырубном штампе выполняют те же функции, что и верхний и нижний ножи ножниц, но режущие кромки штампов могут иметь контур любой конфигурации (замкнутый или незамкнутый).

Для изготовления данной детали последовательность выполнения операций:

- 1) установить ручную полосу в рабочую зону штампа по упорам.
- 2) произвести вырубку детали за один хода ползуна прессы. Повторить переход до полного использования полосы.
- 3) удалить деталь из штампа
- 4) положить использованную полосу в тару
- 5) технический контроль за исполнителем.
- 6) лист не должен иметь механических повреждений- контроль визуально
- 7) высота заусенцев должна быть не более 0,05мм - контролировать 2-3 раза в смену
- 8) контроль толщины материала (толщина должна быть не менее 0,9мм) - не менее чем в 3-х точках на длине листа
- 9) контроль толщины вырубленного листа 10% от партии
- 10) маркировать этикеткой партию деталей в единице тары

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 22   |

## 2.5 Общие технологические требования к конструкции плоских деталей, полученных вырубкой и пробивкой:

- 1) необходимо избегать сложных конфигураций с узким и удлиненным вырезами контура и прорезями ( $b \leq 2S$ );
- 2) при применении цельных матриц сопряжения в углах внутреннего контура необходимо выполнять  $r \geq 0.5S$ ;
- 3) сопряжение сторон наружного контура выполняется круглыми лишь в случаи вырубки по всему контуру;
- 4) наименьшие размеры пробиваемых отверстий  $0,8S$ ;
- 5) наименьшее расстояние от края отверстия до прямоугольного контура не меньше  $S$  для круглых отверстий, не меньше  $1,5S$ , если отверстие параллельно контуру детали.

## 2.6 Определение центра давления штампа

Определение центра давления является очень важной задачей, так как ось равнодействующей усилий штампа должна совпадать с осью хвостовика штампа [22]. Иначе может возникнуть перекося штампа, неравномерность зазоров между матрицей и пуансонами, износ направляющих колонок прессы и даже поломка штампа. Определению координат центра давления штампа предшествует определение координат центра давления отдельных штампуемых деталей. Т.к. у нас штамп совмещенного действия, то центр давления совпадет с центром масс.

## 2.7 Расчет параметров оборудования

Пресс для вырубки и пробивки выбираем с учётом потребной силы для разделительных операций, которая определяется как [6. стр306]:

$$P_{\text{ПОТР.}} = P_{\text{общ}} = 254,56 \text{ кН.}$$

Кривошипный пресс кд2330 на сегодня считается одним из наиболее часто применяемых прессов, которые зарекомендовали себя как надёжное и прочное промышленное оборудование, при правильном уходе и эксплуатации которое прослужит длительный период времени. Пресс кд2330 обладает номинальным усилием 100 кН, благодаря чему устанавливается на крупных заводах и цехах,

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТЦД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 23   |

строительных участках, а также на предприятиях, которые занимаются заготовкой металлических деталей для различного использования их в машиностроении.

С помощью станка возможно выполнять различные операции методом холодной штамповки, например, вырубку, гибку, обрезку, неглубокую вытяжку, формовку, пробивку и др. Благодаря широкому спектру выполняемых операций, прессовое оборудование считается универсальным.

### **Особенности конструкции**

Пресс кривошипный КД 2330 оснащён чугунной станиной С-образной формы, которая способна выдерживать большие нагрузки. В процессе штамповки уже готовые детали проваливаются в специальное окно рабочего стола станины, которое обладает увеличенными размерами. Угол наклона станины – до 30 градусов. Открытый наклоняемый пресс простого действия имеет чугунный ползун коробчатой формы, регулирование хода которого необходимо производить вручную.

Станок обладает комбинированной системой подачи смазочного материала. Имеется централизованная система смазки, а также производится ручной тип смазывания трущихся частей оборудования с помощью шприца, маслёрки и использования густой закладной смазки.

Кривошипный шатунный пресс кд2330 обладает такими встроенными механизмами:

- Регулировка штампового пространства;
- Конструкция наклона литой станины;
- Предохранительные механизмы;
- Указатель верхнего расположения ползуна.

### **Преимущества прессы**

Оборудование способно обрабатывать металлические заготовки больших величин благодаря увеличенным размерам стола и ползуна. В рабочем процессе можно использовать многопозиционные штампы.

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 24   |

Управление станком производится двумя способами:

- С помощью кнопки;
- При воздействии на педаль.

Как и другие модели станков серии кд, пресс механический кривошипный кд2330 имеет четыре типа режима работы: одиночный и непрерывный ход, ручной поворот и наладочно-толчковый режим. Станок оснащён пневматическим уравнивателем ползуна, благодаря которому возможно надёжно зафиксировать подвижную часть при возникновении аварийной ситуации. Пневматическая муфта-тормоз, которая установлена на прессе, хорошо сбалансирована и позволяет производить точную настройку штамповочных зазоров.

Перед тем, как купить кд2330 рекомендуется подготовить производственное помещение под станочное оборудование, а именно:

- Обеспечить бесперебойное электропитание общей сети;
- Создать прочное основание в виде фундамента;
- Обеспечить комфортный подход к оборудованию и произведению рабочего цикла.

Благодаря высокой точности проведения работ холодной штамповки, пресс кд2330, технические характеристики которого позволяют работать с листовым металлом различной толщины, применяется в самых разнообразных сферах производства. Станок возможно дополнить вспомогательным оснащением, что позволит автоматизировать рабочий цикл изготовления металлических деталей.

### ***Определение хода ползуна пресс***

Основным оборудованием в листовой штамповке являются кривошипные прессы простого и двойного действия, выбор которых производится по основным техническим параметрам: силе, величине хода, частоте рабочих ходов, межштамповому пространству, размерам рабочих частей ползуна и стола прессы.

При вырубке из плоской заготовки, величина рабочего хода прессы равна высоте получаемого стакана за вычетом толщины заготовки

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 25   |

$$h_p = H_{\partial} - S + R_s + a = 29.7 - 2 + 6 + 2 = 36$$

Технологический ход ползуна прессы при вытяжке деталей с удалением детали обратным выталкиванием из матрицы будет

$$h_m = h_p + H_g + h_3,$$

где  $h_3$  – зазор безопасности,  $h_3 = 10$  мм.

$$h_m = 36 + 28 + 10 = 74 \text{ мм.}$$

Принимаем общий ход равным 74 мм.

### **Закрытая высота штампа**

Штамп проектируется в его нижнем рабочем положении (ГОСТ 2424-80). В таком положении наилучшим образом увязывается взаимодействие рабочих элементов, прижимающих и удаляющих детали штампа. При этом исключается возможность конструктивных ошибок по несогласованности верхней и нижней частей штампа. Высота штампа в нижнем рабочем положении называется закрытой высотой штампа ( $H_{um}$ ). Закрытая высота штампа должна быть увязана с межштамповым пространством прессы (расстоянием между столом и ползуном в его нижнем положении). Штамп проектируется на конкретный пресс. Выбор прессы для штамповки производится исходя из соответствия параметров прессы и технологических особенностей штамповочной операции. Межштамповое пространство прессы должно быть связано с закрытой высотой штампа следующим соотношением:

$$(H_{OB}^{MAX} - 5...10) > H_{um} > (H_{OB}^{MIN} + 5...10),$$

где  $H_{max}$  – наибольшее расстояние между подштамповой плитой и ползуном прессы в его нижнем положении при верхнем положении регулировки и при наибольшем ходе (рисунок 2.8),

$H_{min}$  – наименьшее расстояние между подштамповой плитой и ползуном прессы в его нижнем положении при верхнем положении регулировки и при наибольшем ходе, т.е.  $H_{min} = H_{max} - \delta_{ш}$ ; где  $\delta_{ш}$  – величина регулировки длины шатуна и хода ползуна.

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 26   |

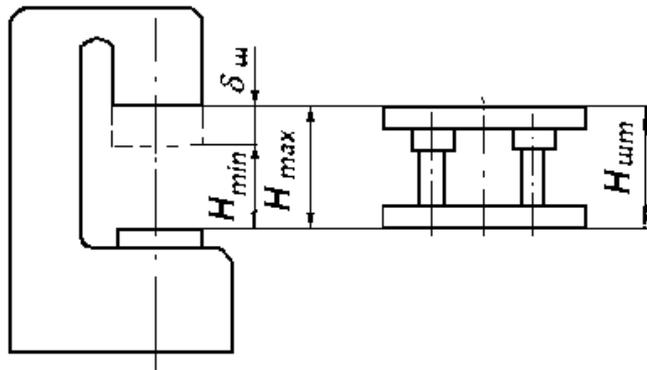


Рисунок 5- Схема для определения меж штампового пространства прессы и закрытой высоты штампа

При заданном ходе ползуна  $h_0$  на пресс может быть установлен штамп с закрытой высотой, величина которого находится в пределах (1.25) [6. стр308]:

$$H_{ОБ}^{MIN} = H - H_{пл} - \delta_{ш} + (h_{MAX} - h) / 2 \quad (1.25)$$

$$\text{до } H_{ОБ}^{MAX} = H - H_{пл} + (h_{MAX} - h) / 2,$$

где  $H$  – наибольшее расстояние между неподвижным столом и ползуном при нижнем положении и наибольшем ходе, мм;

$H_{пл}$  – толщина под штамповой плиты, мм;

$\delta_{ш}$  – величина регулировки длины шатуна, мм;

$h_{MAX}$  – величина наибольшего хода, мм;

$h$  – заданный ход ползуна, мм.

$$H_{ОБ}^{MIN} = 340 - 80 - 80 + (100 - 74) / 2 = 192 \text{ мм},$$

$$H_{ОБ}^{MAX} = 340 - 80 + (100 - 74) / 2 = 272 \text{ мм}$$

Закрытая высота штампа для вырубки, пробивки, от бортовки и вытяжки должна лежать в пределах, ранее определенных:

$$\text{от } 197 + (5 \dots 10) \text{ до } 277 - (5 \dots 10),$$

следовательно, закрытая высота штампа (ЗВШ)  $H_{шт} = 260$  мм удовлетворяет неравенству.

Полный рабочий ход технологической операции удовлетворяет максимальному ходу ползуна  $h_{MAX}$  прессы [6. стр309]

$$h = 74 < h_{MAX} = 150 \text{ мм.}$$

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 27   |

Для снятия плоской заготовки при вырубке предусмотрен подвижный съёмник.

Закрытая высота штампа для вырубки, пробивки, должна лежать в пределах, ранее определенных:

от  $245 + (5 \dots 10)$  до  $645 - (5 \dots 10)$ ,

следовательно, закрытая высота штампа (ЗВШ)  $N_{шт} = 260$  мм удовлетворяет неравенству.

### **Основные технические характеристики прессы КД2330**

#### **Технические характеристики**

- Номинальное усилие, кН 1000
- Номинальное усилие, тс 100
- Ход ползуна, мм 25-130
- Расстояние между столом и ползуном, мм 400
- Расстояние от оси ползуна до станины, мм 320
- Расстояние между стойками в свету, мм 400
- Размер стола, мм 560x850
- Размеры отверстия в столе, мм 420x280x360
- Частота ходов ползуна, мин-1 95
- Регулировка расстояния между столом и ползуном, мм 100
- Угол наклона станины, град 30
- Толщина под штамповой плиты, мм 100
- Масса, кг 9600
- Габаритные размеры, мм 1750x2360x3180

Технологический процесс изготовления детали «Лист ротора крайний» представлен в таблице 3

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТЦД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 28   |

Таблица 3

| № операции | Наименование операции | Тип штампа            | Принятое оборудование (модель, ном. сила) | Потребная сила, кН |
|------------|-----------------------|-----------------------|---|--------------------|
| 1          | Отрезка               | -                     | Ножницы гильотинные типа НК 3418          |                    |
| 2          | Вырубка Пробивка      | Совмещенного действия | КД2330, Q=100тс.                          | 247,25             |

## 2.8 Выбор схемы штамповки

### Выбор технологической схемы штампа

Выбираем штамп с направляющими колонками, так как колонки обеспечивают более надёжное направление по сравнению с направляющей плитой.

Отходы от пробивки отверстий удаляется на провал через окно в пуансон – матрице в нижней плите штампа. Отход от вырубке по контуру удаляется в виде остатков полосы вручную.

Из-за сил трения между деталью и рабочими поверхностями штампа, а также из-за напряжения сжатия заготовки, возникающего при пробивке-вырубке под рабочими плоскостями пуансонов, заготовка остается на пуансонах. Чтобы снять ее применяется съёмник. Он снимает заготовку при обратном ходе хвостовика. Выбираем подвижный съёмник.

Полоса подается справа налево до грибового упора. Затем происходит ход пуансона, пробиваются три отверстия, происходит вырубка по контуру. Отходы при пробивке удаляются через провальное окно в пуансон – матрице, деталь после вырубке извлекается пинцетом.

## 2.9 Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа

### Блоки штампов. Требования к точности блоков

Штамп состоит из двух основных сборочных единиц - блока и пакета. Блок

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
|      |      |            |         |      |                   | 29   |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   |      |

служит для крепления пакета и совмещение рабочих деталей штампа во время штамповки. Он состоит из верхней и нижней плиты, направляющих колонок и втулок. Для штампа небольшого размера в состав блока входит еще и хвостик.

Чем больше число направляющих пар, тем выше точность блока.

Блоки штампов листовой штамповки изготавливают по рем классам точности в соответствии с ГОСТ 13139-74 «Блоки штампов для листовой штамповки. Нормы точности»:

- первый – для блоков штампов с шариковыми направляющими;
- второй – для блоков штампов с направляющими скольжения с предельными отклонениями диаметра направляющих колонок по h5 и втулок по h6;
- третий – для блоков штампов с направляющими скольжения с предельными отклонениями диаметра направляющих колонок по h6 и втулок по H7.

Базовыми поверхностями для проверок блоков являются нижняя плоскость нижней плиты и верхняя плоскость верхней плиты блока. Отклонение от плоскости верхней плиты блока не должны превышать значений 40мкм.

Отклонения от перпендикулярности колонок относительно базовой поверхности нижней плиты блока не должны превышать 25мкм.

Отклонения от параллельности базовых поверхностей верхней и нижней плиты блока не должны превышать больше чем 100мкм.

Отклонения межосевых расстояний отверстий под направляющие колонки и втулки в комплекте нижних и верхних плит не должны превышать больше чем 12мкм.

### **Направляющие элементы блока.**

Направляющие элементы блока предназначены для обеспечения высокоточного совпадения рабочих частей верха штампа с рабочими частями низа. Они должны обладать высокой точностью и жесткостью, достаточной стойкостью и удобством в эксплуатации. Требования к точности и жесткости определяются характером технологической операции, величиной зазора между

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТЦД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 30   |

инструментами, а также конструкцией и габаритами размерами штампа.

Направляющие элементы, которые применяются для штампа совмещенного действия это скольжение, их изготавливают цилиндрическими как наиболее точные и технологичные в изготовлении.

Рабочие поверхности их обрабатывают с шероховатостью по поверхности по 8-10 классу (Ra от 0,63 до 0,16мкм). Колонку делают гладкой, а втулку - с канавками для смазки. Для смазки направляющей пары скольжения используют преимущественно густую смазку, которую периодически наносят на колонку. Она задерживается в канавках втулки.

При выборе колонок и втулок необходимо соблюдать следующее условие: при положении штампа в крайнем верхнем положении колонка не должна терять контакта с втулкой.

Колонки в втулки изготавливают по системе отверстия. Которую часть колонок с проточной запрессовывают в плитку, а длинную – пригоняют по посадке с минимальным зазором с втулкой.

Основными методами соединения цилиндрических направляющих с плитами блока являются запрессовка их с определенным натягом. Величина натяга зависит от принятого класса посадки. Для преобладающего большинства колонок и втулок применяют посадку H7/s6 как наиболее доступную и приемлемую для изготовления штампов. Минимально допускаемая глубина запрессовки  $(0,8-1,0) d$ . От относительной глубины запрессовки направляющего элемента зависит не только прочность соединения, но и перпендикулярность к плоскости плиты. Чем глубже запрессовка, тем больше возможность высокоточной посадки.

Рабочая часть направляющей пары скольжения пригоняется по посадкам H/h. Качество точности назначают в зависимости от выполняемой технологической операции в нашем случае вырубкой/пробивкой, конструкции штампа и степени точности штампуемой детали. При выполнении разделительных операций необходимо соблюдать условие – зазор между

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 31   |

колонкой и втулкой не должен превышать половины режущего зазора (в нашем случае условие выполнимо). Для металлов толщиной до 3мм это условие обеспечивается посадками H7/h6.

Направляющие колонки и втулки изготавливают из сталей ШХ 15 с последующей цементацией поверхностного слоя на глубину 0,8-1,2мм и закалкой до твердости 59-63 HRC. После такой термической обработки колонки и втулки имеют вязкую середину и твердую поверхность, что обеспечивает их высокую износостойкость при необходимой прочности. Предельные отклонения диаметров направляющих колонок и втулок для блоков с направляющими скольжения должны соответствовать полю допуска h6 и H7- для блоков третьего класса.

### **Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа для вырубки**

При вырубке вначале определяют размер матрицы, а размер пуансона определяется по фактическому размеру матрицы с учетом допуска, по формуле (2.1), (2.2) [6. стр310]

$$D_M = (D_H - P)^{+\delta_M} \quad (2.1)$$

$$d_n = (D_M - z)_{-\delta_n} \quad (2.2)$$

где  $D_H$  - номинальный (чертежный) размер изделия;  $\Delta$  - допуск на точность изготовления изделия;  $P$  - припуск на износ;  $P = (0,5...0,8)\Delta$ ,  $z=0,1$  мм - зазор на резку,  $\delta_n$  и  $\delta_M$  - допуски на неточность изготовления пуансона и матрицы, соответственно.

Точность изготовления инструмента – 7 квалитет точности. Исполнительный размер пуансона и матрицы для вырубки будут равны:

$$D_M = (D_H - P)^{+\delta_M} = 94^{(+0,01)} \text{ мм,}$$

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 32   |

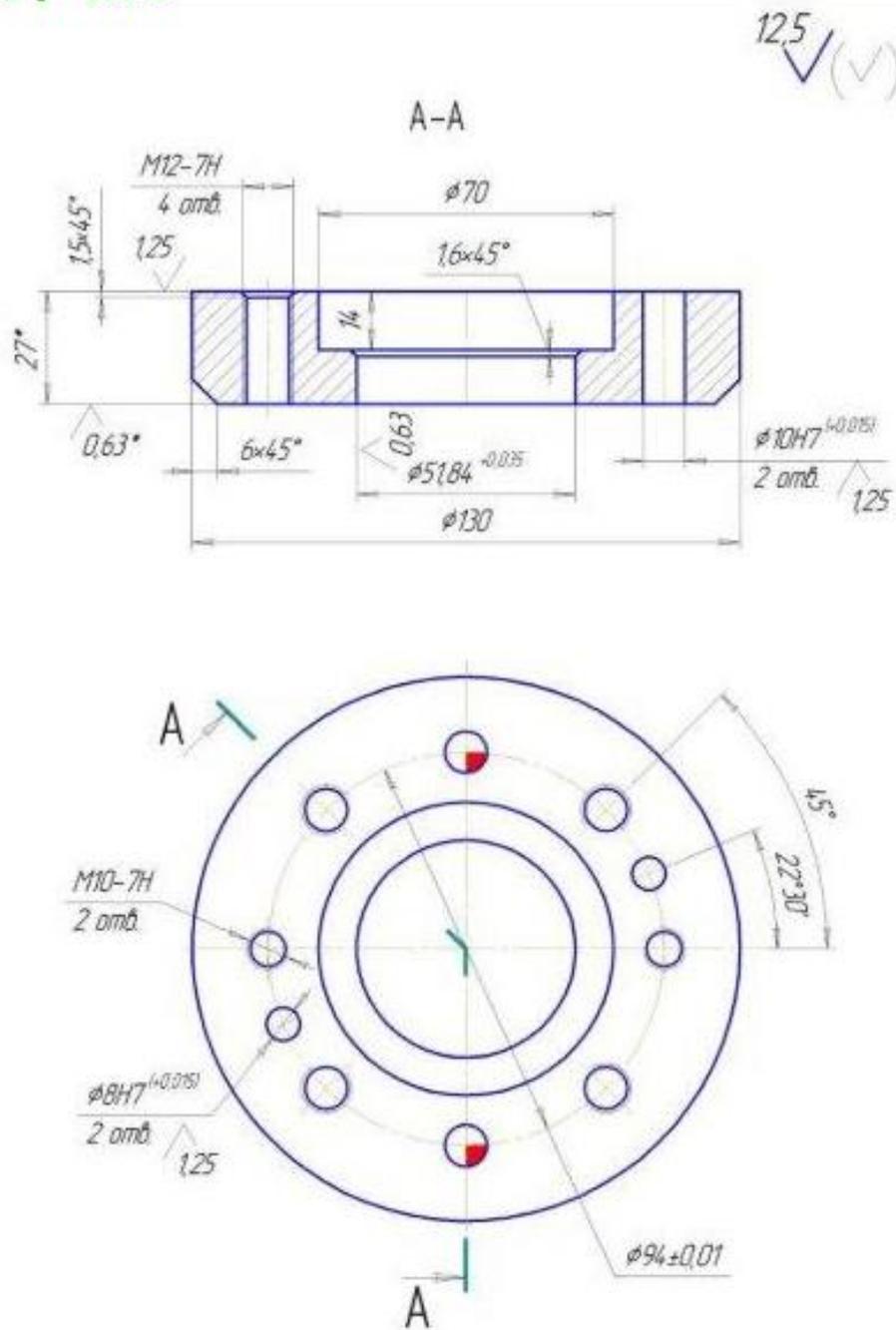


Рисунок 6 – Конструкция матрицы для вырубки

Число винтов определяется из условия, что расстояние между двумя винтами не должно превышать 90мм. Диаметры винтов и штифтов выбираются из [3,стр.77], учитывая габаритные размеры матрицы и технологическое усилие Р выбираем винт М12-6g ГОСТ 11738-84, т.к. он удовлетворяет все наши требования и штифты ГОСТ 3128-70

Координаты винтов и штифтов для крепления матрицы выбираем из справочника [3,стр.77].

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТЦД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 33   |

Диаметр отверстия под винт  $d_{o.в} = d_в + 1 = 10 + 1 = 11$  мм,

где  $d_в = 10$  мм - диаметр стержня винта;

Диаметр углубления под головку винта  $D_{o.в} = D_в + 2 = 16 + 2 = 18$  мм,

где  $D_в = 16$  мм – диаметр головки винта.

Для пробивки-вырубки данной детали используются 2 вида пуансонов: пуансоны для пробивки двух круглого отверстия  $d=30$ мм, пуансон для пробивки 16 пазов и пуансон для вырубки, повторяющий форму детали.

Пуансоны для круглых отверстий изготавливаются по ГОСТу. В нашем случае: для пробивки отверстия  $d= 46,2$ используем пуансон по ГОСТ 16621-80. Находим  $H_п = 56$ мм,  $D_п=12$ мм(посадочный диаметр),  $D_{п1}=16$ мм (диаметр головки пуансона) [3, т.25, стр.96]; для пробивки отверстия  $d=18$  используем пуансон по ГОСТ 16621-80. Находим  $H_п = 56$ мм,  $D_п=12$ мм(посадочный диаметр),  $D_{п1}=16$ мм (диаметр головки пуансона)/В пуансоне для вырубки форма сечения по всей длине одинакова. Посадочная часть является основной частью, по которой необходимо подгонять отверстие пуансонодержателя.

Материал пуансонов Сталь Х12 МФ ГОСТ 5950-200

### Проверка на сжатие

Проверку на сжатие осуществляют с учетом продольного изгиба в следующей последовательности.  $[\sigma_{сж}] = 640$  МПа

Вначале определяют коэффициент  $\mu$ , зависящий от условной гибкости пуансона и учитывающий возможную потерю устойчивости пуансона. Для пуансонов некруглого сечения этот коэффициент зависит от параметра:

$$\mu = \frac{0,7 \cdot h_п \cdot \sqrt{F_{раб}}}{\sqrt{I}}, \quad (2.3)$$

где  $F_{раб}$  – площадь сечения рабочей части пуансона, мм<sup>2</sup>;

$I$  – минимальный осевой момент инерции поперечного сечения рабочей части пуансона, мм<sup>4</sup>.  $h_п$  - длина рабочей части пуансона, мм.

Для пуансонов с круглым поперечным сечением по формуле(2.4)[6. стр152].

$$\mu = 2,8 (h_п/d_п), \quad (2.4)$$

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 34   |

$h_{\text{п}}$  - длина рабочей части пуансона, мм.

$d_{\text{п}}$  - диаметр рабочей части пуансона, мм.

Далее по  $\mu$  из таблицы выбираем  $\varphi$ . Затем:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{\varphi \cdot F_k}, \quad (2.5)$$

где  $F_k = \pi \cdot a_k (d_{\text{п}} - a_k)$ . Момент инерции нашли с помощью графического редактора КОМПАС: Для вырубного пуансона  $I = 132914 \text{ мм}^2$  Тогда для вырубного пуансона:

$$\mu = \frac{0.7 \cdot 32 \cdot \sqrt{1386.9}}{\sqrt{132914}} = 2,288 \quad (2.6)$$

$$\varphi = 1$$

$$a_k = 0.15 \cdot 76 = 11,4$$

$$F_k = 3.14 \cdot 11.4(76 - 11.4) = 2312,4216 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{267633}{1 \cdot 2312,4216} = 115,73 \text{ МПа}$$

Тогда для пробивного пуансона  $d=9$ :

$$\mu = \frac{2.8 \cdot 16}{9} = 4,97$$

$$\varphi = 0.8$$

$$a_k = 0.3 \cdot 9 = 2,7$$

$$F_k = 3.14 \cdot 2.7(9 - 2.7) = 53.41 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{18507}{0.8 \cdot 53.41} = 433,14 \text{ МПа}$$

Тогда для пробивного пуансона  $d=18$ :

$$\mu = \frac{2.8 \cdot 16}{18} = 2,49$$

$$\varphi = 1$$

$$a_k = 0.25 \cdot 18 = 4,5$$

$$F_k = 3.14 \cdot 4.5(18 - 4.5) = 190,75 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{29630}{1 \cdot 190.75} = 155,33 \text{ МПа}$$

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 35   |

Поскольку  $\sigma_{сж}$  пуансонов меньше  $[\sigma_{сж}]$ , следовательно пуансоны подходят для данных условий работы.

## 2.5 Проверка на смятие

Расчет проводят по формуле (2.7):

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{гол}} \quad (2.7)$$

где: P-усилие, воспринимаемое пуансоном;

F-площадь опорной поверхности головки,  $[\sigma_{см}] = 400$  МПа.

а) пробивной пуансон  $d = 9$  мм

$$F_{гол} = 200,96 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{18507}{200,96} = 92,02 \text{ МПа}$$

б) вырубной пуансон

$$F_{гол} = 15386 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{267633}{15386} = 17,40 \text{ МПа}$$

в) пробивной пуансон  $d = 18$  мм

$$F_{гол} = 254,34 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{29630}{254,34} = 116,50 \text{ МПа}$$

Поскольку  $\sigma_{см}$  пуансонов меньше  $[\sigma_{см}]$ , следовательно пуансоны подходят для данных условий работы.

Исходя из габаритных размеров матрицы 1, подбираются габаритные размеры нижней плиты 5 и выбирается блок.

## 2.10 Проектирование направляющих и фиксирующих элементов штампа

Размещение основных элементов штампа в его рабочей зоне

При проектировании штампов совмещенного действия координаты отдельных пуансонов и матриц (элементы матрицы), а также других деталей расположенных в рабочей зоне штампа и обеспечивающих заданное положение исходной заготовки относительно матрицы, определяют только в зависимости от

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 36   |

расположения соответствующих элементов штампуемой детали. При проектировании штампа совмещенного действия указанные значения координат определяют с учетом ряда дополнительных условий в зависимости от сочетания примененных средств, обеспечивающих шаговую подачу и фиксацию исходной заготовки.

Конструирование съемника. Подвижный съемник, предназначенный для съема полосы с пуансон-матрицы, выполняется с отверстием, повторяющим контур соответствующего пуансон-матрицы с зазором, определяемым по табл.28 [3, с.113.]. Исходя из толщины и  $\sigma_s$  штампуемого материала, принимаем  $z_c = 1.67$  мм.

Высоту съемника назначаем конструктивно  $H_c = 16$  мм.

Высоты направляющих штифтов назначаем 24 мм. Всего необходимо 6 штифтов.

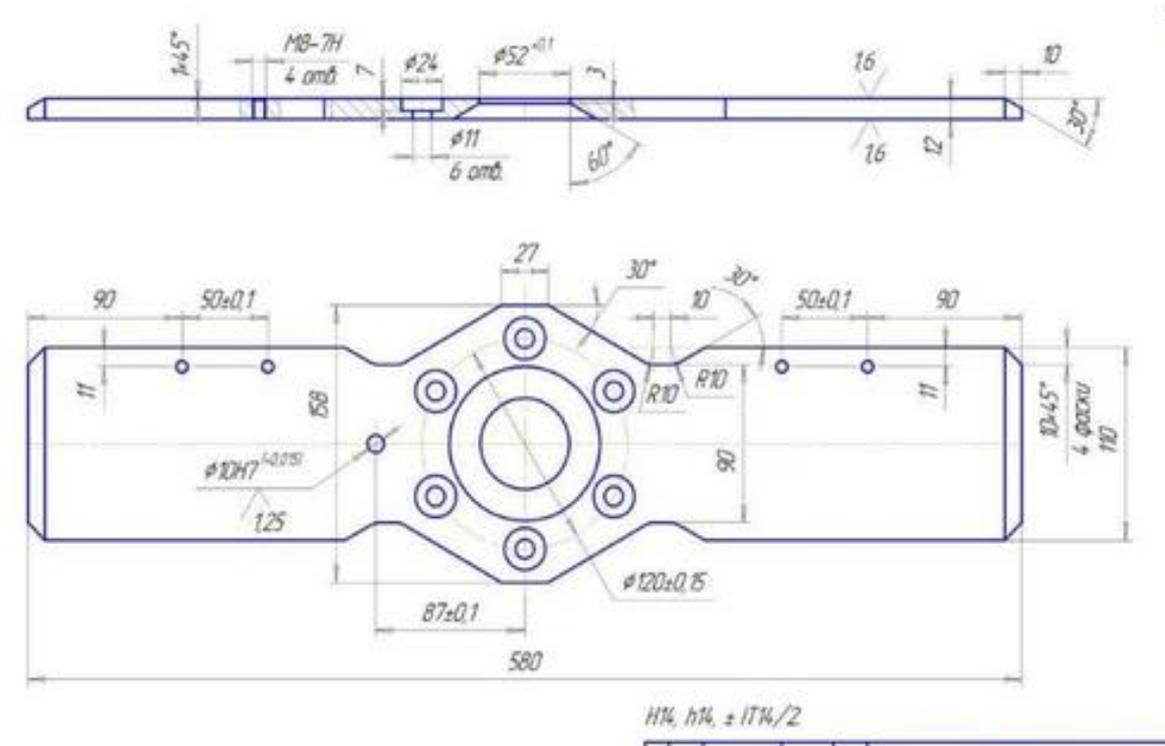


Рисунок 9 – Съемник

## 2.11 Допуски и посадки в сопрягаемых элементах штампа

|      |      |            |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|------------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |            |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |            |         |      |  |  |  |  | 37   |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

Разрабатываемый штамп должен обеспечить получение детали в соответствии с технической документацией, безопасность работы и возможность ремонта. Штамп должен удовлетворять так же ряду специальных требований, оговариваемых технологическими условиями.

Поэтому по [3] назначим следующие допуски и посадки:

- нижняя плита и направляющая колонка: посадка с натягом S7/h6;
- верхняя плита и втулка: посадка с натягом H7/s6;
- направляющая колонка и втулка: скользящая посадка H7/h6;
- пуансоны и пуансонодержатель: посадка с натягом N7/m6;
- штифты: посадка с натягом H7/n6;
- винты: посадка с натягом H7/g8;
- хвостовик и верхняя плита: посадка с натягом H7/s6;

## 2.12 Определение центра давления штампа

Для правильной уравновешенной работы штампа необходимо ось хвостовика располагать в центре давления штампа. В противном случае в штампе возникают перекосы, несимметричность зазора, увеличивается износ направляющих элементов штампа, быстро притупляются режущие кромки и выходят из строя рабочие детали штампа.

Определение центра давления штампа следует проводить для штампов простого действия с несколькими несимметрично расположенными относительно осей пуансонами, а также штампов последовательного действия. Для штампов простого действия с одним пуансоном и штампов совмещенного действия центр давления не определяют, так как рабочий инструмент в них располагают на оси, которая является линией действия равнодействующей всех сил.

## 2.13 Узлы и детали штампов

Штамп – технологическая оснастка для обработки давлением, под воздействием которой заготовка приобретает форму и размеры,

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 38   |

соответствующие поверхности или контуры рабочих органов штампа. Штамп содержит нижнюю часть, прикрепляемую к неподвижному (нижнему) рабочему органу прессы, и верхнюю – прикрепляемую к подвижному (верхнему) рабочему органу прессы.

Штамп состоит из двух основных сборочных единиц – пакета (комплекта деталей, обеспечивающих выполнение заданных операций штамповки) и блока (рис. 2.4) - узла, предназначенного для крепления пакета и совмещения его рабочих органов при штамповке.

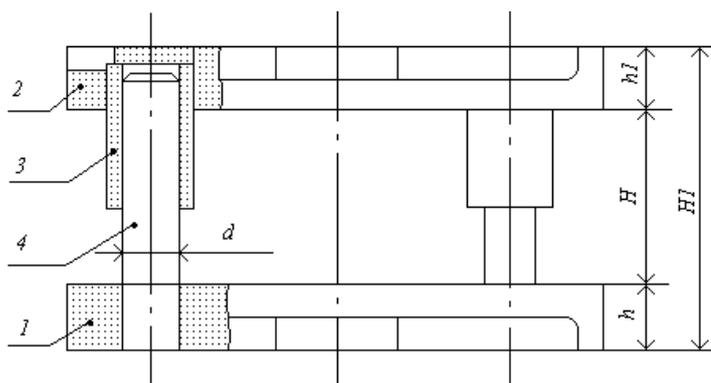


Рисунок 8 - Блок штампа:

1 – плита нижняя; 2 – плита верхняя; 3 – втулка; 4 – колонка

Детали штампов подразделяются на две основные группы: технологического и конструктивного назначения. К первым относятся рабочие детали; фиксирующие детали, обеспечивающие необходимое положение заготовки во время выполнения операции (ловители, фиксаторы, упоры); прижимающие и удаляющие детали (прижимы, съемники, выталкиватели и т.д.). Ко вторым относятся опорные и держащие детали (плиты, пуансонодержатели и т.п.), направляющие (колонки, втулки), крепежные и прочие детали.

Плиты служат для монтажа всех деталей штампа. Верхняя плита, на которой смонтированы подвижные части штампа, крепится к ползуну прессы. На нижней плите, укрепленной на под штамповой плитой прессы, монтируется неподвижная часть штампа. В конструкциях плит предусматриваются элементы крепления; отверстия, пазы, полки и посадочные места для хвостовиков.

Надежное направление верхней части штампа относительно нижней обеспечивают колонки и втулки. Направляющие колонки и втулки выбираются соответственно по ГОСТ 13119-83 и ГОСТ 13121-83. Длина колонок зависит от закрытой высоты штампа, диаметр колонок – габаритов штампа и силы штамповки.

Размер направляющих узлов можно выбрать, основываясь на габаритных размерах нижней плиты штампа и действующей на неё силы  $P$ . При этом, если конструктивно определено, что в штампе следует применить два диагонально расположенных направляющих узла, то минимальный диаметр направляющей колонки  $d_{нк}$  можно ориентировочно вычислить по следующей эмпирической формуле (2.8):

$$d_{нк} = 0,5\sqrt{F_{пл} + 70}\sqrt[8]{P} \quad (2.8)$$

где  $F_{пл}$  - площадь опорной поверхности плиты, см<sup>2</sup>;

$P$  – суммарная сила, действующая в штампе, кН.

$$d_{нк} = 0,5\sqrt{F_{пл} + 70}\sqrt[8]{P/100} = 0,5\sqrt{32 \cdot 32 + 70} \cdot \sqrt[8]{(247000)/100} = 39 \approx 40 \text{ мм}$$

При диагональном расположении направляющих узлов минимальный диаметр колонки  $d_{нк}$  может быть принят равным 32 мм, из конструктивных соображений принимаем  $d_{нк} = 40$  мм.

### ***Крепление штампа к ползуну и столу прессы***

Точность и надежность работы штампа зависит от правильного выбора конструкции деталей и узлов, соединяющих штамп с ползуном прессы–хвостовиком. Он закрепляется в верхней плите штампа при помощи фланца, буртика, резьбы и т. д. Для крепления верхней половины штампа к ползуну прессы используем хвостовик с фланцем. Он обеспечивает наиболее жесткое крепление и достаточную точность расположения верхней части штампа относительно нижней. Так как диаметр отверстия в ползуне прессы КД2328 равен 50 мм, выбираем хвостовик с фланцем по ГОСТ 16718-71 №1034-0756 со следующими основными размерами: диаметр хвостовика  $d_{хв} = 50$  мм; диаметр центрального

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 40   |

отверстия для выталкивателя  $d_0 = 17$  мм; диаметр фланца  $D_{фл} = 119$  мм; расположение отверстий во фланце относительно оси  $D'_{фл} = 94$  мм; высота фланца  $h_{хв} = 20$  мм; общая длина хвостовика  $L_{хв} = 75$  мм. Хвостовик крепится к верхней плите штампа винтами М12-6g×30.88 ГОСТ 11738-84 в количестве 4 штук. Смещение осей отверстий от номинального расположения - не более 0,2 мм. Материал - сталь марки 45 по ГОСТ 1050-88.

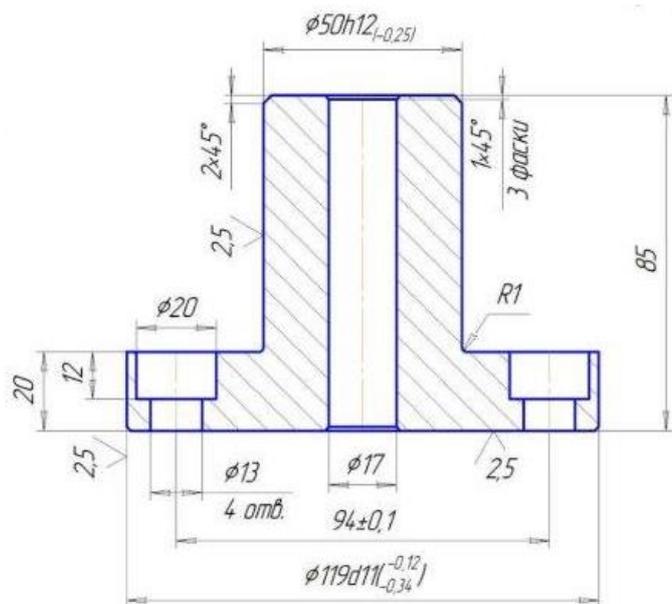


Рисунок 9 - Хвостовик

### Выбор пакета

Пакетами называются комплекты рабочих деталей штампа (пуансонов и матрица) с пуансонодержателями, заготовки матриц и съёмников без направляющих устройств. Пакеты применяются для установки на стандартные блоки с направляющими колонками, а также как сменные пакеты штампа на универсальных блоках.

Для съема отходов ленты используем подвижный съёмник с винтовыми пружинами для снятия полосы с пуансона после вырубке заготовки. Для снятия детали с пуансона после вытяжки применим съёмник с резиновым буфером. Удаление детали из матрицы выполняем выталкивателем с приводом от траверсы ползуна прессы.

Наибольший двусторонний зазор между съёмником и пуансоном для

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 42   |

вырубки назначают в зависимости от толщины и механических свойств штампуемого материала. При  $S=1,1..1,5$  мм и  $\sigma_{ср}=200$  МПа  $z_c=0,8$  мм [2]. При превышении зазора сверх рекомендуемого происходит затягивание материала при подъеме пуансона.

Для ограничения подачи полосы или ленты на рабочую позицию штампа используются упоры. Для фиксации ленты применим стандартный постоянный (неподвижный) упор по ГОСТ 18745-93.

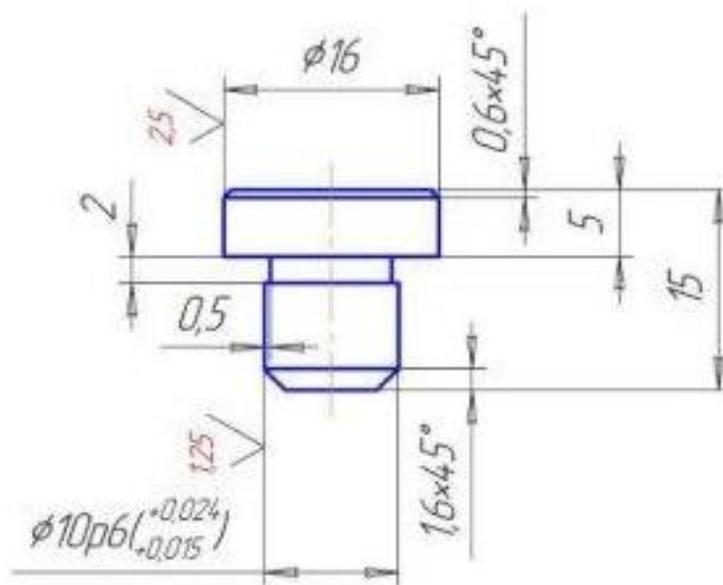


Рисунок 10 - Упор

## 2.14 Выбор материала и требования к точности изготовления сопрягающихся деталей штампа

На выбор материала непосредственно влияет конфигурация и материал штампуемой детали, цена, программа выпуска деталей. Марки материалов, применяемые для изготовления различных деталей штампа приведены в таблице 4

|      |      |            |         |      |  |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|--|-------------------|------|
|      |      |            |         |      |  | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |  |                   | 42   |

Таблица 4 – Марки материалов и нормы твердости деталей штампа

| Деталь                 | Марка                          | Твердость |
|------------------------|--------------------------------|-----------|
| Пуансонодержатель      | Ст3 ГОСТ 380-2005              |           |
| Плита подкладная       | Сталь 45 ГОСТ 1050-88          |           |
| Плита верхняя и нижняя | Ст3 ГОСТ 380-94                |           |
| Пуансон-матрица        | Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000     | 58...62   |
| Упор                   | Сталь У8-1050-00002            | 48...53   |
| Направляющая           | Сталь 45 ГОСТ 1050-88          |           |
| Выталкиватель          | Сталь 45 ГОСТ 1050-88          | 40...45   |
| Съемник                | Сталь 45 ГОСТ 1050-88          |           |
| Пружина                | Проволока Б-2-1,6 ГОСТ 9389-75 |           |
| Пружина съемника       | Проволока Б-2-5 ГОСТ 9389-75   |           |
| Сепаратор              | Полиамид ПА610 ГОСТ 10589-73   |           |
| Шпонка                 | Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000     | 58...62   |
| Гайка                  | Сталь 45 ГОСТ 15050-88         |           |
| Хвостик                | Сталь 45 ГОСТ 1050-88          |           |
| Втулка                 | Сталь ШХ15 ГОСТ 801-78         | 58...62   |
| Колонка                | Сталь ШХ15 ГОСТ 801-79         | 60...63   |

## 2.15 Расчет промежуточных прокладок

Между пуансонодержателем и верхней плитой находится промежуточная прокладка (подкладная плита), которая предохраняет плиту от смятия, если давление, передаваемое головкой пуансона на плиту, превышает допустимое давление (для стальных плит 100 МПа).

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{гол}}, \quad (2.9)$$

где  $P$  – технологическая сила, Н;  $P = 247000$  Н;  $F$  – площадь поверхности головки пуансон-матрицы, мм<sup>2</sup>.

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times (110^2 - 57^2)}{4} = 6948 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma_{см} = \frac{169000}{6948} = 24 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа}$$

Промежуточная прокладка (подкладная плита), предохраняющая плиту от

смятия от давления, передаваемого головкой пуансон-матрицы на плиту, не нужна, так как расчетное давление не превышает допустимого значения.

## 2.16 Расчет деталей штампа на прочность и жесткость

Расчет проведем для пуансона-матрицы.

### 1. Расчет опорной поверхности пуансона на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{гол}} \leq [\sigma_{см}], \quad (2.9)$$

где  $P$  – технологическая сила, Н;  $P = 169000$  Н;  $F$  – площадь поверхности головки пуансон-матрицы, мм<sup>2</sup>.

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times (110^2 - 57^2)}{4} = 6948 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma_{см} = \frac{169000}{6948} = 24 \text{ МПа} \ll 300 \text{ МПа}$$

Условие выполняется.

### 2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении.

Напряжение сжатия определяется по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{\varphi \cdot F_k}, \quad (2.10)$$

где  $P$  – технологическая сила, воспроизводимая пуансоном Н;  $P = 247000$  Н;  $F_k$  – площадь поверхности контакта пуансона с материалом, мм<sup>2</sup>;  $\varphi$  – коэффициент понижения допускаемого напряжения  $\sigma_{сж}$ , зависящий от условной гибкости пуансона и учитывающий возможную потерю устойчивости пуансона (его продольный изгиб).

Коэффициент  $\varphi$  зависит от параметра  $\mu$ . Для пуансонов круглого сечения

$$\mu = 2,8 \left( \frac{h_{II}}{d_{II}} \right), \quad (2.11)$$

где  $h_{II}$  – длина рабочей части пуансона, мм;  $h_{II} = 46$  мм;

$d_{II}$  – диаметр (по наименьшему сечению) рабочей части пуансона, мм;

$$d_{II} = 89,4 \text{ мм.}$$

$$\mu = 2,8 \left( \frac{46}{89,4} \right) = 2,1.$$

По таблице 2.31 [2] находим  $\varphi = 1$ .

Площадь кольцевого пояса

$$F_k = \pi a_k (d_{II} - a_k), \quad (2.12)$$

где  $a_k$  – ширина кольцевого пояса, которая зависит от отношения  $d_{II}/s$ , величины зазора и наличия нижнего прижима. Значение определяют по Таблица 2.31 [2].

При  $d_{II}/s = 89,4/2 = 44,7$      $z/s = 0,1/2 = 0,05$      $a_k/d_{II} = 0,2$ . Откуда  $a_k = 0,2 \times d_{II} = 0,2 \times 89,4 = 18 \text{ мм.}$

Площадь кольцевого пояса

$$F_k = 3,14 \times 18 \times (89,4 - 18) = 4035 \text{ мм}^2.$$

Напряжение сжатия

$$\sigma_{сж} = \frac{169\,000}{1,0 \times 4035} = 42 \text{ МПа} < [\sigma_{сж}]$$

Допускаемое напряжение на сжатие для стали У10А после закалки и отпуска составляет  $[\sigma_{сж}] = 1600 \text{ МПа.}$

Условие выполняется с большим запасом.

## 2.17 Расчет винтов на прочность

Работа штампа связана с динамическими, циклическими нагрузками, поэтому необходимо применять винты с более прочными головками. Наиболее часто в штампах используются винты с внутренним шестигранником ГОСТ 11738 – 84, головки которых, в отличие от наружных шестигранников, легко заглубляются в скрепляемые детали. Винты со шлицевой головкой применим для крепления неотчетственных и несилowych деталей и узлов. Штифты служат для взаимной фиксации деталей штампа. Их изготавливают по седьмому качеству

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 45   |

точности. В отличие от винтов, штифты удерживают детали штампа от смещения только в направлении перпендикулярном их оси.

Количество и диаметр крепежных деталей назначают исходя из двух факторов: силового и конструктивного. Силовой расчет проводят с учетом возникающих в рабочих и вспомогательных звеньях штампа сил, что предопределяет нагрузки на крепежные детали.

Для крепления основных деталей штампа используем винты М12.

Винты, используемые для крепления деталей штампа, проверяются на разрыв по формуле:

$$\sigma_p = \frac{4 \times P}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (2.13)$$

где  $\sigma_p$  – растягивающее напряжение в винте, МПа;  $P$  – растягивающая сила, Н;  $[\sigma_p]$  – допускаемое напряжение на разрыв, МПа (для стали 35 принимаем  $[\sigma_p] = 190$  МПа);  $d_1$  – диаметр винтов.

Для винтов диаметром  $d_1 = 12$  мм, которые крепят пуансонодержатель с пуансоном

$$\sigma_p = \frac{4 \times 3500}{3,14 \times 12^2 \times 4} = 7,7 \text{ МПа.}$$

При количестве винтов четыре напряжение на винт значительно превышает допустимое значение  $\sigma_p < [\sigma_p]$ .

## 2.18 Расчет пружин съемника

Для снятия полосы с пуансона после вырубки используем пружинный съемник.

Направление навивки пружины- любое.

Длина развернутых пружины  $L = 463$  мм

Число рабочих витков  $n = 5,5$

число витков полное  $n = 7$

Сила, необходимая для снятия после вырубки,  $P_{сн} = 3500$  Н. Примем

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 46   |

количество пружин  $n = 4$ .

Тогда сила, обеспечиваемая одной пружиной

$$P_{сн1} = P_{сн} / 6 = 3500 / 4 = 875 \text{ Н.}$$

По величине силы и максимальному рабочему сжатию по ГОСТ 18793-80 подбираем пружину 1086-0921 с характеристиками: диаметр проволоки  $d = 5$  мм; средний диаметр пружины  $D = 38$  мм; шаг витков пружины  $t = 11,79$  мм; количество рабочих витков  $n_p = 5,5$ ; общее количество витков  $n = 7$ ; длина пружины в свободном состоянии  $H_0 = 463$  мм. Длина пружины в сжатом рабочем состоянии  $H_{сж} = H_0 - \Delta_2 = 60,4$  мм.

При максимальном рабочем сжатии  $F_2 = 122,32$  мм такая пружина обеспечивает силу  $P_2 = 950$  Н. При максимальном сжатии пружины  $F_3 = 76,45$  мм сила  $P_3 = 1180$  Н.

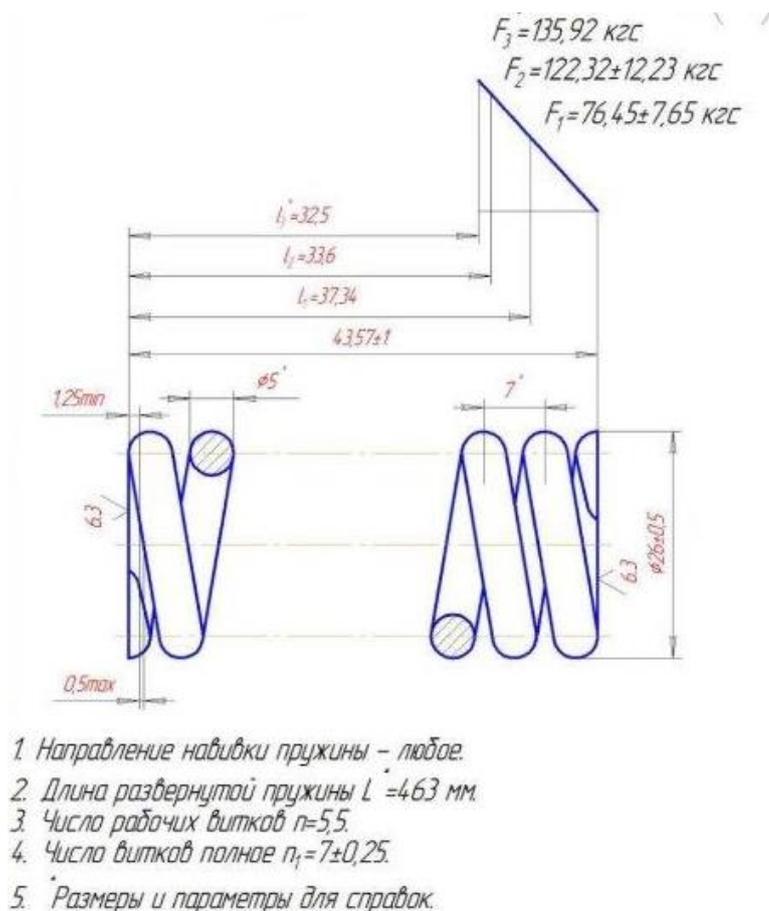


Рисунок 11 - Пружина съемника

## 2.19 Расчёт нижней и верхней плит штампа

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 47   |



**Вывод:** Для штамповки используем штамп совмещенного действия, с направляющими колонками, с удалением отходов на провал или с падением отхода на плоскость штампов и последующим удалением в ручную, или под собственным весом (в случае работы с наклоном станины). Удаление детали во всех случаях производится вручную. Все штампы спроектированы таким образом, что требуют наличия выталкивателей в ползуне пресса, отдельные штампы требуют наличия у пресса пневматической подушки. Помимо разработки конструкции штампов, в данной главе проведен анализ материалов, из которых изготавливаются различные детали штампов, а также выбран материал и термообработка для каждого класса деталей и составлена их полная спецификация (см. приложение). Расчет стойкости штампов подтвердил правильность выбора этих факторов, поскольку стойкость штампов до перешифровки составляет около 100 тыс. дет. Проведенные прочностные расчеты наиболее нагруженного пуансона наименьшего сечения показали его соответствие необходимым условиям прочности и жесткости. Закрытая высота штампов выбрана несколько меньше минимальной закрытой высоты пресса, т.е. закрытая высота штампов выбиралась минимально возможной для каждого штампа с целью экономии металла и нежеланием раздувать их габариты. Для обеспечения необходимой закрытой высоты пресса предлагается использовать адаптерную плиту, представленную на листе 8 графической части дипломного проекта. В качестве одного из направлений модернизации выбранного оборудования предлагается использование регулировки закрытой высоты с механическим приводом, конструкция которой представлена на рис. 3.8. Регулировка может быть встроена в существующий ползун пресса при его незначительной расточке. Проведен расчет привода регулировки и прочностной расчет винта.

**2.20 Принцип работы штампа:** Штамп совмещенного действия для вырубки и пробивки изготовления детали «Лист ротора крайний». Верхний пакет закрепленный в посадочном отверстии ползуна пресса, - при помощи

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
|      |      |            |         |      |                   | 49   |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   |      |

охватывающего хвостовик штампа прижима, стягиваемого болтами, - при движении вниз, скользя по направляющим колонкам нижнего пакета втулками, соприкасается с заготовкой поверхностью матрицы. При сборке нижнего пакета обеспечивается предварительный натяг буфера винтами, благодаря чему, с момента касания матрицы ленты возникает прижимное усилие, необходимое для лучшего качества вырубki. При дальнейшем движении ползуна вниз, съемник опускается относительно пуансон-матрицы которая, деформируя материал заготовки, входит в отверстие матрицы, в котором, заподлицо с рабочей поверхностью, установлен пуансон. Таким образом, когда ползун доходит до своего нижнего положения, пуансон-матрица вырубает внешний контур детали, продвигая ее в отверстие матрицы, а пуансон пробивает в ней отверстие. При движении ползуна вверх, механический выталкиватель прессы, имеющий независимое от ползуна крепление, приходит в соприкосновение с упором который через шайбу и выталкиватель выталкивает готовую деталь из отверстия матрицы.

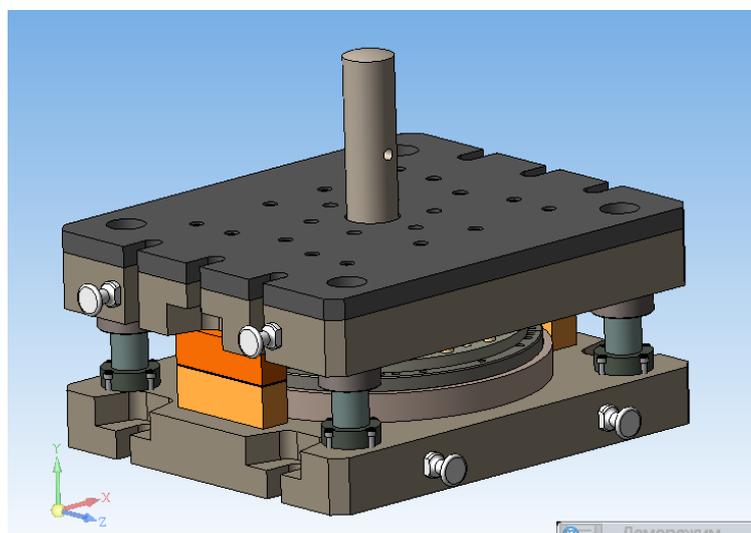


Рисунок 14 Изометрия штампа совмещенного действия для изготовления детали «Лист ротора крайний»

|      |      |            |         |      |                   |      |
|------|------|------------|---------|------|-------------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-РТПД.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                   | 50   |



3) проверить исправность местного освещения. Рабочая зона должно быть достаточно освещена и свет не должен слепить глаза. Напряжение светильника не более 36В.

4) убрать все посторонние предметы из зоны работы оператора, очистить стол прессы

5) проверить на холостом ходу исправность прессы, отсутствие перекоса ползуна и увеличения зазора в направляющих. Проверить правильность работы двуручного включения, исправность тормоза, предохранительных приспособлений.

Направляющие колонки штампа не должны при работе выходить из направляющих втулок. Проверить исправность разматывающего, правильного и стапелирующего устройств

6) защитные устройства и предохранительные механизмы должны соответствовать следующим требованиям:

– рабочие органы управления (кнопки) должны быть двуручными, расстояние между осями их 300...600мм.

7) ограждение прессы должно быть закрыто, но оно не должно мешать наблюдению за процессом штамповки

8) все закрытие движущиеся части прессы и являющиеся источником опасности, расположенные на высоте до 2500мм от уровня пола, должны закрыть сплошным или сетчатым ограждением со стороны ячейки не более 10мм

9) сидение оператора, устанавливаемое перед прессом, должно свободно поворачиваться на вертикальной основе. Не применять для этой цели ящики или другие предметы.

10) штамп должен быть снабжен механическим съемником, обеспечивающий снятие детали после штамповки.

11) во всех случаях, когда это допускается ходом ползуна, разделительные штампы должны быть закрытого типа с жесткими съемником, высота которого

|      |      |          |         |      |                 |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР. 2020-ОТ.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                 | 52   |

должна быть такой, чтобы пуансон в верхнем положении не выходил за его пределы.

12) фронтальные стороны плит штампов должны быть окрашены в сигнальные цвета и иметь маркировку степени опасности по ГОСТ 12.4-027-76

13) смазать направляющие колонки штампа

14) проверить соответствие вспомогательного инструмента

**Требования по безопасности во время работы:**

1) выполнять все указания мастера о порядке и методике работы

2) соблюдать осторожность при разрезке и освобождении конца ленты, остерегаться ее резкого распрямления

3) снимать деталь со стапелера только тем приемом, который указан мастером  
т только тем инструментом, который указан в техпроцессе;

4) при работе в автоматическом режиме ручная загрузка заготовок и снятие деталей должны осуществляться вне зоны штамповки с применением специальных приспособлений;

5) не переключать самовольно режим работы пресса, который указан в техпроцессе;

6) не снимать предохранитель устройств и ограждений, не замыкать блокирующих конечных выключателей (кнопок). В случае неисправности требовать их замены или ремонта от мастера.

7) при замеченных неисправностях в работе пресса (ползун самопроизвольно опускается, сдвоенный ход ползуна и пр.) работу прекратить и потребовать исправления;

8) все работы по регулировке упоров, направляющих, устранению заедания или перекоса ленты, производить только при выключенном двигателе после полной остановки маховика пресса;

9) соблюдать порядок на рабочем месте. Готовые детали, заготовки и отходы складировать в таре и в местах, предусмотренных планом организации работ и техпроцессом;

|      |      |          |         |      |                 |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР. 2020-ОТ.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                 | 53   |

10) при штамповке деталей следить:

- за исправным действием кнопок;
- за правильным положением направляющих ползуна и их надежным креплением;
- за правильной работой тормозных механизмов, наличием и исправностью защитных экранов;
- за правильным положением штампов на прессе, их исправным состоянием и нормальным ходом операций штамповки

### **Требование безопасности по окончанию работ**

- 1) выключите электродвигатель прессы,
- 2) убрать отходы в отведенные места в соответствии с технологическим регламентом, прибрать рабочее место. Детали, материалы и инструмент сложить в отведенные для них места;
- 3) сдать оборудование своему сменщику или мастеру и сообщить им обо всех имеющихся недостатках в работе оборудования и принятых мерах по их устранению

|      |      |            |         |      |                 |      |
|------|------|------------|---------|------|-----------------|------|
|      |      |            |         |      | ВКР. 2020-ОТ.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № Документ | Подпись | Дата |                 | 54   |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном выпускной квалификационной работе был спроектирован штамп совмещенного действия для детали «Лист ротора крайний». Для предлагаемого штампа был разработан технологический процесс, сделаны расчеты основных технологических параметров. Был проведен обоснованный выбор технологического оборудования и средств автоматизации. Рассмотрены их основные характеристики. Разработан штамп совмещенного действия для вырубки и пробивки. Проведены требуемые прочностные и конструкторские расчеты, подобраны материалы для изготовления деталей штампа. На основании всех проделанных расчетов и обоснований, делаем вывод о том, что все поставленные в начале работы задачи выполнены, следовательно – цель дипломного проекта достигнута.

|      |      |          |         |      |                |      |
|------|------|----------|---------|------|----------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР. 2020-3.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                | 55   |

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологии конструкционных материалов (Технологические процессы в машиностроении) : учебник для вузов : в 4 ч. / под общ. ред. Э. М. Соколова, С. А. Васина, Г. Г. Дубенского .— Тула: Изд-во ТулГУ, 2007.

Ч. 4 : Обработка заготовок / В. Д. Артамонов [и др.] .— 2007 .— 597 с. : ил. — ISBN 978-5-7679-0693-91 (в пер.) .

2. Руководство по дипломному и курсовому проектированию : учеб. пособие для вузов : в 5 ч. / ТулГУ; под ред. С. С. Яковлева .— 2-е изд., перераб. и доп. — Тула : Изд-во ТулГУ, 2010.

Ч.2: Листовая штамповка. Технологические расчеты. Расчет и проектирование штампов / О. М. Герасимова [и др.] .— 2010 .— 258 с. : ил. — ISBN 978-5-7679-1753-2.

3. Руководство по дипломному проектированию : учеб. пособие для вузов : в 5 ч. / ТулГУ ; под ред. С. С. Яковлева .— 2-е изд., перераб. и доп. — Тула : Изд-во ТулГУ, 2008.

Ч. 2: Листовая штамповка. Типовые конструкции штампов и оборудование / В. И. Трегубов [и др.] .— 2008 .— 290 с. : ил. — На тит. л. ошибочно : ч. 5 .— в дар от НИЧ ТулГУ : 1299642 .— Дар каф. МПФ ТулГУ ТулГУ : 1331308-1331317 .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7679-1227-8 : 180,00.

4. Дальский А.М. Справочник технолога-машиностроителя Т1/ Суслов А.Г., Жесткова И.Н. – М.: «Машиностроение» 2003. -912 с –2Т.

|      |      |          |         |      |               |      |
|------|------|----------|---------|------|---------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР. 2020-ПЗБ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |               | 56   |

5. Справочник по оборудованию для листовой штамповки / Л. И. Рудман [и др.] ; под ред. Л. И. Рудмана .— Киев : Техника, 1989 .— 231 с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-335-00183-6: 1.00.

6. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П.Романовский .— 6-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979 .— 520с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN /В пер./ : 2.50.

7. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка / [В.Л. Марченко и др.] под общ. ред. Л. И. Рудмана - М.: Машиностроение, 1988. - 495 с.

|      |      |          |         |      |               |      |
|------|------|----------|---------|------|---------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР. 2020-ПЗБ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |               | 57   |