

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
Цель и задачи.....	8
1 Анализ состояния проблемы.....	9
1.1 Конструктивное исполнение концевых фрез. Области применения.	9
1.2 Конструкции сборных концевых фрез оснащенных сменными твердосплавными головками .....	12
1.3 Обоснование актуальности .....	14
2 Конструкторский раздел .....	16
2.1 Холодное прессование в закрытых пресс-формах .....	16
2.2 Общие требования и этапы конструирования .....	18
2.3 Материалы и термическая обработка деталей пресс-форм.....	23
2.4 Исходные данные для расчета пресс-форм.....	24
2.5 Методика и расчет размеров пресс-формы .....	27
2.6 Размерный анализ конструкции пресс-формы.....	33
2.7 Разработка 3D-модели основных формообразующих деталей .....	35
3 Технологический раздел.....	38
3.1 Технологический процесс изготовления плиты пресс-формы .....	38
3.1.1 Назначение детали, анализ технологичности и схемы контроля	38
3.1.2 Разработка последовательности изготовления плиты.....	39
3.1.3 Определение припусков на обработку и режимов резания .....	41
3.1.4 Техническое нормирование процесса обработки плиты .....	43
3.1.5 Разработка управляющей программы обработки плиты .....	45
3.2 Технологический процесс изготовления матрицы .....	46
3.2.1 Назначение детали, анализ технологичности и схемы контроля	46
3.2.2 Разработка последовательности изготовления матрицы .....	47
3.2.3 Расчет припусков и режимов резания .....	51
3.2.4 Техническое нормирование процесса обработки матрицы .....	52
3.2.5 Разработка управляющей программы обработки матрицы .....	54
3.3 Технологический процесс изготовления пуансонов .....	56
3.3.1 Назначение детали, анализ технологичности и схемы контроля	56
3.3.2 Разработка последовательности изготовления .....	57
3.3.3 Расчет режимов обработки.....	59
3.3.4 Техническое нормирование.....	61
3.3.5 Разработка управляющей программы .....	62
3.4 Технологический процесс сборки пресс-формы .....	63
3.4.1 Расчет по форме организации производства.....	64

3.4.2 Анализ технологичности узла .....	65
3.4.3 Методы и схемы контроля .....	67
3.4.4 Разработка последовательности сборки .....	70
3.4.5 Расчет рабочих мест и состава работающих .....	73
3.5 Технология изготовления заготовок твердосплавных фрез .....	74
4 Экономический раздел .....	80
Заключение .....	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	84

## Введение

В последние годы в машиностроении наблюдается тенденция перехода от массового производства однородной продукции к широкой номенклатуре изделий при одновременном увеличении числа предприятий с мелкосерийным и серийным типом производства. При этом сроки технологической подготовки производства при освоении новой продукции приблизились к срокам сменяемости самих изделий. Для повышения эффективности производства выдвигается задача сокращения временных, трудовых и материальных затрат при освоении новых видов продукции и обеспечения необходимого качества изделий, их конкурентоспособности при высокой производительности труда, что напрямую связано с совершенствованием технологии механической обработки, с систематическим повышением размерной и геометрической точности выпускаемой продукции. Основными тенденциями повышения технико-экономических показателей процессов формообразования резанием являются комплексное использование современных высокопроизводительных станков и инструмента, применение инструментальных композиционных материалов нового поколения (мелкозернистых твердосплавных, керамических и сверхтвердых), сборного твердосплавного инструмента, оснащенного сменными многогранными пластинами со сложной геометрией режущей части. Одним из основных инструментов такого типа являются монолитные твердосплавные концевые фрезы. Альтернативой монолитному инструменту могут стать сборные инструменты, оснащенные сменными твердосплавными фрезерными головками.

Для массового производства характерна минимизация отходов производства. Это особенно актуально, если речь идет о дорогом материале твердосплавных концевых фрез. При изготовлении достаточно дорогих твердосплавных монолитных фрез в промышленных масштабах значительное количество материала используется нерационально, поскольку реально в процессе резания участвует только элементы режущей части. Хвостовик, по которому происходит закрепление в шпинделе изготавливать из твердого сплава нецелесообразно. Вопросы изготовления-прессования головок (режущей части) для оснащения сборных концевых фрез является актуальными, так как в Российской Федерации подобный инструмент не изготавливается. На сегодняшний день уже существует инструмент, полностью полученный без снятия припуска, т.е. только за счет прессования. Такие фирмы как Sandvik Coromant уже выпускают подобные фрезы. Бакалаврская работа направлена на всестороннее изучение возможностей изготовления твердосплавных сменных головок для оснащения сборных концевых фрез.

## **Цель и задачи**

Цель: Конструкторско-технологическая подготовка производства фрезерных твердосплавных головок для оснащения сборных концевых фрез.

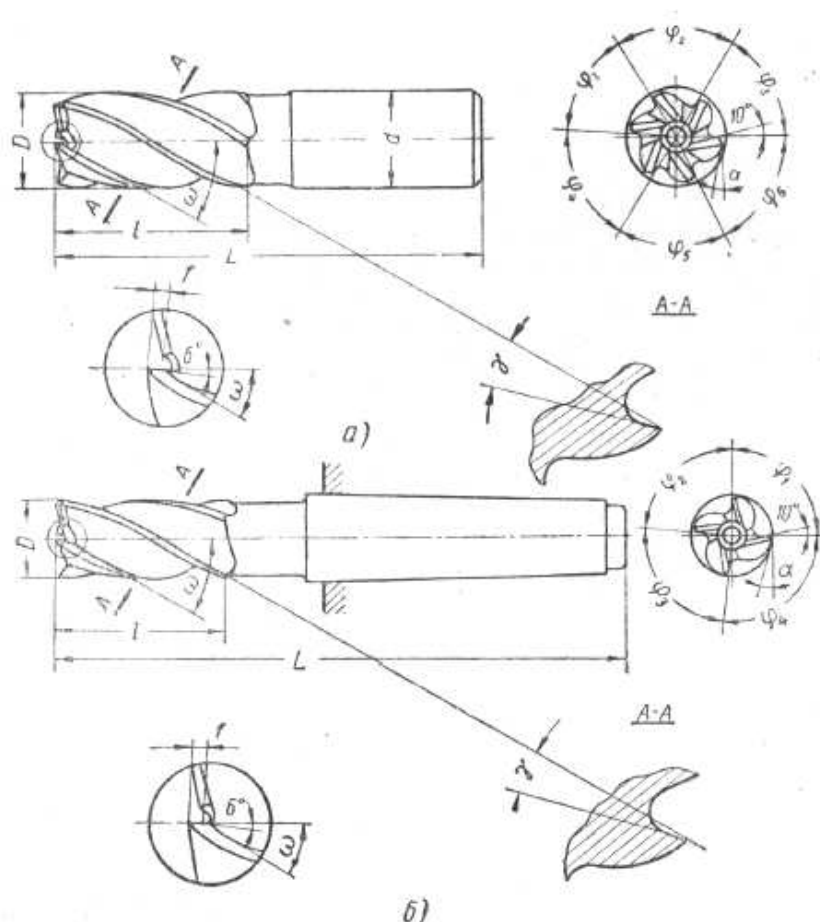
Задачи:

1. Анализ конструктивного исполнения сборных концевых фрез, оснащенных сменными режущими элементами;
2. Определение рациональной схемы прессования и обоснование конструкции полуавтоматической пресс-формы для изготовления сменных твердосплавных фрезерных головок;
3. Проведение размерного анализа конструкции пресс-формы для определения методов, обеспечивающих точность прессуемой детали;
4. Расчет исполнительных размеров формующих элементов пресс-форм и разработка 3D – моделей, сборочных чертежей и чертежей деталей пресс-формы;
5. Разработка технологии сборки пресс-формы и изготовления основных деталей (плита, матрица, пуансоны);
6. Экономическое обоснование принятых технических решений.

## 1 Анализ состояния проблемы

### 1.1 Конструктивное исполнение концевых фрез. Области применения

Концевые фрезы служат для обработки взаимно-перпендикулярных плоскостей, уступов, пазов и различных контуров. Государственными стандартами предусмотрены концевые фрезы: с режущими кромками на цилиндрической и торцевой поверхностях (ГОСТ 8237-57); обдирочные с затылованным зубом и с коническим хвостиком (ГОСТ 4675-59), оснащенные коронками и винтовыми пластинками из твердого сплава (ГОСТ 8720-58); шпоночные (ГОСТ 9140-59); шпоночные, оснащенные твердым сплавом (ГОСТ 6396-59); для пазов сегментных шпонок (ГОСТ 6648-59); для Т-образных станочных пазов (ГОСТ 7063-54). Некоторые типоразмеры и геометрия режущей части цельных концевых фрез приведены на Рисунок 1.

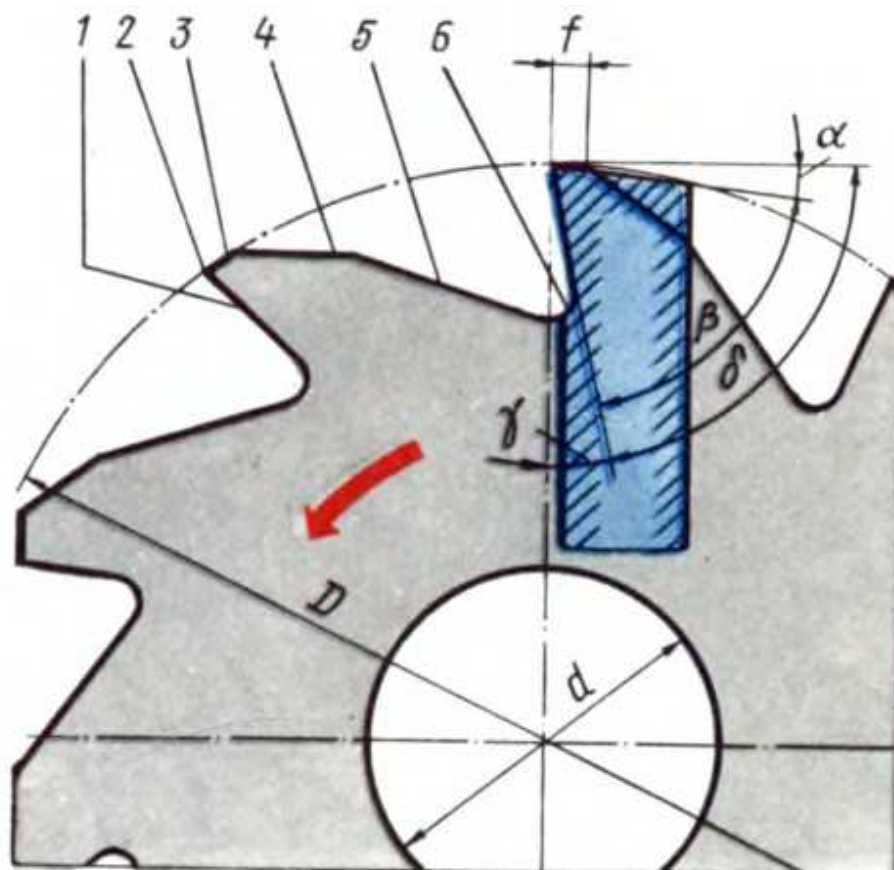


а – с цилиндрическим хвостиком; б – с коническим хвостовиком.

Рисунок 1 – Концевые фрезы

Режущую часть фрезы изготавливают из инструментальных сталей, быстрорежущих инструментальных сталей, твердых сплавов и минералокерамических сплавов.

Поверхности и режущие кромки зубьев фрез имеют следующие обозначения (Рисунок 2):



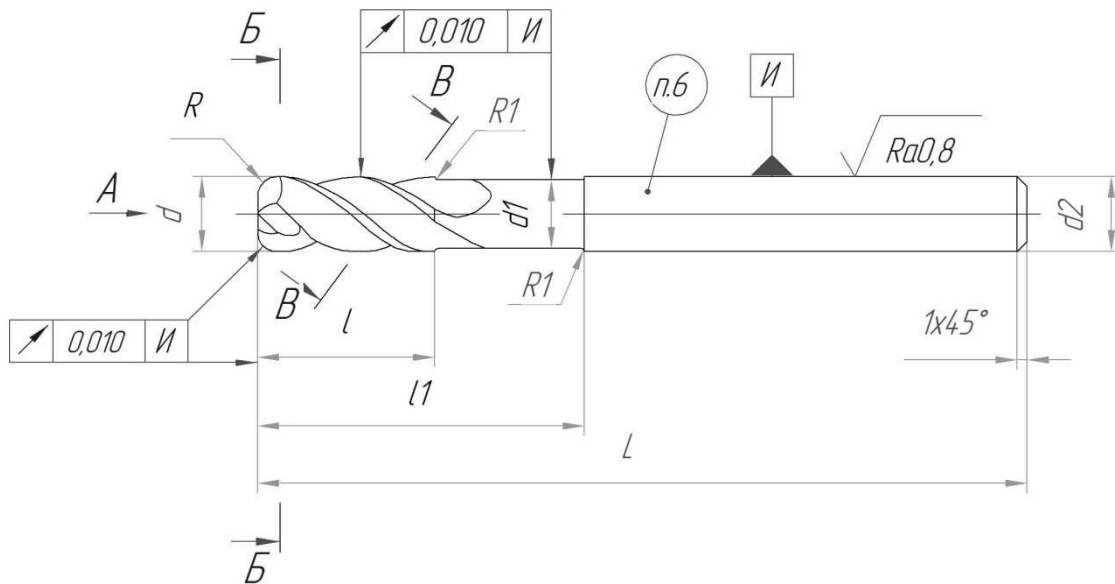
1 - передняя поверхность зуба; 2 - режущая кромка; 3 - ширина задней поверхности зуба; 4 - задняя поверхность зуба; 5 - спинка зуба; 6 - канавка

Рисунок 2 - Поверхности и режущие кромки зубьев фрез

В Российской Федерации концевые твердосплавные фрезы в настоящее время изготавливают в основном в двух исполнениях: оснащенные коронками твердых сплавов и винтовыми пластинками. Так же выпускаются цельные твердосплавные концевые фрезы и концевые фрезы с целой твердосплавной рабочей частью, впаянной в стальной конический хвостовик. В последнее время наиболее широкое распространение получили цельные твердосплавные концевые фрезы, изготавливаемые методом вышлифовки алмазными кругами. Такой способ эффективно применяется на АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» и АО «КРАСМАШ» с использованием современного высокопроизводительного оборудования (станки ANCA). Конструкция цельных твердосплавных концевых фрез представлена на рисунке Рисунок 3.



а)



б)

а – изображение фрезы; б - чертеж

Рисунок 3 – Твердосплавная концевая монолитная фреза

Применение твердосплавных фрез особенно эффективно при обработке пазов и уступов в заготовках из закаленных и труднообрабатываемых сталей.

Часто используют защитные, антифрикционные и износостойкие покрытия для материалов фрез. Инструментальный материал с покрытием – новый материал композиционного типа, в котором можно оптимально сочетать свойства поверхностного слоя (покрытия): высокие значения микротвердости, теплостойкости, химической инертности по отношению к обрабатываемому материалу и др. и свойства сердцевины (инструментального материала): прочность, ударную вязкость, трещиностойкость и др.

Разновидностью концевых фрез можно считать сборные концевые фрезы, где в качестве режущих элементов выступают твердосплавные пластинки, закрепленные на корпусе различными способами (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Сменные твердосплавные пластинки

Среди преимуществ, которыми обладают твердосплавные пластины, устанавливаемые на фрезы, следует выделить следующие.

- По сравнению с резцами цельного типа, пластины отличаются невысокой стоимостью;
- Замена твердосплавного режущего элемента не занимает много времени;
- О высокой надежности пластин из твердых сплавов можно говорить даже в условиях интенсивной эксплуатации.
- При необходимости такие сменные режущие элементы можно переналаживать;
- Все современные модели сменных режущих элементов для токарных резцов унифицированы, что дает возможность легко подобрать оптимальный вариант для определенного типа обработки и марки металла заготовки.

Основным недостатком сборного инструмента является сложная и дорогая оснастка.

## **1.2 Конструкции сборных концевых фрез оснащенных сменными твердосплавными головками**

Сменные фрезерные головки (Рисунок 5) занимают нишу между монолитным твердосплавным инструментом и фрезами, оснащенными сменными твердосплавными пластинками. Преимуществами использования сменных фрезерных головок являются:



- Быстросменность при переходе обработки с одного материала заготовки на другой;
- Возможность повышения производительности за счет использования головок с различной геометрией режущей части, а также сокращение затрат на инструментальные запасы;
- Надежное соединение режущей головки и корпуса обеспечивает высокую прочность для черновых операций и высокую жесткость для чистовых операций;
- Повышенная жесткость и меньшая степень отжатия позволяют работать с большим вылетом инструмента, например, при обработке глубоких карманов, а также обеспечивает более высокую точность на чистовых операциях
- Внутренняя подача СОЖ, доступная на некоторых фрезах семейства, обеспечивает надежное удаление стружки из зоны резания.



Рисунок 5 – Сменные фрезерные головки

Сменные фрезерные головки позволяют быстро, легко и точно переходить с одной операции на другую. Благодаря быстрой смене инструмента можно подобрать идеально подходящий тип фрезерной головки, радиус при вершине, количество зубьев, геометрию и сплав. Фрезы такого типа подходят также для пятикоординатного фрезерования боковых поверхностей, где часто требуются конические инструменты для обеспечения

стабильности при обработке с большими вылетами, повышения точности и качества обработки на поверхностях сложного профиля.

Соединение режущей части (твердосплавной головки) с корпусом (Рисунок 6), представляет собой самоцентрирующуюся винтовую резьбу, которая обеспечивает надежное и максимально прочное закрепление.



Рисунок 6 – Соединение твердосплавной фрезерной головки с корпусом

Подобные фрезы выпускаются ведущими компаниями по производству режущего инструмента, такими как: Sandvik Coromant и ISCAR и др.

### **1.3 Обоснование актуальности**

Для формирования необходимых углов, канавок, стружкоотводящих каналов иногда производится до 15 различных операций шлифовки на одном твердосплавном прутке. На эти операции затрачивается большое количество станочного времени, дорогостоящего абразивного инструмента (алмазных шлифовальных кругов), что в совокупности с высокой стоимостью оборудования вносит дополнительный существенный вклад в суммарную себестоимость инструмента. Получение заготовок для режущего инструмента из твердого сплава методами порошковой металлургии является существенным резервом для повышения технико-экономических показателей инструмента. Получение твердосплавных заготовок с формой максимально приближенной к форме режущей части также обеспечивает дополнительное снижение трудоемкости при последующей вышлифовке и заточке.



Рисунок 7 – Фрезы серии SOLIDBALL

Примером такого рода конструкции является серия инструментов SOLIDBALL от компании Taegu Tec (Рисунок 7) – это консолидированные методами прессования и спекания сферические фрезы, предназначенные для высокопроизводительной обработки фасонных криволинейных поверхностей для деталей типа «пресс-формы и штампы». Основная идея новой разработки – это выпуск прессованной заготовки, которую остается заточить лишь по режущим кромкам, сократив, таким образом, в разы машинное время обработки прутка и уменьшив себестоимость инструмента в целом. Российской Федерации подобный инструмент не изготавливается.

## 2 Конструкторский раздел

### 2.1 Холодное прессование в закрытых пресс-формах

Формование изделий из порошковых материалов является одной из основных операций технологического процесса их производства. Формование (прессование) представляет собой процесс получения из порошка изделия (заготовки) определенной формы и размеров, обладающего такой прочностью, чтобы его, возможно, было извлечь из пресс-формы и подвергнуть дальнейшей обработке - спеканию, калиброванию, механической обработке и т.д.

Наиболее распространенным способом формования является холодное прессование в закрытых пресс-формах. В результате процесса получается прессовка, имеющая форму и размеры, близкие к форме и размерам готового изделия.

В системе формообразующих инструменты (пресс-форма) - формуемый порошок инструмент является тем элементом, в рабочем пространстве которого масса порошка трансформируется в заготовку заданной формы и размеров.

При конструировании и расчете исполнительных размеров пресс-форм основными данными, характеризующими технологические свойства порошков и прессовок, являются:

- Насыпная масса (насыпной вес) порошков
- Удельный вес порошкового прессованного материала (плотность)
- Упругое последствие
- Усадка при спекании

Насыпная масса или вес единицы объема свободно насыпанного характеризует плотность упаковки частиц порошка и определяется удельным весом материала, формой, размером, поверхностью частиц. Этот показатель необходим для расчета высоты загрузочной камеры.

Удельный вес порошка или смесей порошков необходим для расчета количества порошка, засыпаемого в загрузочную камеру.

Упругое последствие. При прессовании изделий возникают внутренние напряжения, под действием которых после снятия, внешнего давления прессовка стремится к всестороннему расширению, после выталкивания под действием этих напряжений прессовка расширяется. Это явление называется упругим последствием. Величина упругого последствия требует корректировки рабочих размеров пресс-формы в сторону увеличения.

Усадка при спекании характеризует величину изменения размеров прессовок при спекании. Величина усадки учитывается при расчете размеров рабочих деталей пресс-формы со знаком плюс при уменьшении размеров прессовок и со знаком минус при увеличении размеров.

В соответствии с конфигурацией будущей детали выбирается схема прессования и соответствующая ей конструкция пресс-формы. На практике выбирают такие схемы прессования, при которых течение порошка приводит к распределению плотности в прессовке, наиболее близкому к равномерному. Это легко выполнимо, если прессовка не имеет переходов по высоте.

В прессовках с разновысотностью равномерная плотность может быть получена при условии сохранения одинакового коэффициента сжатия порошка в сечениях, параллельных давлению прессования. Коэффициентом сжатия (засыпки) называется отношение высоты насыпанного порошка к высоте получаемой прессовки.

При прессовании в результате трения между частицами порошка и трения частиц порошка о стенки матрицы, происходит изменение давления по высоте прессовки, в результате чего плотность прессовки получается различной в зависимости от расстояния от торца.

Наиболее распространенной схемой прессования деталей простой формы является одностороннее прессование, сущность которого заключается в том, что верхний пуансон относительно матрицы и стержня перемещается, а нижний остается неподвижным. При одностороннем прессовании - плотность прессовки уменьшается по высоте в направлении прессования, оно применяется, если отношение высоты к диаметру изделия не более единицы.

Двухстороннее прессования применяется, если отношение высоты изделия к диаметру превышает 1 и не больше 5. При двухстороннем прессовании наименьшая плотность наблюдается в середине прессовки. Данная схема прессования может быть реализована при неподвижном нижнем пуансоне за счет перемещения матрицы вниз на расстояние, равное половине пути, пройденного верхним пуансоном, либо при встречном движении пуансонов.

Пресс-формы для изделий из металлических порошков классифицируются по следующим признакам:

По характеру эксплуатации: на съемные и стационарные.

Съемные пресс-формы не закрепляются на прессе и используются для проведения научно-исследовательских работ, в опытном и мелкосерийном производстве. Их периодически снимают с пресса для извлечения детали и засыпки порошка.

Стационарные закрепляются на прессе, все технологические переходы при выполнении операции прессования выполняют не снимая их с пресса, применяются в серийном и крупносерийном и подразделяются на полуавтоматические и автоматические.

По числу оформляющих гнезд: пресс-формы подразделяются на одногнездовые и многогнездовые.

В одногнездовых пресс-формах за операцию прессуется одно изделие; в многогнездовых — несколько изделий, при этом повышается коэффициент использования пресса, а при большом размере партии снижается стоимость изделий.

Использование многогнездовых пресс-форм требует применения специальной системы допусков на размеры гнезд и точность дозирования засыпаемого порошка и» более жесткого контроля состояния пресс-формы при эксплуатации.

По технологическому назначению: Пресс-формы могут быть прессовочными, которые предназначены для получения прессовок в пределах заданных размеров с учетом последующих операций, и калибровочными, используемыми для получения изделий в пределах заданных размеров или для повышения плотности путем обжата.

По конструкции матрицы: Пресс-формы подразделяются на разъемные и неразъемные, методы расчета и изготовления их различны.

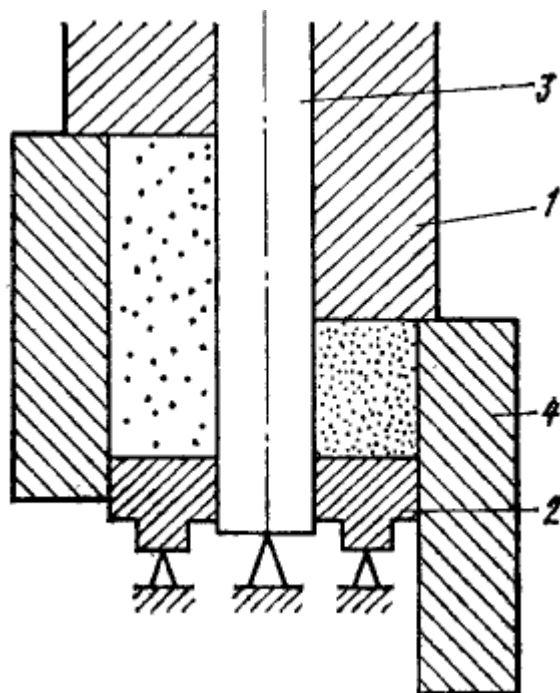
По виду материала, из которого изготовлены основные детали: Пресс-формы подразделяются: на стальные и твердосплавные, видом материала определяются методы расчета, долговечность пресс-формы' и технология ее изготовления.

## **2.2 Общие требования и этапы конструирования**

Пресс-форма состоит из матрицы, пуансонов и стержней. Матрица предназначена для оформления изделия и должна в точности соответствовать его конфигурации, кроме того, полость матрицы образует загрузочную камеру пресс-формы. Пуансоны служат для передачи давления на порошок и оформления торца или внутреннего контура прессовки. Стержни предназначены для выполнения в прессовках сквозных отверстий или углублений. Общая конструкция пресс-формы изображена на Рисунок 8.

При конструировании пресс-форм должны соблюдаться следующие требования:

- Получаемая прессовка должна иметь форму и размеры с учетом припусков на последующую обработку, учитывать усадку и требования по точности размеров и качеству поверхностей готовой детали;
- Обеспечение равномерной плотности во всех частях изделия, так как от этого в первую очередь зависит идентичность свойств по всему объему изделия;
- Предупреждение образования расслоений, трещин и других видов брака;
- Осуществление наиболее простого выталкивания без разрушения прессовки;
- Обеспечение строгого взаимодействия всех элементов пресс-формы. Для массового производства - обеспечение максимальной степени автоматизации процессов дозировки, прессования и выталкивания (за один цикл работы);



1 – Верхний пуансон; 2 – Нижний пуансон; 3 – Стержень; 4 – Матрица.

Рисунок 8 – Конструкция пресс-формы

- Конструкция пресс-формы должна быть надежной в работе, простой в изготовлении и эксплуатации, иметь минимальную стоимость и достаточную длительность службы.

Раствет и конструирование пресс-форм включает в себя несколько этапов:

- Анализ конструкции изделия на технологичность;
- Изучение технологических свойств порошков и технологии изготовления изделия;
- Выбор способа и схемы прессования, пресса (его тип, максимальное усилие прессования), что важно для получения прессовки с более равномерной плотностью по объему;
- Определение величины упругого последействия после операций прессования, усадки при спекании, припуска на дополнительную механическую обработку;
- Разработка схемы пресс-формы;
- Определение размеров прессовки, ее чертеж, составленный с учетом технологических требований;
- Расчет основных рабочих элементов пресс-формы (высрта загрузочной камеры, общая высота матрицы, размеры стержня). Расчет размеров рабочей полости, составленный с учетом технологических свойств порошков;
- Расчет деталей пресс-формы на прочность (матрицы, пуансонов, промежуточных прокладок, пружин и др.);

- Окончательное конструирование пресс-формы, разработка сборочного и рабочих чертежей.

Одним из основных требований является обеспечение требуемого зазора между матрицей и пуансоном, пуансоном и стержнем. Величины зазоров выбирают такими, чтобы через зазоры не проникали частицы порошка и свободно проходил воздух. Увеличенные зазоры приводят к повышенному износу сопряженных деталей в результате абразивного действия частиц порошка, проникающих в зазор. Величину зазора уточняют в зависимости от гранулометрического состава применяемого порошка или шихты (смеси). При повышенных требованиях к точности изделия, соосности и разностенности зазор должен быть в пределах 5... 10 мкм. Такие же зазоры следует обеспечить и в калибровочных пресс-формах.

Допуски на размеры рабочих поверхностей матрицы и стержней устанавливают по квалитетам IT6 и IT7. Для обеспечения рекомендуемых зазоров могут быть назначены посадки H7/h6 или H7/g6. Допуски и посадки по H8/h7, H8/f8, H8/f9, H8/19 могут быть использованы для изготовления пресс-форм в опытном или малосерийном производстве. Однако, применение таких посадок допускается для небольших размеров, когда величины зазоров невелики.

Размеры и допуски на изготовление пуансонов назначают исходя из условия обеспечения необходимого зазора:

- Отклонения формы поверхностей основных деталей допускаются в пределах допуска на размер;
- Неплоскостность допускается не более 0,015...0,02 (отклонение от плоскостности верхней торцевой поверхности матрицы) на длине 100 мм;
- Отклонение от параллельности торцовых (горизонтальных) поверхностей матриц, опорных поверхностей стержня, обойм, плит - не более 0,01 мм на 100 мм;
- Отклонения от перпендикулярности внутренней поверхности (оси полости) матрицы к верхней торцевой поверхности не более 0,02- мм на длине 100 мм;
- Отклонения от параллельности хода пуансонов и стержня относительно внутренней поверхности матрицы не более 0,02 мм на длине 100 мм;
- Отклонения от перпендикулярности направляющих колонок и втулок относительно горизонтальной плоскости (верхней торцевой поверхности матрицы) не более 0,02 мм на длине 100 мм;
- Поверхности матриц, пуансонов, стержней, образующие рабочую полость пресс-формы, должны иметь шероховатость не ниже  $R = 0,16$  и полироваться до зеркального блеска.



Изготовление рабочего инструмента является сложным и трудоемким процессом, требующим применения разнообразных станков, специального инструмента, тщательной высокоточной обработки и больших затрат квалифицированного труда. В большинстве случаев изготовление рабочих деталей из инструментальных сталей можно подразделить на следующие группы операций:

Изготовление деталей на металлорежущих станках с припуском под шлифование.

- Термообработка;
- Шлифование;
- Доводка рабочих поверхностей (притирка, хонингование, полирование) с целью обеспечения высокой чистоты поверхности –  $Ra < 0,2$ .

При изготовлении рабочих деталей из твердых сплавов применяются методы ультразвуковой, электроискровой обработки, алмазного шлифования, полирования с применением алмазных и абразивных паст.

Одной из основных деталей пресс-формы является матрица, а к особенностям ее изготовления относится:

- Конус в нижней части матрицы;
- Шлифовка торцев в сборе с обоймой;
- Окончательная доводка и полировка внутренних поверхностей в сборе с обоймой.

Конус в нижней части матрицы необходим для того, чтобы при выпрессовке заготовка имела возможность деформироваться (упругое последствие) постепенно по мере выталкивания из матрицы;

Для обеспечения перпендикулярности торцев матрицы к оси шлифовку торцев производят торцом круга на круглошлифовальном станке после шлифовки наружного диаметра за одну установку (оставляя припуск по высоте);

Окончательную шлифовку торцев матрицы производят в сборе с обоймой. Матрица прессуется в обойму так, чтобы один ее конец выступал из обоймы, которым и устанавливается матрица на магнитный стол. После чего шлифуется противоположный торец. Этим достигается максимальная перпендикулярность торцев к оси;

Окончательную доводку и полировку производят в сборе с обоймой, так как после запрессовки матрицы в обойму происходит некоторое уменьшение внутреннего диаметра матрицы, что особенно заметно при минимальном зазоре между матрицей и пуансоном;

Общую высоту матрицы рекомендуется принимать несколько больше расчетной, так как насыпная плотность порошка в партиях колеблется (насыпную плотность порошка определяют для каждой партии);

При больших удельных усилиях прессования применяются составные матрицы в целях повышения жесткости, а также обеспечения техники безопасности. Матрицы изготавливаются из легированных инструментальных

сталей или твердых сплавов, а обоймы из мягких конструкционных сталей. Соединение матрицы и обоймы осуществляется по горячей прессовой посадке. Обойма, посаженная на матрицу в горячем состоянии, сжимает ее и увеличивает ее прочность и размерную устойчивость.

Пуансоны предназначены для передачи давления на порошок и оформления торца или внутреннего контура прессовки. Применяемые на практике конструкции пуансонов и способы их крепления зависят от конкретных условий. В пресс-формах одностороннего прессования предусматривается верхний пуансон, расположенный в верхней части пресс-формы, нижний пуансон служит выталкивателем. В пресс-формах двухстороннего прессования предусматривается два пуансона: верхний и нижний.

Стержни предназначены для выполнения в прессовках сквозных отверстий или углублений. Конструктивное исполнение стержней и способ их крепления в пресс-форме зависят от формы и размеров отверстий в прессовках и конструкции пресс-форм.

## 2.3 Материалы и термическая обработка деталей пресс-форм

На рисунке 9 приведена таблица с материалами для матрицы и стержней (пуансонов).

Материал рабочих частей пресс-форм	Вид термообработки *	Твердость, HRC	Микротвердость поверхности, МПа	Износ, мкм, за 5 тыс. прессынок	
				матрица	стержня
У10А	1	62	—	14,2	9,2
	2	56—60	10 500	8,5	7,2
	3	38—42	8 000	10	8,25
	4	60	11 500	8,6	2,6
3Х2В8Ф	1	40—50	—	—	—
	2	40—42	15 000	1	1,6
	3	38—45	9 500	5,6	4,8
	4	41—42	12 200	7,2	4,8
ХВГ	1	62	—	8,3	6
	2	61—62	12 200	3,8	2
	3	48—54	10 500	5,3	4,2
	4	57—60	15 000	5	3
Х12М	1	62—63	—	4	3,6
	2	58—60	18 000—20 000	1,7	0,83
	3	55	10 500	2,5	2,3
	4	60—61	13 000—15 000	2,4	0,86
Р6М5	1	63	—	2,4	—
	2	65—68	19 000—21 000	1,7	—
	3	60	11 000	2	—
	4	52—54	18 000	1,9	—
ВК20	—	69	—	0,8	—
Т50НС	—	69	—	2,7	—

\* 1 — закалка с отпуском, 2 — бордрирование и закалка, 3 — закалка и азотирование, 4 — диффузионное хромирование и закалка.

Рисунок 9 – Таблица с материалами

Твердость матрицы должна быть равной HRC 63... 65, при меньших значениях твердости матрица может работать только при изготовлении небольших партий изделий, так как рабочая поверхность быстро изнашивается.

Пуансоны и стержни изготавливаются приблизительно по той же схеме, что и матрица:

- Черновые операции механической обработки резанием, термообработка;
- Чистовые операции путем шлифования рабочих поверхностей;
- Слесарная доводка (полирование, притирка сопрягаемых поверхностей: наружные - с матрицей, отверстий - со стержнем).

Пуансоны работают в основном на сжатие, значение твердости принимается HRC 56...58. Длинные пуансоны закаливаются до значений HRC 48...53. В рабочая часть длинных пуансонов отпускается до HRC 45.

Помимо характеристик прочности и твердости, определяющих размеры пресс-формы и ее конструкцию, при выборе материала пресс-форм для прессования порошков необходимо учитывать их износостойкость в условиях абразивного износа прессуемым порошком, предел выносливости в условиях растяжения-сжатия или несимметричного сжатия, дефицитность и обрабатываемость.

## 2.4 Исходные данные для расчета пресс-форм

Заготовки для сменных фрезерных головок можно отнести к IV группе по сложности формы. Детали с наружным или внутренним буртом; отношение высоты  $h$  (наибольший линейный размер в направлении прессования) к высоте/минимальной толщине стенки  $h/\delta_{min} < 6$ .

В качестве фрезы, для которой прессуется заготовка, примем твердосплавную головку CoroMill316 со сферическим концом для профильного фрезерования. Ниже приведены данные по материалу заготовки (Таблица 1 – Материал заготовки для фрезы).

Для получения фрезы (Рисунок 10) на прессе получим заготовку, максимально повторяющую форму фрезы. Для размеров заготовки учтем параметры усадки и упругого последействия материала после прессования. Ниже изображена заготовка для фрезы (Рисунок 11).

Величина упругого последействия и усадки обычно задаются в процентах для каждой конкретной партии смеси (после аттестации). Для определения числовых значений упругого последействия и усадки (в мм или мкм) необходимо по каждому линейному размеру произвести перерасчет, используя формулы 1– 4. Результаты расчета приведены в Таблица 2.

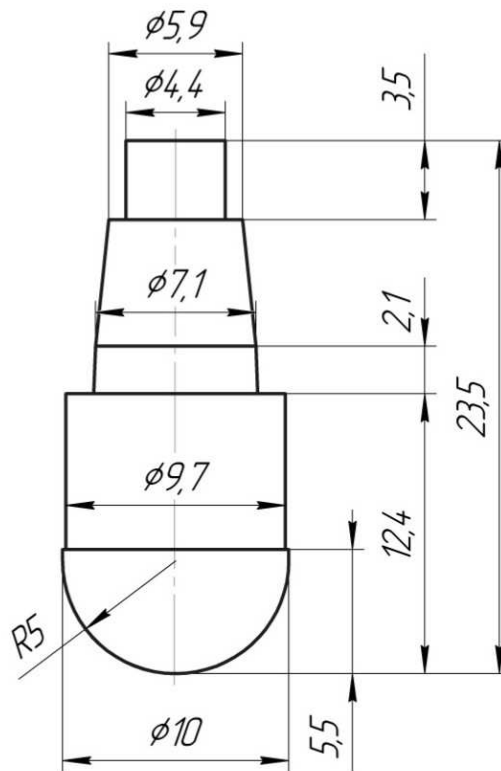


Рисунок 10 – Размеры фрезы 316-10BM440-10050G 1030

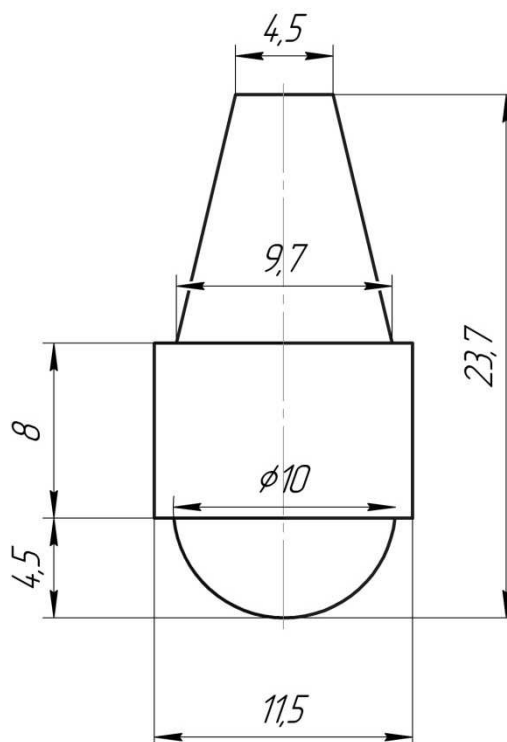


Рисунок 11 – Размеры заготовки

Таблица 1 – Материал заготовки для фрезы

№	Показатель	Значение
1	Насыпная плотность материала	$\Psi = 0,4 \text{ г/см}^3$
2	Упругое последствие прессовки - по высоте - по размерам в плане	$l_h = 1\%$ $l_d = 0,5\%$
3	Усадка (уменьшение размеров прессовки в процессе спекания) - по высоте - по размерам в плане	$\varepsilon_h = 1,8\%$ $\varepsilon_d = 1,8\%$
4	Удельное давление прессования	$p_{уд} = 0,7 \text{ т/см}^2$
5	Коэффициент уплотнения порошка	$K_{уп} = 2,5$

$$\Delta l_h = (l_h * h)/100 \quad (1)$$

где  $\Delta l_h$  – увеличение высоты за счет упругого последствия, мм;  
 $l_h$  – высота упругого последствия по высоте, %;  
 $h$  – высота детали, мм.

$$\Delta l_d = (l_d * d)/100 \quad (2)$$

где  $\Delta l_d$  – увеличение в плане, мм;  
 $l_d$  – упругое последствие по размеру в плане, %;  
 $d$  – размер детали в плане, мм.

$$\Delta \varepsilon_h = (\varepsilon_h * h)/100 \quad (3)$$

где  $\Delta \varepsilon_h$  – усадка по высоте, мм;  
 $\varepsilon_h$  – усадка по высоте, %;  
 $h$  – высота детали, мм.

$$\Delta \varepsilon_d = (\varepsilon_d * d)/100 \quad (4)$$

где  $\Delta \varepsilon_d$  – усадка по размерам в плане, мм;  
 $\varepsilon_d$  – усадка по размерам в плане, %;  
 $d$  – размер в плане, мм.

Таблица 2 – Результаты расчета

Размер, мм	Упругое последствие, мм	Усадка, мм	Результат, мм
12,4	0,00124	0,02200	12,421
23,5	0,00235	0,04200	23,54
4,4	0,000220	0,00792	4,408
7,1	0,000355	0,01300	7,112
9,7	0,000485	0,01700	9,717
10	0,000500	0,01800	10,108

В таблицу занесены только те размеры, которые перешли в заготовку.

## 2.5 Методика и расчет размеров пресс-формы

Высота прессовки сводится к корректировке ее размеров, которые должны компенсировать усадку и упругое последствие, рассчитывается по формуле 5.

$$h_{pr} = h_d - \Delta l_h + \Delta \varepsilon_h + Z_h \quad (5)$$

где  $h_d$  – минимальный размер детали по чертежу;

$\Delta l_h$  – увеличение высоты прессовки за счет упругого последствия, мм;

$\Delta \varepsilon_h$  – усадка по высоте, мм;

$Z_h$  – припуск на механическую обработку, мм.

$$h_{pr} = 23,5 - 0,00235 + 0,042 + 0,3 = 23,85 \text{ мм}$$

Размеры окна матрицы в плане (могут быть диаметрными для деталей типа втулок, либо линейными для более сложных контуров) определяются по формуле 6.

$$D_M = d_{HM} - \Delta l_d + \Delta \varepsilon_d + Z_d \quad (6)$$

где  $d_{HM}$  – наименьший размер готового изделия, мм;

$\Delta l_d$  – упругое последствие детали в плане, мм;

$\Delta \varepsilon_d$  – усадка детали в плане, мм;

$Z_d$  – припуск на механическую обработку (шлифовку, заточку) детали в плане, мм.

$$D_M = 10 - 0,0005 + 0,018 + 1,5 = 11,5 \text{ мм}$$

Перед началом расчета высоты засыпки требуется вычислить требуемый объем засыпки по формуле 7.

$$V_3 = K_{уп} * V_d \quad (7)$$

где,  $V_d$  – объем детали с учетом упругого последствия и усадки, мм<sup>3</sup>;

$K_{уп}$  – коэффициент уплотнения порошка.

$$V_3 = 2,5 * 1464 = 3660 \text{ мм}^3$$

Высота слоя порошковой смеси рассчитывается по формуле 8.

$$H = H_1 + H_2 \quad (8)$$

где  $H_1$  – высота сферической части засыпки, мм;

$H_2$  – высота цилиндрической части засыпки, мм.

Из объема сферической части можем получить высоту засыпки (высоту сферической части), по формулам 9, 10.

$$V_3 = V_1 + V_2 = 3600 \text{ мм}^3 \quad (9)$$

где,  $V_1$  – высота сферической части засыпки, мм;

$V_2$  – высота цилиндрической части засыпки, мм.

Из уравнения 9 выразим  $V_2$  и найдем высоту засыпки, зная диаметр полости матрицы по формуле 10.

$$H_2 = \frac{4(V_3 - V_1)}{\pi D_M^2} = \frac{4 * (3660 - 273)}{3,14 * 11,5^2} = 34,7 \text{ мм} \quad (10)$$

$$H = H_1 + H_2 = 4,5 + 34,7 = 40,2 \text{ мм}$$

На рисунке 12 представлена схема с расчетными значениями высоты засыпки.

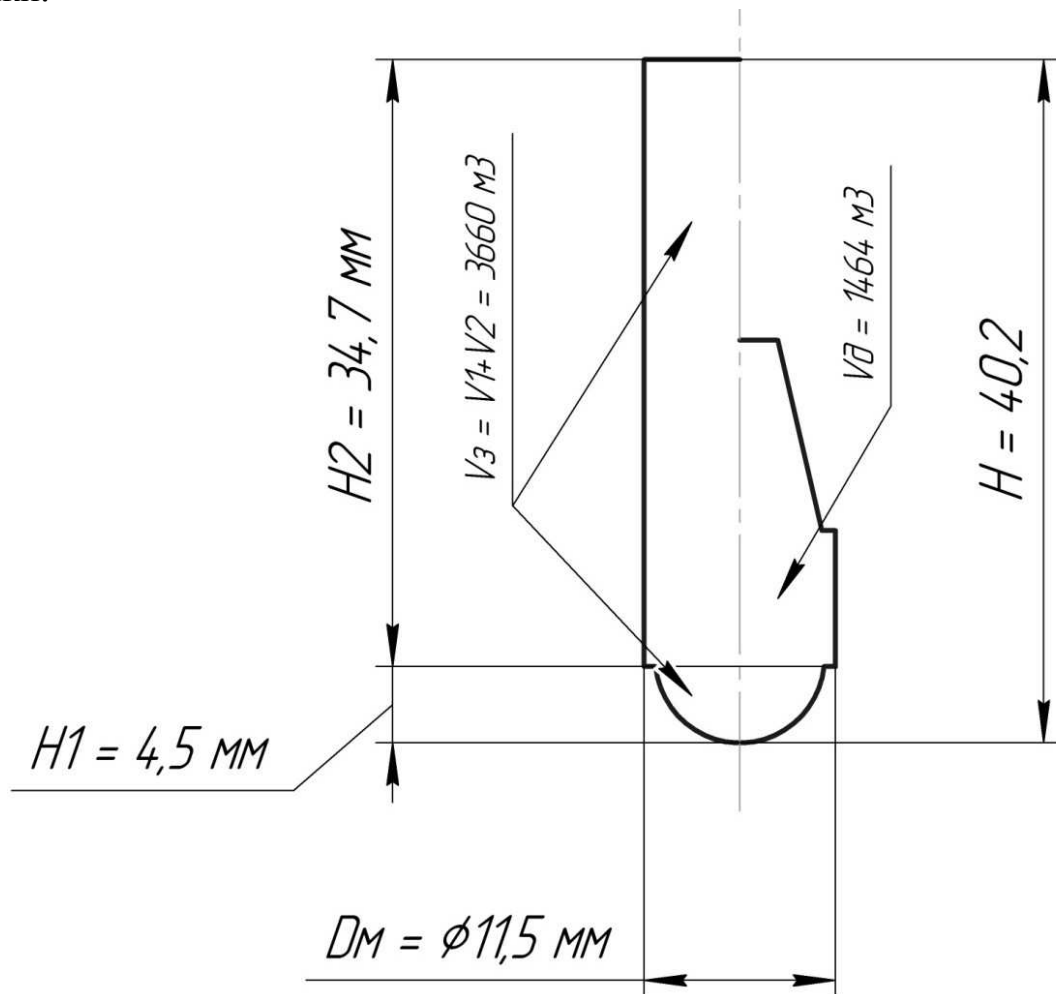


Рисунок 12 – Схема с расчетными значениями высоты

Размеры пуансонов (верхнего и нижнего) в плане не рассчитываются, поскольку наружные поверхности пуансонов сопрягаются с поверхностями матрицы, а внутреннее отверстие пуансона сопрягается со стержнем. Поэтому номинальные внутренние размеры отверстий пуансонов совпадают с расчетным размером стержня, наружный контур пуансонов имеет размеры и



конфигурацию, полностью совпадающие с рассчитанными размерами окна матрицы с очень небольшим по величине зазором.

На прочность рассчитывают основные детали пресс-формы (матрицы, пуансоны, стержни) и некоторые вспомогательные детали (подставки, пружины, ограничители). Размеры большинства деталей обусловлены величиной осевого усилия прессования, а толщина стенок матрицы - величиной бокового давления прессования.

Расчет матриц на прочность заключается в определении толщины стенки, так как другие ее параметры определяются или в зависимости от размера прессуемого изделия, или по конструктивным соображениям. Точный расчет действующих в стенке матрицы напряжений весьма сложный, поэтому на практике пользуются эмпирическим правилом: толщина стенки целой цилиндрической матрицы должна быть не менее радиуса рабочей полости. Недостаточная, жесткость матрицы часто является причиной появления поперечных трещин в прессовке во время выталкивания.

Усилие прессования на практике определяется по формуле 10:

$$P = p_{уд} * S = 0,7 * \frac{3,14 * 1,15^2}{4} = 0,667 \text{ т} \quad (11)$$

где  $p_{уд}$  – удельное давления прессования, т/см<sup>2</sup>;

$S$  – площадь прессования, см<sup>2</sup>.

Расчет матрицы на прочность заключается в определении толщины стенки, так как другие ее параметры определяются в зависимости от размеров прессуемого изделия, свойства шихты или по конструктивным соображениям.

На практике пользуются следующими рекомендациями: если боковое давление прессования  $P < 200 \text{ МПа}$ , то принимают  $D_2 / D_1 = 2$ , при  $P > 200 \text{ МПа}$  –  $D_2 / D_1 = 3$ . На практике наружный диаметр матрицы принимается по величине посадочного отверстия в плите прессуемого блока, но не менее трехкратного размера внутренней полости матрицы.

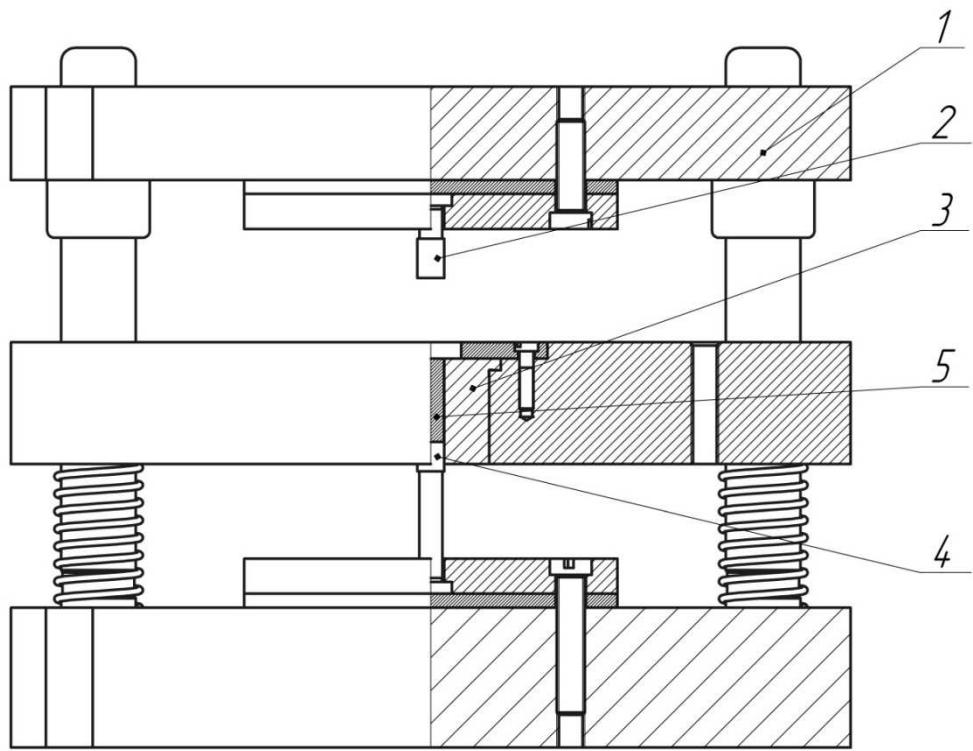
При прессовании изделий матрица под действием поперечного давления упруго деформируется, а прессуемое изделие находится под всесторонним сжатием. Силы упругого последействия и силы сжатия изделия, направленные в противоположные стороны, являются причиной появления поперечных трещин в прессовке при выталкивании. Для предотвращения появления поперечных трещин рекомендуется предусматривать коническое расширение в верхней части матрицы с уклоном 10...30' высотой 5...30 мм в зависимости от размеров полости матрицы. Коническая поверхность должна иметь скругление с верхней плоскостью матрицы  $R = 1...0,5 \text{ мм}$ . В формуле 11 приведен расчет наружного диаметра матрицы из условия жесткости.

$$D_2 = 2D_1 = 2 * 11,5 = 23 \text{ мм} \quad (12)$$

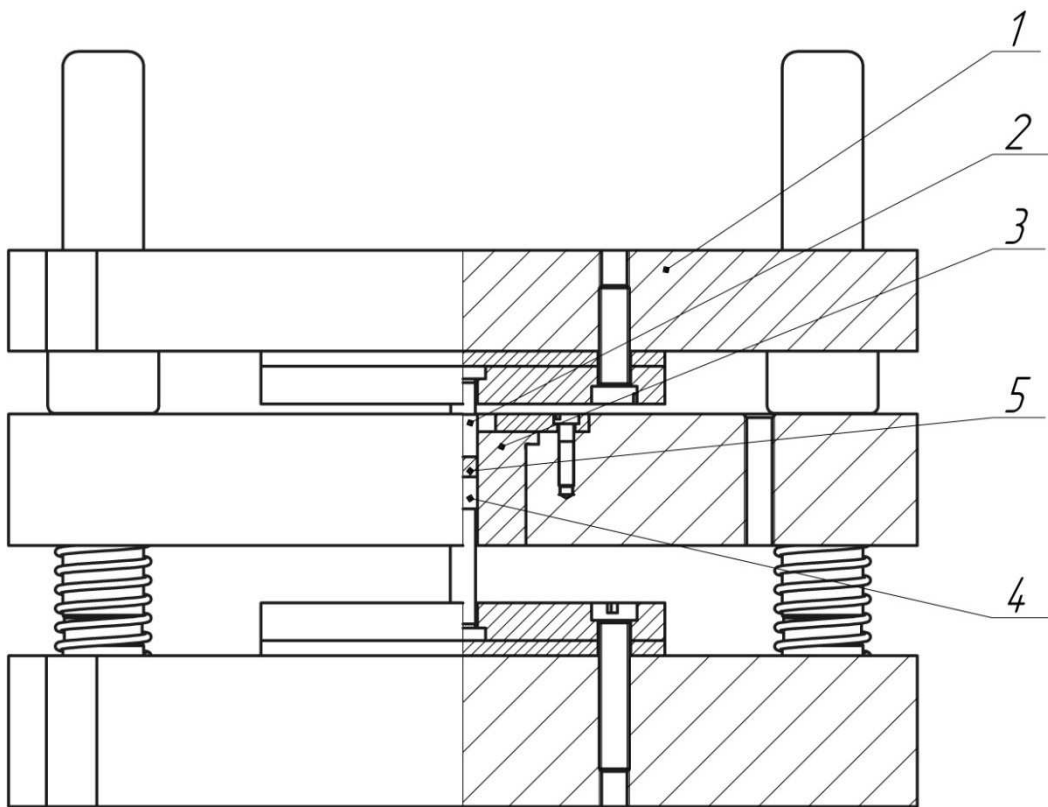
где  $D_2$  и  $D_1$  - наружный и внутренний диаметр матрицы.

На рисунке 13 представлена схема прессования порошковых заготовок (фрезерных головок) в полуавтоматическом блоке сменных матриц. Прессование заготовки 5 происходит за счет движения верхнего пуансона 2. Формование заготовки из порошка происходит в полости матрицы 3 и ограничивается по высоте нижним пуансоном 4. Извлечение заготовки достигается стягиванием матрицы 3 с заготовки 5 и нижнего пуансона 4 путем повторного хода верхней плиты 1 с вложением вилки 6.

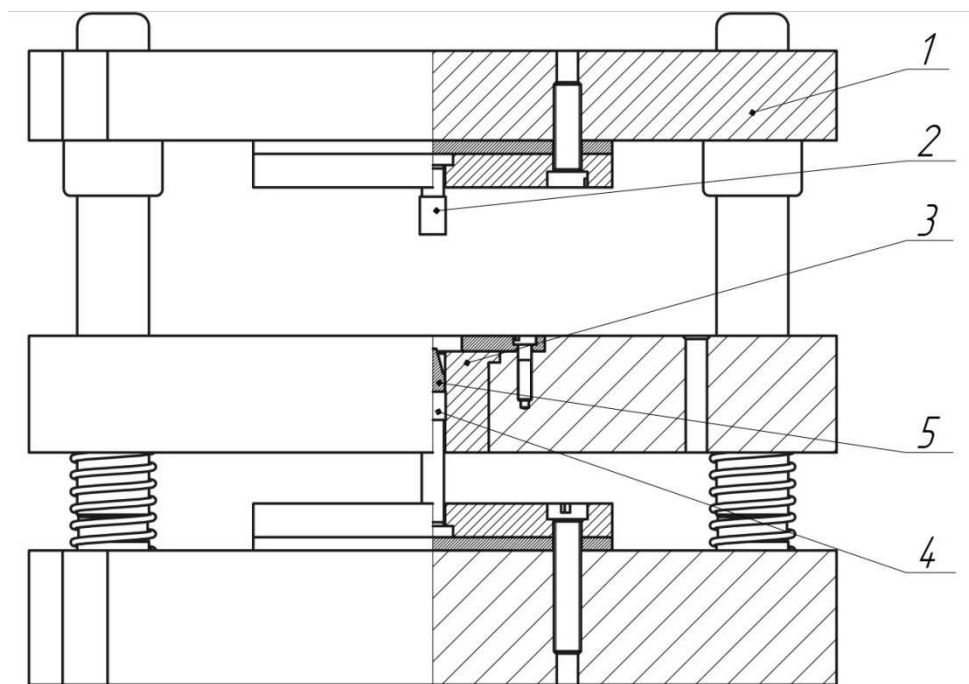
За счет схемы с плавающей матрицей 3 происходит выпрессовывание готовых изделий. Прессование и извлечение детали производятся одним и тем же движением верхней плиты 2, что упрощает конструкцию пресс-формы и процесс прессования в целом.



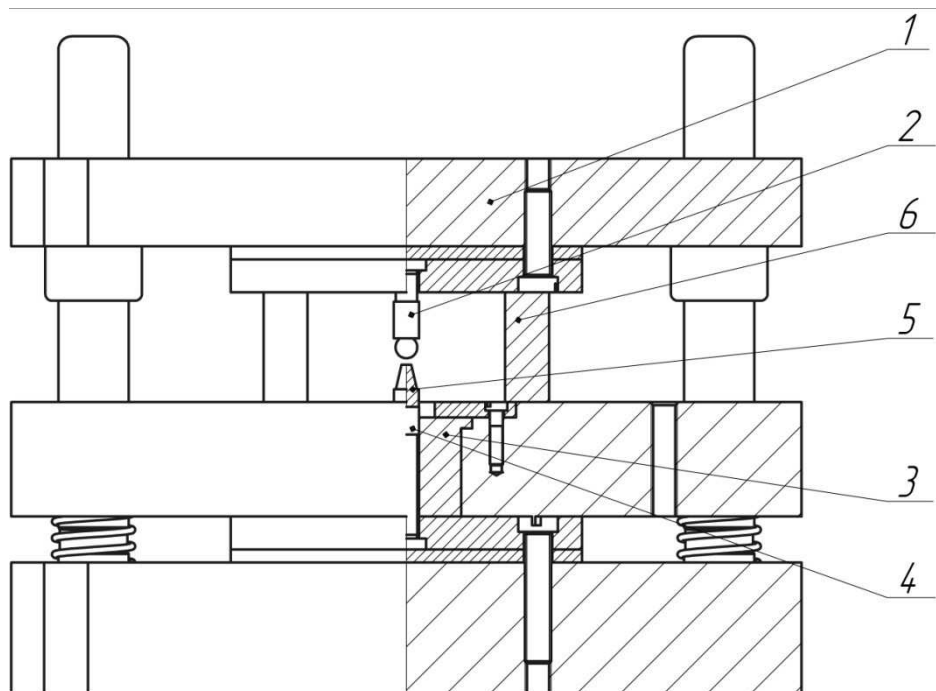
a)



б)



в)



г)

а – засыпка порошка; б – прессование;  
 в – поднятие верхнего пуансона и установка вилки;  
 г – стягивание матрицы с нижнего пуансона.

Рисунок 13 – Схема прессования

## 2.6 Размерный анализ конструкции пресс-формы

Для назначения допусков на размеры основных деталей пресс-формы рассчитаем размерную цепь А, изображенную на рисунке 14.

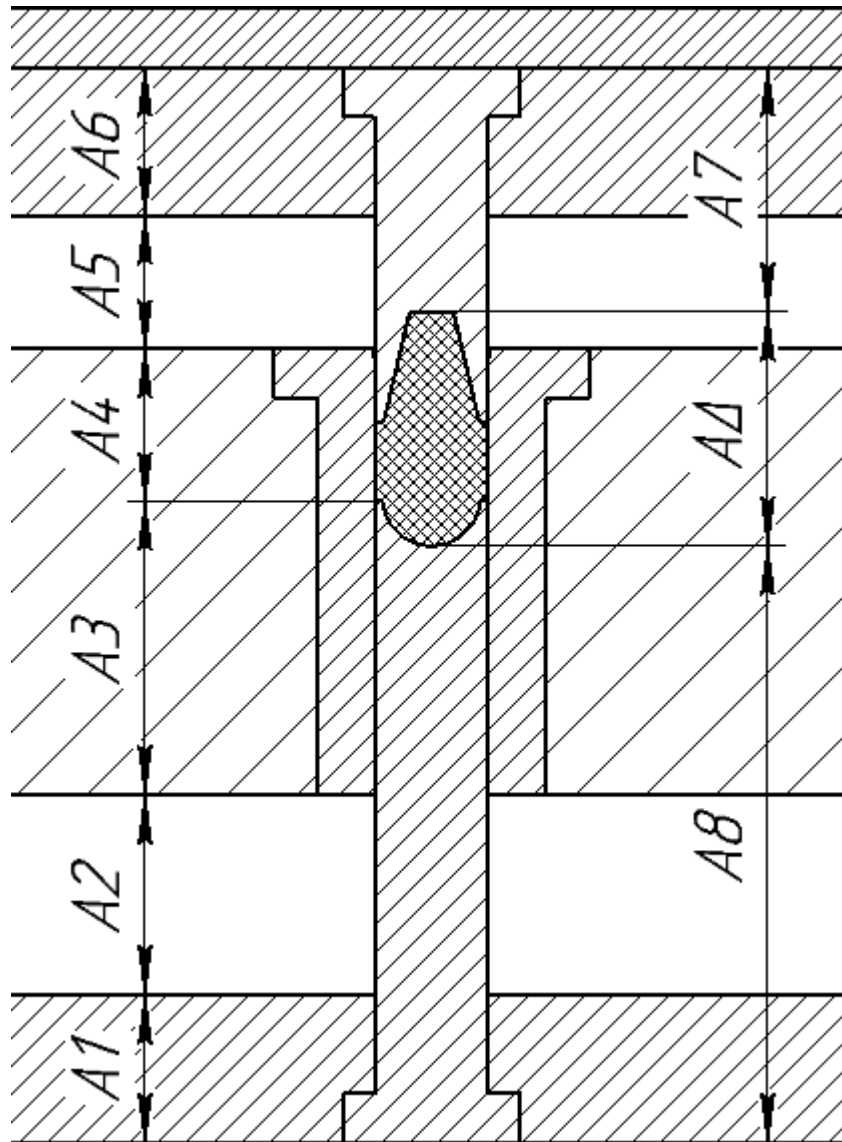


Рисунок 14 – Размерная цепь А

Исходя из чертежа заготовки фрезерной головки и ее служебного назначения, определяем величину замыкающего звена  $A_{\Delta}$  и допуск  $T_{A_{\Delta}}$  (допуск по IT7).

$$A_{\Delta} = 23,7; T_{A_{\Delta}} = 0,021$$

Составляющими звеньями в размерной цепи А являются:

- A1 – Расстояние от торца нижнего пуансона до торца пуансонодержателя;
- A2 – Расстояние от торца пуансонодержателя до торца матрицы;
- A3 – Расстояние от торца матрицы до торца нижнего пуансона;
- A4 – Расстояние от торца нижнего пуансона до торца матрицы;

- A5 – Расстояние от торца матрицы до торца пуансонодержателя;
- A6 – Расстояние от торца пуансонодержателя до торца верхнего пуансона;
- A7 – Расстояние от торца верхнего пуансона до торца заготовки;
- A8 – Расстояние от конца заготовки до торцы нижнего пуансона;

На рисунке 15 приведена схема размерной цепи А. Номинальные размеры и допуски составляющих звеньев размерной цепи А представлены в таблице 3.

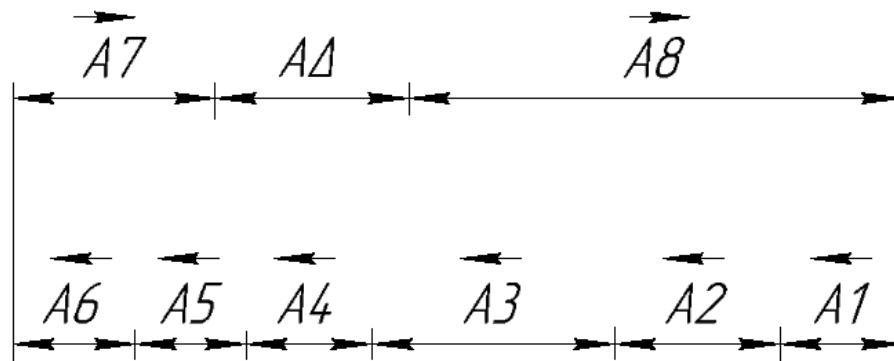


Рисунок 15 – Схема размерной цепи

Таблица 3 - Номинальные размеры и допуски составляющих звеньев

Звено	Номинальный размер	Предельные Отклонения размера	Допуск	Координата середины поля допуска
$A_{\Delta}$	23,7			
$A_1$	15	+0,018	0,018	+0,009
$A_2$	20,25	-	-	-
$A_3$	29,75	+0,021	0,021	+0,0105
$A_4$	15,45	+0,018	0,018	+0,009
$A_5$	13,55	+0,018	0,018	+0,009
$A_6$	15	+0,018	0,018	+0,009
$A_7$	24,8	+0,021	0,021	+0,0105
$A_8$	60,5	+0,03	0,03	+0,015

Уравнение размерной цепи приведено в формуле 13.

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^{n_j} \hat{A}_j - \sum_{q=1}^{n_q} \hat{A}_q = 15 + 20,25 + 29,75 + 15,45 + 13,55 + 15 - 24,8 - 60,5 = 23,7 \quad (13)$$

где  $n_j$ ,  $n_q$  – число соответственно увеличивающих и уменьшающих звеньев.

Из уравнения 12 видно, что все высотные размеры, размеры деталей и высота засыпки рассчитаны правильно.

## 2.7 Разработка 3D-модели основных формообразующих деталей

Ниже приведены 3-D модели: сборки (Рисунок 16), матрицы, нижнего и верхнего пуансонов (Рисунок 17), плиты, пуансонодержателя и вилки (Рисунок 18). Все построения проводились в САПР КОМПАС 3-D. Также были построены модели с этапами прессования (Рисунок 19). Также разработаны чертежи всех деталей и чертеж сборки.

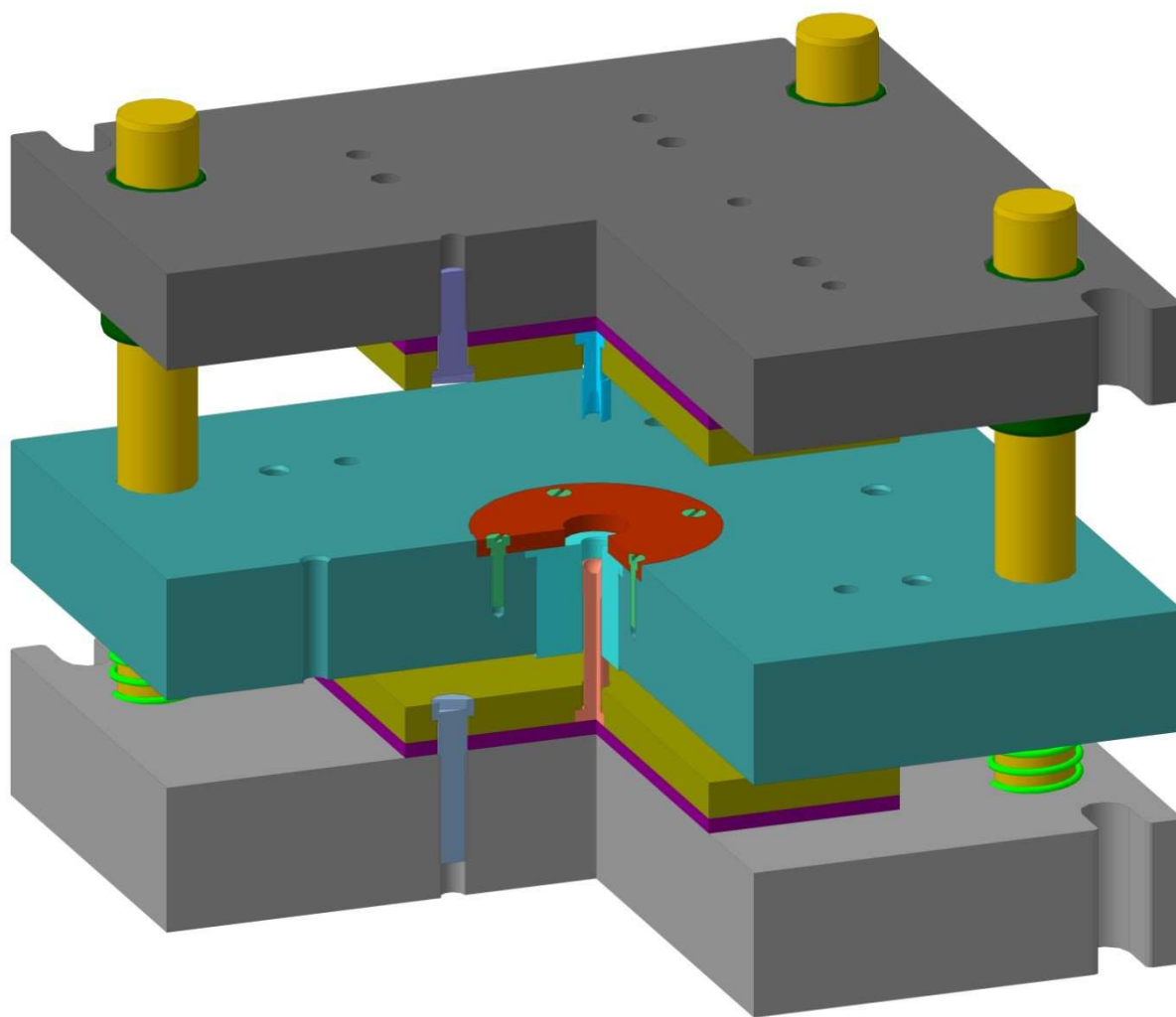
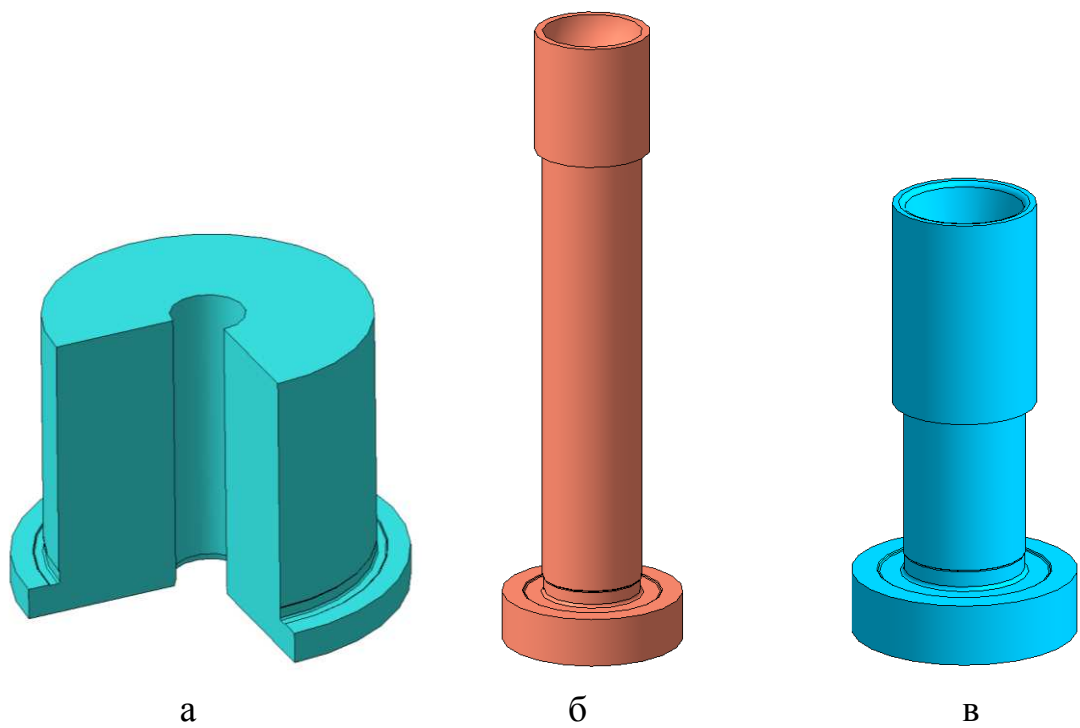
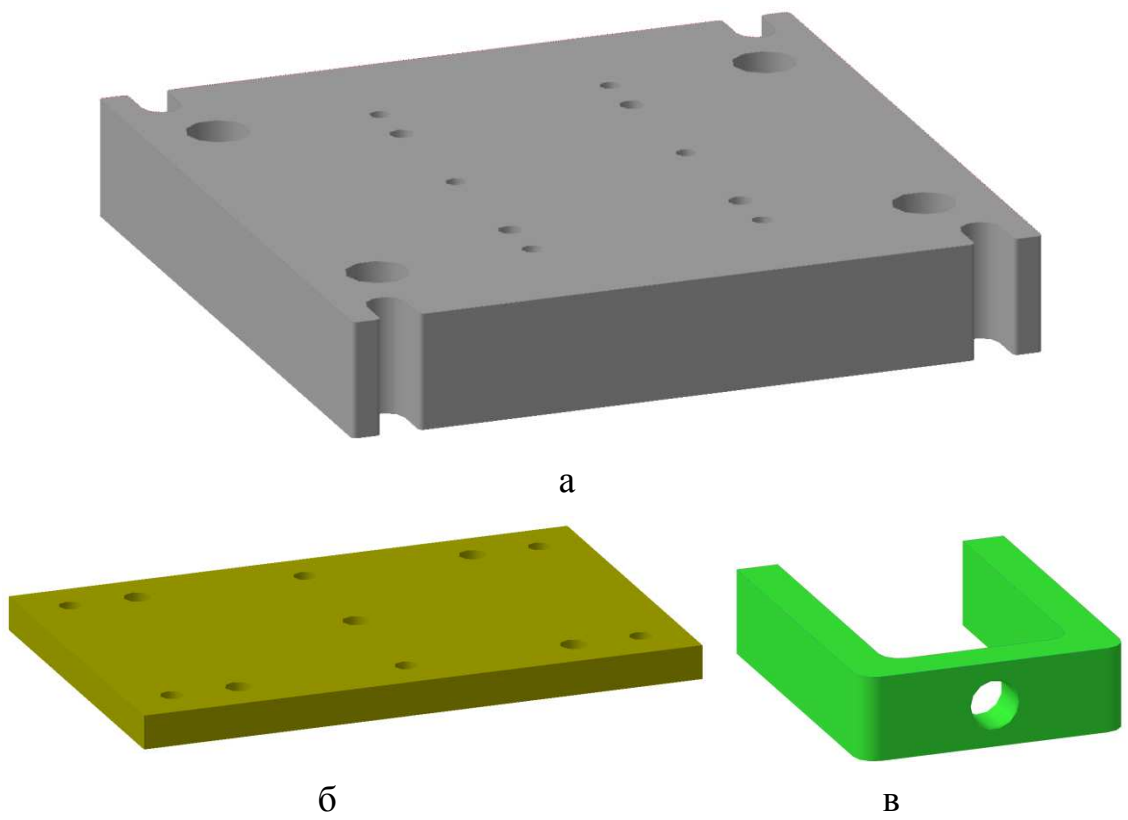


Рисунок 16 – 3-D модель сборки



а – матрица; б – нижний пуансон; в – верхний пуансон

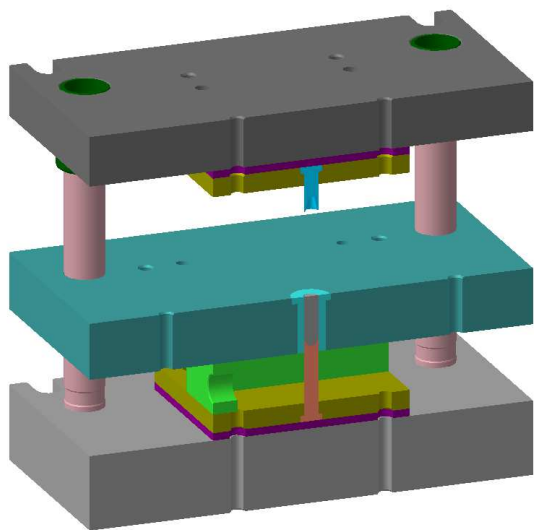
Рисунок 17 – 3-D модели матрицы, верхнего и нижнего пуансонов



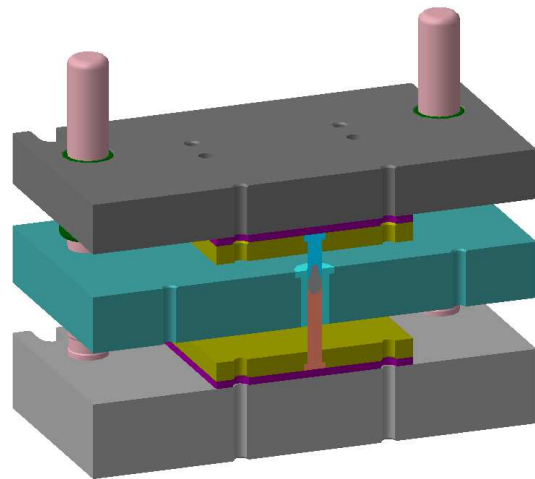
а – плита нижняя; б – пуансонодержатель; в – вилка

Рисунок 18 – 3-D модели нижней плиты, пуансонодержателя и вилки

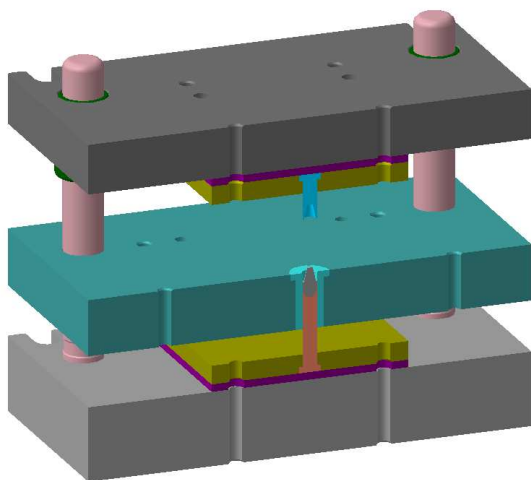




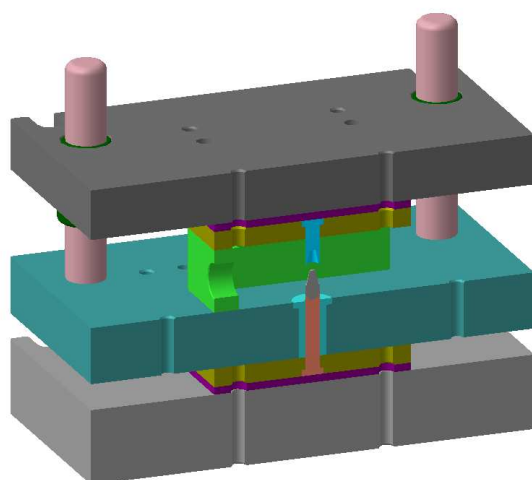
а



б



в



г

а – засыпка порошка; б – прессование; в – поднятие верхнего пуансона и установка вилки;  
г – стягивание матрицы с нижнего пуансона.

Рисунок 19 - 3-D модели этапов прессования

### 3 Технологический раздел

#### 3.1 Технологический процесс изготовления плиты пресс-формы

##### 3.1.1 Назначение детали, анализ технологичности и схемы контроля

Нижняя плита пресс-формы (позиция 4) является базовой, ответственной деталью для сборки и надежной работы всей пресс-формы. В ней размещаются основные направляющие элементы - колонны, пуансонодержатели и один из пуансонов. Плита представляет из себя массивную деталь прямоугольной формы с отверстиями под колонны и под крепеж пуансонодержателей.

В качестве заготовки для детали поковка из стали 40Х толщиной 65 мм и габаритами 355Х365 мм.

Основная часть обработки будет проводиться с одной технологической базы – основания плиты.

Наличие большого количества отверстий разного диаметра, а также резьбовых отверстий предполагает обработку на фрезерно-сверлильно-расточном станке с ЧПУ.

К недостаткам, детали с точки зрения технологичности, можно отнести:

- Большую массу;
- Наличие отверстий с резьбой;
- Высокий квалитет точности отверстий.

При выборе измерительных средств необходимо учитывать требования к точности контролируемой детали и допускаемые предельные погрешности измерительного прибора.

Методы и средства контроля точности размеров и относительных поворотов поверхностей для корпуса блока механического представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Методы и средства контроля

№	Контролируемый параметр	Средства контроля
1	Отверстия под колонны и пуансонодержатель	Калибры-пробки гладкие двусторонние со вставками диаметром свыше 3 мм до 50 мм. ГОСТ 14810-69
2	Плоскостность поверхности плиты	Щупы-70, набор №2, кл.точн.2; линейка ЛД-200

Рассматривалась два варианта получения заготовки: в виде отливки и заготовка из листа стали 40Х подходящей толщины.

Был выбран второй вариант из-за меньшей стоимости и возможности получение из одного листа аналогичных плит из конструкции пресс-формы.

### 3.1.2 Разработка последовательности изготовления плиты

Технологические переходы, станки и операционные эскизы, применяемые при изготовлении плиты, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Последовательность изготовления плиты

Номер и наименование перехода (операции)	Оборудование	Операционный эскиз
005 Отрезная Отрезать заготовку		
010 Фрезерная  1. Фрезеровать плоскость основания, выдерживая размер: 3. 2. Фрезеровать боковые поверхности плиты, выдерживая размеры: 1, 2. 3. Фрезеровать 4 паза, выдерживая размеры: 4, 5, 6.	HAAS DMC 650 V	
015 Шлифовальная  Шлифовать плоскости основания	HFS 4080B C	

Номер и наименование перехода (операции)	Оборудование	Операционный эскиз
<p>020 Сверлильно-расточная</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сверлить 4 отверстия <math>\varnothing 31</math> мм, выдерживая размеры: 1,2, 3.</li> <li>2. Сверлить 6 отверстий <math>\varnothing 11</math> мм, выдерживая размеры: 4, 5, 6.</li> <li>3. Сверлить 4 отверстия <math>\varnothing 11,5</math> мм, выдерживая размеры: 4, 7, 8.</li> <li>4. Растачивание 4-х отверстий до <math>\varnothing 32</math> мм, выдерживая размеры: 1,2, 3.</li> <li>5. Растачивание 4-х отверстий до <math>\varnothing 12</math> мм, выдерживая размеры: 4, 7, 8.</li> <li>6. Нарезать резьбу М12 в 6 отверстиях, выдерживая размеры: 4, 5, 6.</li> </ol>	HAAS DMC 650 V	
<p>025 Термообработка</p> <p>Закалить до твердости 48...54 HRC</p>	КЭП 135/1250	
<p>030 Расточная</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Развертывание 4-х отверстий <math>\varnothing 32</math> мм, выдерживая размеры: 1,2, 3.</li> <li>2. Развертывание 4-х отверстий <math>\varnothing 12</math> мм, выдерживая размеры: 4, 5, 6.</li> </ol>	HAAS DMC 650 V	
<p>035 Шлифовальная</p> <p>Шлифовать плоскость</p>	HFS 4080B C	

### 3.1.3 Определение припусков на обработку и режимов резания

Требуется рассчитать припуск на сверильно-расточную операцию и на фрезерную операцию.

Фрезерование плоскости: для заданной частоты и точности поверхности достаточно чистового фрезерования, которое на станке HAAS DMC 650 V можно провести за 1 проход, снимая сразу весь назначенный припуск в 2,5 мм.

Получение отверстия 32 мм: для получения отверстий под колонны диаметром 32 мм по 7-му качеству составим таблицу с расчетными значениями для операций (Таблица 6).

Таблица 6 – Значения припусков и предельных размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мм				Расчетный припуск $2z_{min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуски $\delta$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	$R_z$	T	p	$\xi$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2z_{min}$	$2z_{max}$
Сверление	50	70	50	160		31.01	250	31.01	31.26		
Черновое растачивание	40	50	5	10	2*330	31.67	160	31.67	31.83	660	820
Чистовое растачивание	20	20	3	5	2*100	31.87	100	31.87	31.97	200	300
Точное развертывание	5	10	1	1	2*45	31.96	39	31.96	32	90	129
Тонкое развертывание	3.2	5			2*20	32	25	32	32.025	40	65

Назначение режимов резания и выбор инструмента производился с использованием вспомогательных программ фирмы ISCAR «ITA - Iscar Tool Advisor» и Sandvik Coromant «Tool Guide. Данное приложение предназначено также для автоматизированного расчета режимов обработки резанием, выбора конструкции инструмента. Режимы обработки представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Режимы обработки

№	Операция/ переход	Инструмент	Изображение инструмента	Скорость резания, м/мин	Подача на зуб, мм/зуб	Мощность, кВт
1	Отрезка	S-CUT	-	-	-	-
2	Торцевание	S845 F45SX D063-07-22- R16		185	0,3	7,3
3	Обработка профиля	T490 SM- D50-36-3- 27-13		197	0,12	9,7
4	Обработка паза	MM S-A- L100/42- C16-T10- CH		272	0,05	6,6
5	Сверление 31 мм	DCN 310- 093-32R-3D		110	0,32	9,6
6	Черновое/ Чистовое расточивание	A16R- SSKCR09-P		236	0,31	1,144
7	Сверление 12 мм	DCN 120- 060-16A-5D		110	0,22	2,86
8	Сверление 11 мм	DCN 100- 080-16R-8D		110	0,22	2,41

### 3.1.4 Техническое нормирование процесса обработки плиты

Расчет основного технологического, вспомогательного и штучно-калькуляционного времени производилось по методике, приведенной в [9] с учетом мелкосерийного характера производства. Норма штучного времени на обработку одной детали рассчитывается по формуле 13.

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \cdot K_{ТВ}) \left( 1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right) \quad (14)$$

где  $K_{ТВ}$  – поправочный коэффициент на время выполнения ручной вспомогательной работы;

$a_{тех}$ ,  $a_{орг}$ ,  $a_{отл}$  – время на технологическое и организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности, процент от оперативного времени;

$T_{ца}$  – время цикла автоматической работы станка по программе, мин, (таблица 8).

$T_{в}$  – вспомогательное время на операцию (формула 17).

$$T_{ца} = T_{о.т.} + T_{м.в.} \quad (15)$$

где  $T_{о.т.}$  – основное технологическое время, мин;

$T_{м.в.}$  – машинно-вспомогательное время, рассчитывается по формуле 16.

$$T_{м.в.} = T_{м.в.и} + T_{м.в.х} \quad (16)$$

где  $T_{м.в.и}$  – машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента, мин;

$T_{м.в.х}$  – машинно-вспомогательное время на выполнение автоматических холостых ходов и технологические паузы, мин (таблица 8).

$$T_{в} = T_{в.у} + T_{в.оп.} + T_{в.изм} \quad (17)$$

где  $T_{в.у}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{в.оп.}$  – вспомогательное время, не вошедшее в управляющую программу, мин;

$T_{в.изм}$  – вспомогательное, время на измерения, мин;

$$T_{пз} = T_{пз.1} + T_{пз.2} + T_{пр.обр} \quad (18)$$

где  $T_{пз.1}$  – норма времени на организационную подготовку, мин;

$T_{пз.2}$  – норма времени на наладку: станка, приспособления, инструмента, программных устройств, мин;

$T_{пр.обр}$  – норма времени на пробную обработку.

В таблице 8 представлено время цикла автоматической работы станка, по программе включая время на выполнение автоматических холостых ходов и технологические паузы. Значения получены при составлении управляющей программы в PoverMill.

Таблица 8 – Время обработки

№	Операция/переход	Время обработки, мин
1	Торцевание	2,5*2
2	Обработка профиля	58
4	Обработка паза	5
6	Сверление 31 мм	0,55
7	Сверление 12 мм	0,16
8	Сверление 11 мм	0,33
9	Резьба М12	0,33
10	Растачивание отверстия 32 мм	17,2
11	Развертка 32 мм	0,56
	Итого	77,18

Тогда время цикла автоматической работы станка по программе:

$$T_{\text{ца}} = 77,18 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, составит:

$$T_{\text{в}} = 4 + 1 + 1 = 6 \text{ мин}$$

Нормы штучного времени:

$$T_{\text{шт}} = (77,18 + 6 \cdot 0,8) \times \left(1 + \frac{10+10+10}{100}\right) = 105 \text{ мин}$$



### 3.1.5 Разработка управляющей программы обработки плиты

Управляющая программа (УП) составлена в PowerMill, на рисунках 20-21 изображены поверхности, полученные на определенных операциях и переходах.

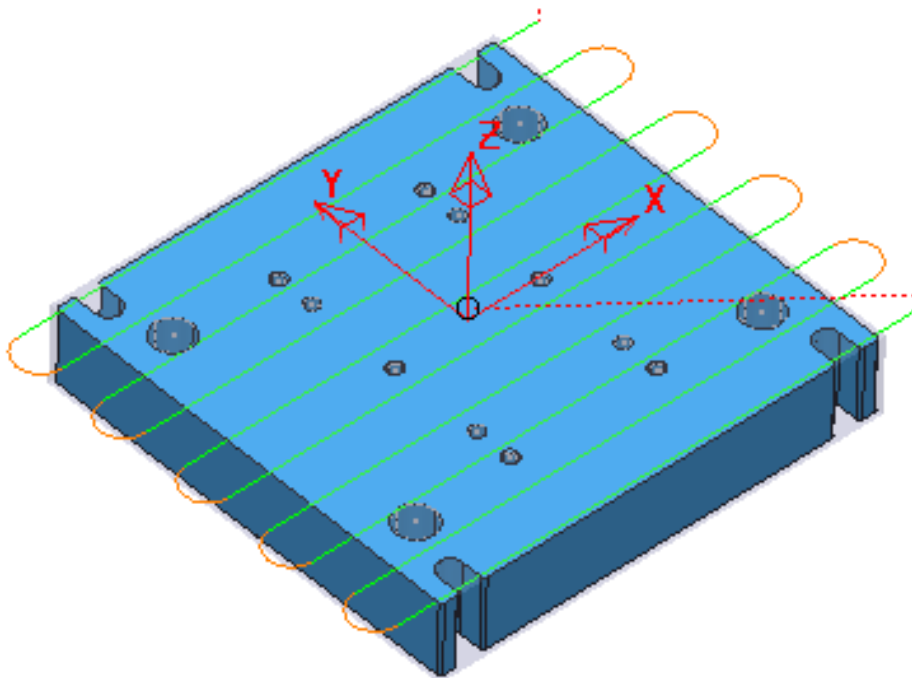


Рисунок 20 - 010 фрезерная (торцевание)

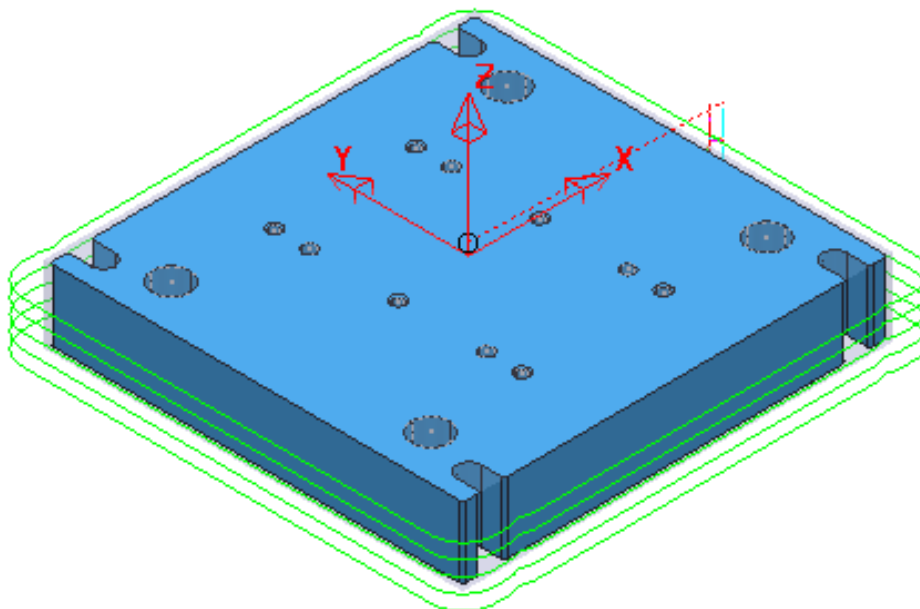


Рисунок 21 - 010 фрезерная (обработка боковых поверхностей)

## **3.2 Технологический процесс изготовления матрицы**

### **3.2.1 Назначение детали, анализ технологичности и схемы контроля**

Матрица определяет форму детали получаемой прессованием, а также является загрузочной камерой для порошка на этапе засыпки.

Материал для матрицы выбираем X12M. деталь необходимо закалить для получения требуемой для матрицы твердости 62 HRC.

Обработка будет проводиться на токарном станке с ЧПУ. На черновых операциях в центрах, на чистовых – в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

Контроль высотных размеров по IT7 производить прецизионным штангенциркулем ШЦЦ-I;

Контроль диагональных размеров производить микрометром;

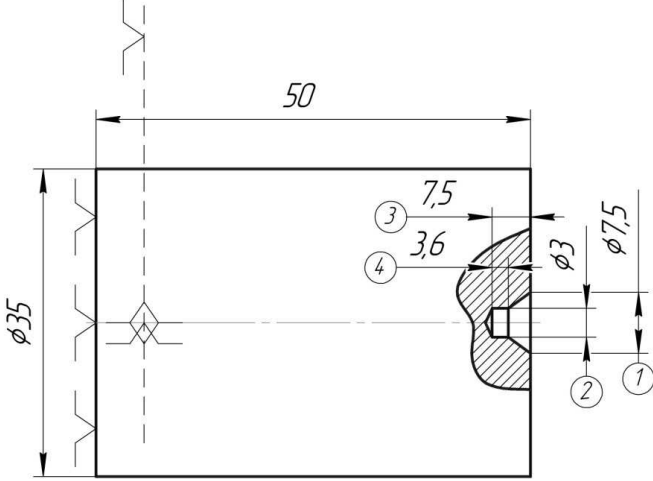
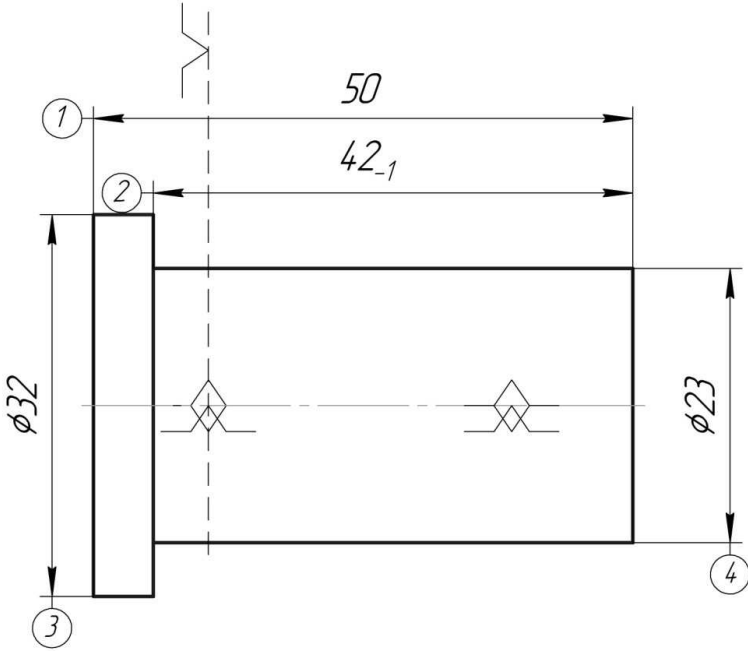
Контроль перпендикулярности торцев цилиндрической поверхности производить в оправке на измерительной плите с применением индикатора часового типа.

В качестве заготовки выбираем поковку, т.к. матрица воспринимает большие нагрузки во время процесса прессования, ковкой заготовки получается мелкозернистая структура материала матрицы, что повышает ее прочность и износостойкость.

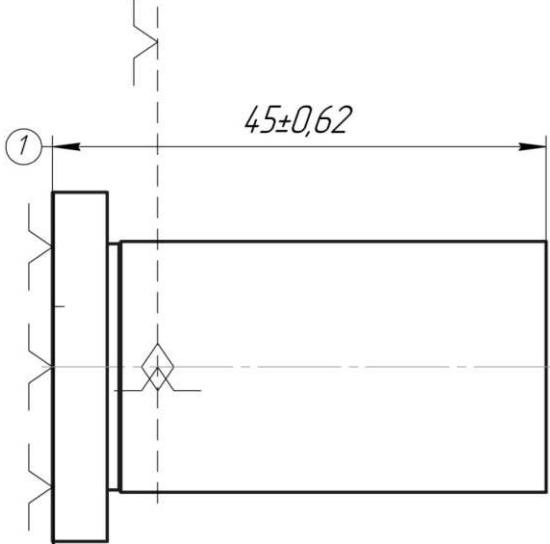
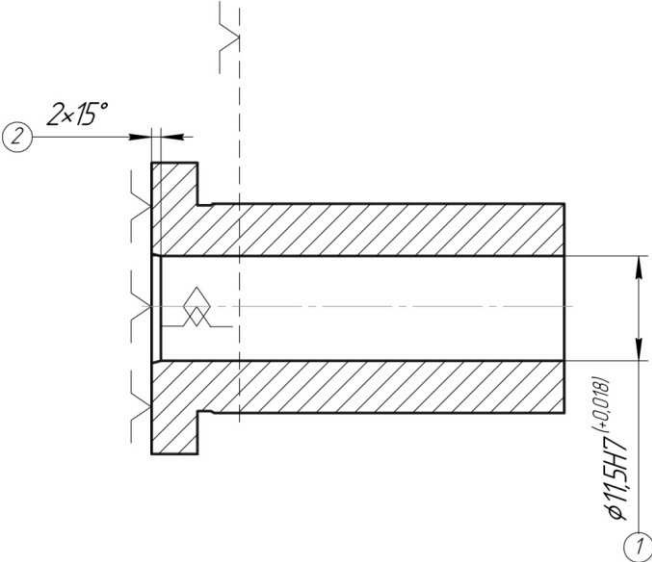
### 3.2.2 Разработка последовательности изготовления матрицы

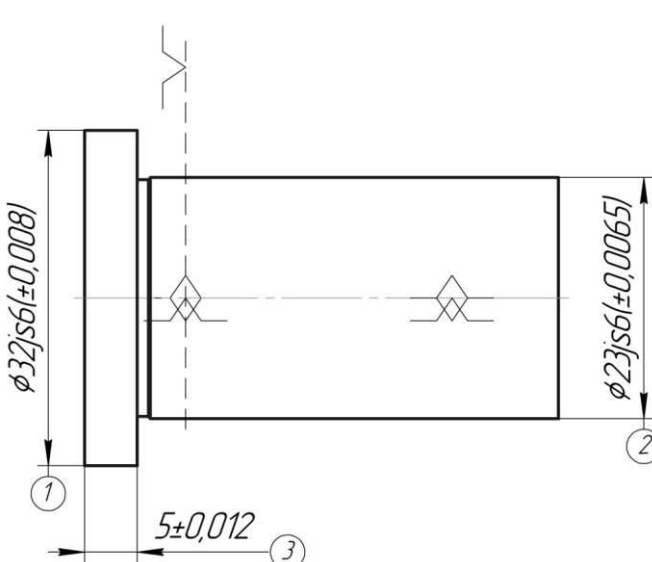
Технологические переходы, станки и операционные эскизы, применяемые при изготовлении матрицы, приведены в 9.

Таблица 9 - Последовательность изготовления матрицы

Номер и наименование перехода (операции)	Оборудование	Операционный эскиз
<p>005 Токарно-центровальная</p> <p>Сверлить центровочные отверстия, выдерживая размеры: 1, 2, 3, 4.</p>	<p>HAAS NEF400</p>	
<p>010 Токарно-винторезная</p> <p>1. Точить цилиндрическую поверхность, выдерживая размеры: 1, 3. 2. Точить цилиндрическую поверхность, выдерживая размеры: 2, 4.</p>	<p>HAAS NEF400</p>	

<p>015 Токарно-винторезная</p> <p>1. Сверлить отверстие 2. Черновое растачивание 3. Чистовое растачивание, выдерживая размеры: 1, 2, 3.</p>	<p>HAAS NEF400</p>	
<p>020 Токарно-винторезная</p> <p>1. Подрезать торцы, выдерживая размеры: 1, 2. 2. Точить канавку под выход шлифовального круга.</p>	<p>HAAS NEF400</p>	
<p>025 Термообработка</p> <p>1. Закалить до твердости HRC 61...63.</p>	<p>КЭП 135/1250</p>	

<p>030 Шлифовальная</p> <p>Шлифовать торцы, выдерживая размер 1.</p>	<p>Плоскошлифовальный станок HFS 4080B C</p>	
<p>035 Внутришлифовальная</p> <p>Шлифовать внутреннюю поверхность, выдерживая размеры: 1, 2.</p>	<p>Круглошлифовальный станок с ЧПУ ШК324.3</p>	

<p>040 Шлифовальная</p> <p>Шлифовать наружную поверхность, выдерживая размеры: 1, 2, 3.</p>	<p>Плоскошлифовальный станок HFS 4080B C</p>	 <p>The drawing shows a shaft with a diameter of <math>\phi 32_{js6}(\pm 0,008)</math> at the left end (feature 1) and a diameter of <math>\phi 23_{js6}(\pm 0,0065)</math> at the right end (feature 2). A length dimension of <math>5 \pm 0,012</math> (feature 3) is indicated from the left end to the start of the smaller diameter section. Surface finish symbols are present on the cylindrical surfaces.</p>
<p>045 Токарная</p> <p>Полировать внутреннюю поверхность</p>	<p>T15K6</p>	

### 3.2.3 Расчет припусков и режимов резания

Расчет припуска для внутренней поверхности матрицы  $11,5H7^{+0,018}$  приведен в таблице 10.


Таблица 10 – Значения припусков и предельных размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мм				Расчетный припуск $2z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуски $\delta$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	$R_z$	T	p	$\xi$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Сверление	50	70	50	0		10,854	160	10,854	11,014		
Черновое растачивание	50	50	5	0	2x170	11,194	90	11,194	11,284	340	430
Чистовое растачивание	25	25	2	0	2x102	11,398	39	11,398	11,437	204	243
Тонкое шлифование	1	1			2x51	11,500	18	11,500	11,518	102	120

Режимы резания и инструмент на отдельные операции для обработки матрицы приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Режимы резания

№	Операция/переход	Инструмент	Изображение инструмента	Скорость резания, м/мин	Подача на зуб, мм/зуб	Мощность, кВт
1	Сверлить центровочные отверстия, 3 мм	860.1-0320-016A1-PM 4234		121	0,1	0,674
2	Сверлить центровочные отверстия, 7 мм	860.1-0750-028A1-PM 4234		180	0,22	4

№	Операция/ переход	Инструмент	Изображение инструмента	Скорость резания, м/мин	Подача на зуб, мм/зуб	Глубина резания, мм	Мощность, кВт
3	Точить цилиндрическую поверхность	DCLN R 1616H 09		156	0,3	2	3,5
4	Сверлить отверстие 10,9 мм	870-1050-7L16-10		110	0,14	-	2,86
5	Черновое/чистовое растачивание	MGSI R 08-06W		58	0,06	0,15/0,1	0,54
6	Подрезка торцев	DCK NR 2020K 12		406	0,207	1,5	5,36

### 3.2.4 Техническое нормирование процесса обработки матрицы

В таблице 12 представлено время цикла автоматической работы станка, по программе включая время на выполнение автоматических холостых ходов и технологические паузы.

Таблица 12 – Время обработки матрицы

№	Операция/переход	Время обработки, мин
1	Сверлить центровочные отверстия, 3 мм	0,25*2
2	Сверлить центровочные отверстия, 7 мм	0,3*2
3	Точить цилиндрическую поверхность	2,1
4	Сверлить отверстие 10,9 мм	0,3



№	Операция/переход	Время обработки, мин
5	Черновое/ чистовое растачивание	0,3
6	Подрезка торцев	0,3
7	Шлифование торцев	0,5*2
8	Шлифование внутренней поверхности	1
9	Шлифование наружной поверхности	4
	Итого	4,1

Тогда время цикла автоматической работы станка по программе:

$$T_{\text{ца}} = 10,1 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, составит:

$$T_{\text{в}} = 4 + 1 + 1 = 6 \text{ мин}$$

Нормы штучного времени:

$$T_{\text{шт}} = (10,1 + 6 \cdot 0,8) \times \left( 1 + \frac{10+10+10}{100} \right) = 19,37 \text{ мин}$$

### 3.2.5 Разработка управляющей программы обработки матрицы

На рисунках 22-25 изображены траектории технологических переходов и операций.

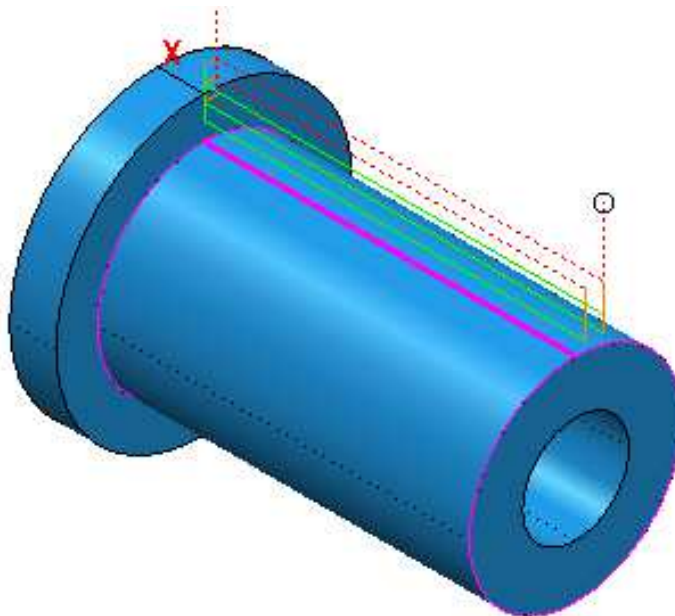


Рисунок 22 – 010 токарно-винторезная (точение наружной поверхности)

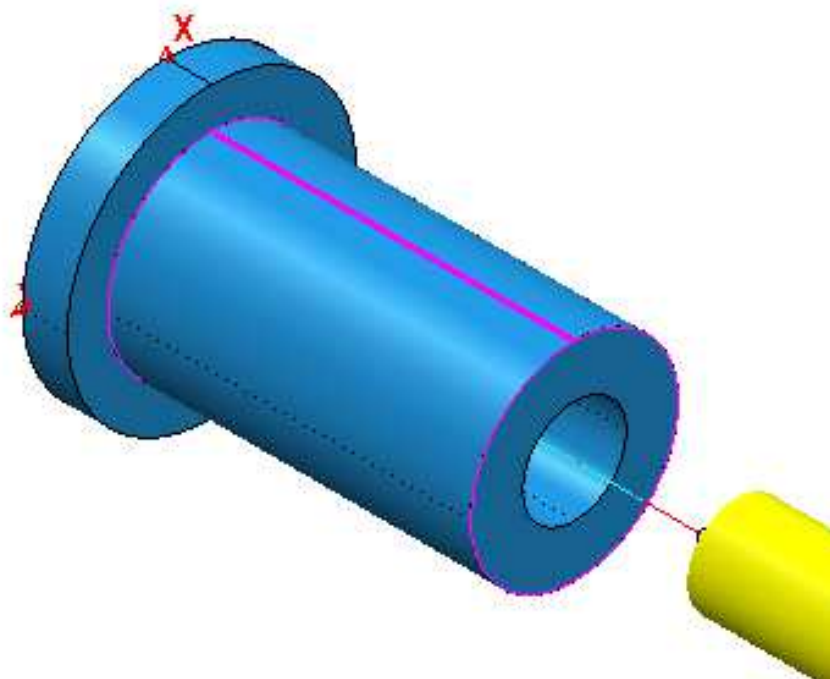


Рисунок 23 - 015 токарно-винторезная (сверление)

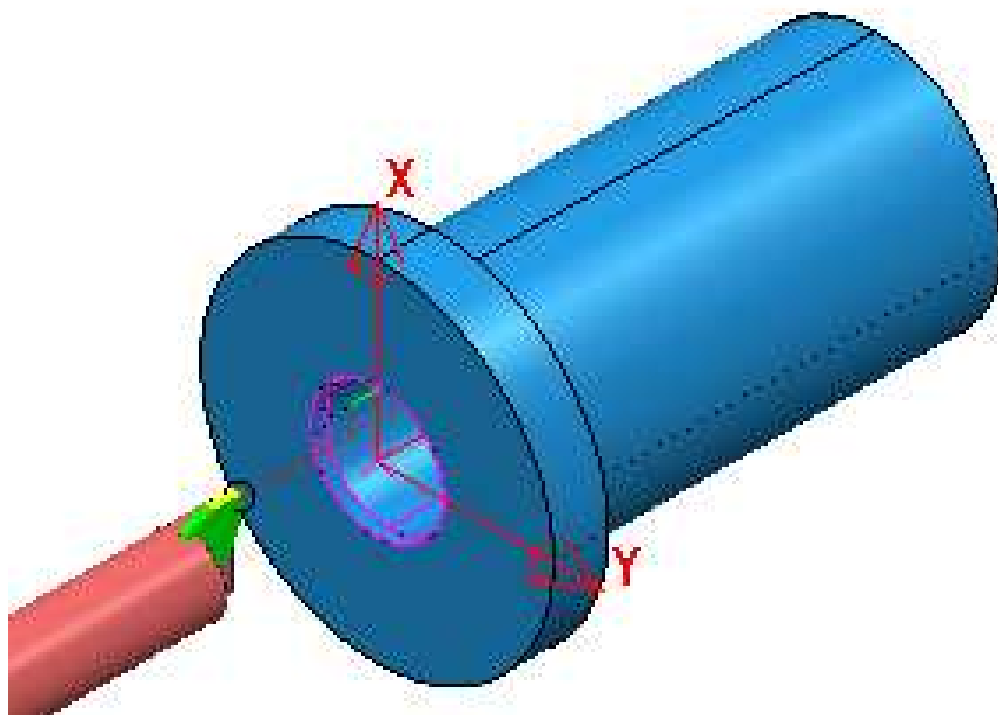


Рисунок 24 – 015 токарно-винторезная (расточивание внутренней поверхности)

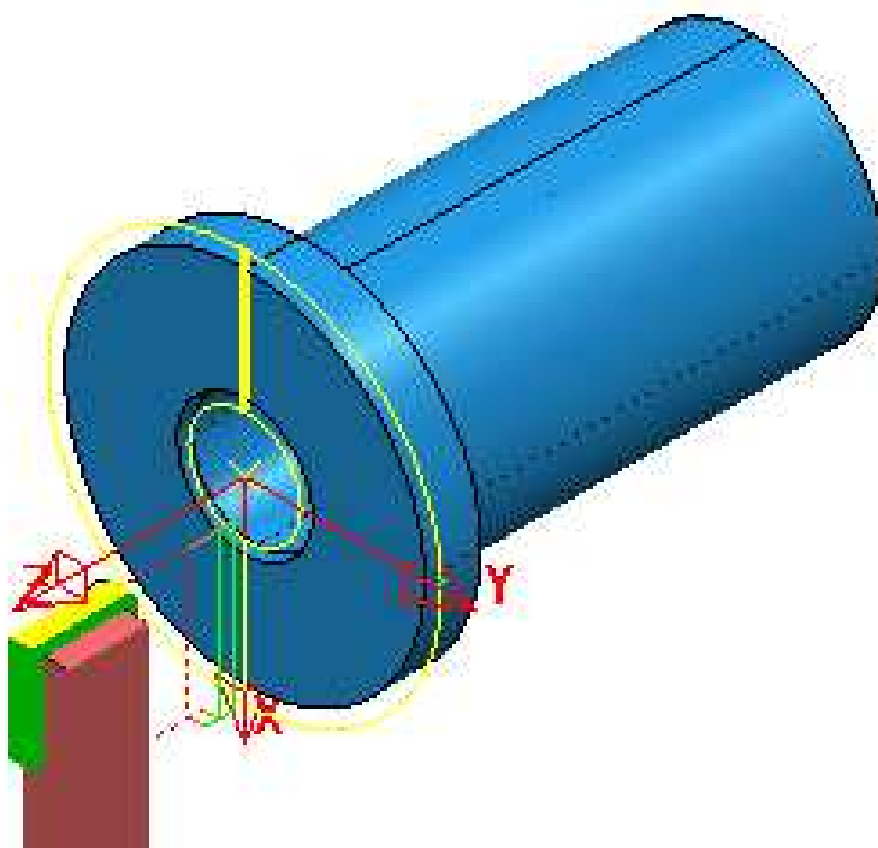


Рисунок 25 - 020 токарно-винторезная (подрезка торца)

### **3.3 Технологический процесс изготовления пуансонов**

#### **3.3.1 Назначение детали, анализ технологичности и схемы контроля**

Верхний пуансон предназначен для передачи усилия прессования порошку и формования заготовки. Нижний пуансон закрывает формующую камеру матрицы и формирует сферическую поверхность на заготовке. На поверхности пуансонов предусмотрена шейка для отделения шлифуемой цилиндрической поверхности. В нижней части пуансонов предусмотрен бурт для закрепления в пуансонодержателе.

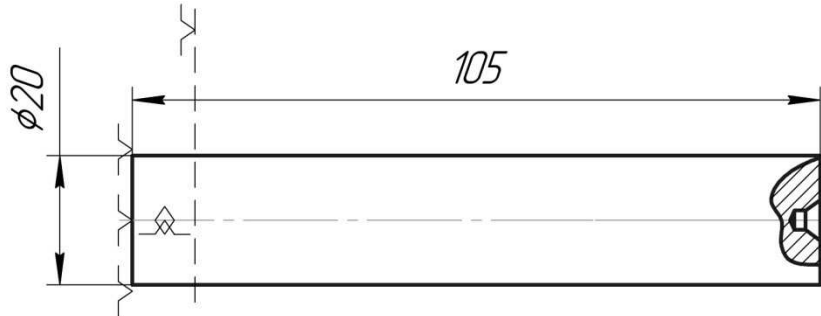
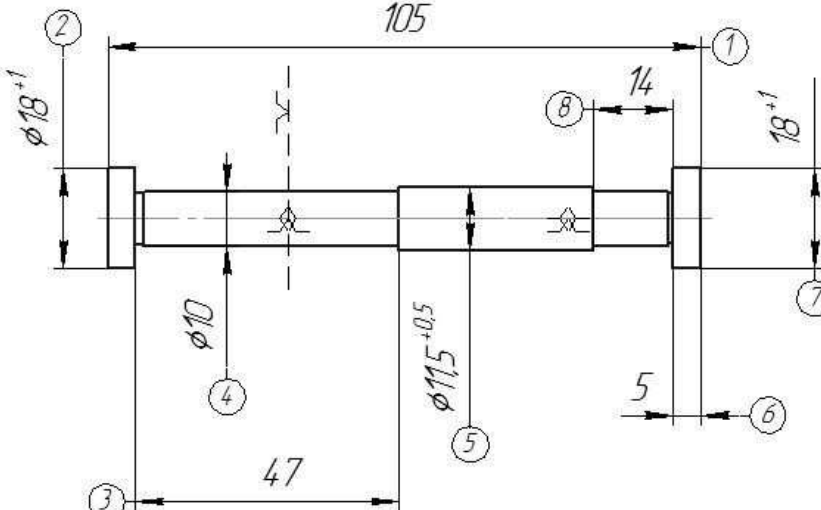
Контроль высотных размеров по IT7 производить прецизионным штангенциркулем ШЦЦ-I; Контроль диагональных размеров производить микрометром; Контроль перпендикулярности торцев цилиндрической поверхности производить в оправке на измерительной плите с применением индикатора часового типа.

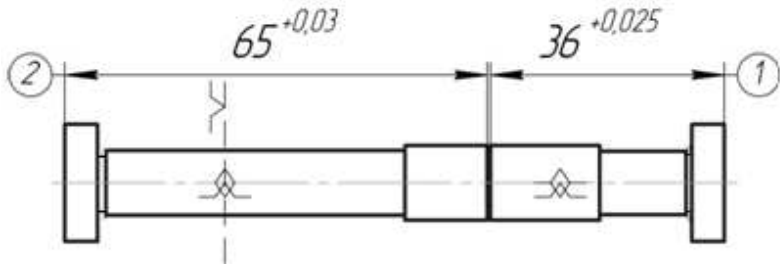
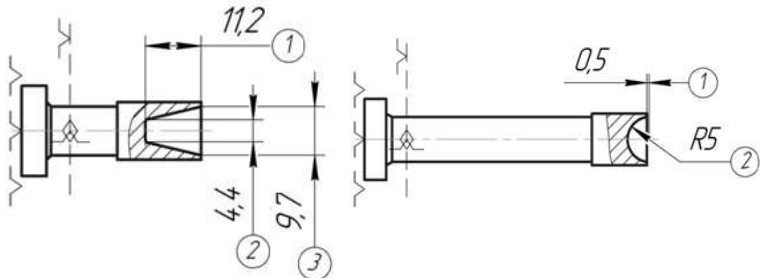
Пуансоны будут получены из одного кованого прутка из стали X12M с закалкой до твердости 56-58 HRC. Верхний и нижний пуансоны целесообразно изготавливать из одной заготовки, которая после обработки резанием и подвергается закалке, шлифованию и полируется. Затем заготовку разрезают на два пуансона, шлифуют торцы и выполняют углубления. Одновременное изготовление обоих пуансонов повышает точность, соосность и снижает стоимость.

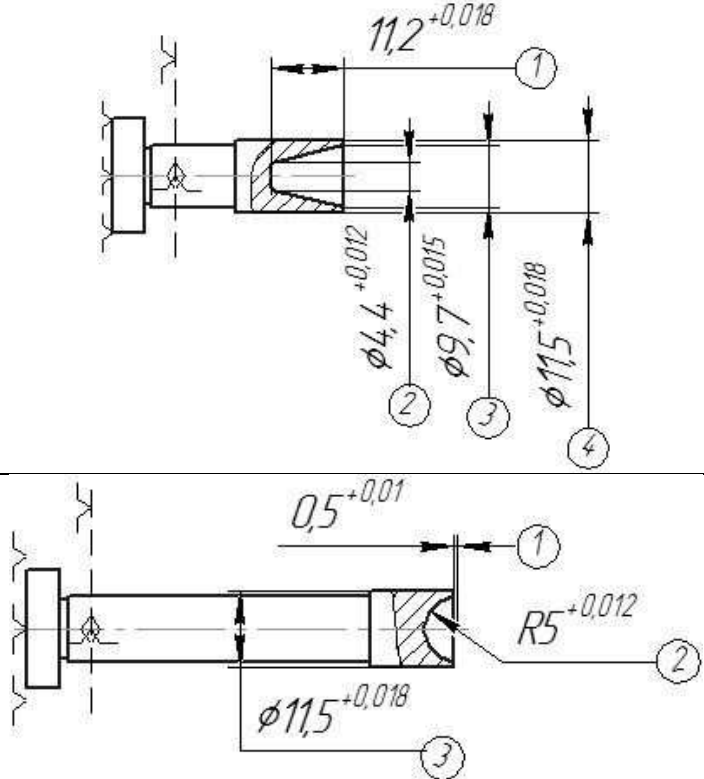
### 3.3.2 Разработка последовательности изготовления

В таблице 13 приведена последовательность обработки пуансонов

Таблица 13 - Последовательность обработки пуансонов

Номер и наименование перехода (операции)	Оборудование	Операционный эскиз
<p>005 Токарно-центровальная</p> <p>Сверлить центровочные отверстия.</p>	<p>HAAS NEF400</p>	
<p>010 Токарно-винторезная</p> <p>Точить наружную поверхность, выдерживая размеры: 1, 2, ... 8.</p>	<p>HAAS NEF400</p>	

<p>Номер и наименование перехода (операции)</p>	<p>Оборудование</p>	<p>Операционный эскиз</p>
<p>015 Отрезная</p> <p>Разрезать заготовку на два пуансона, выдерживая размеры 1 и 2.</p>	<p>HAAS NEF400</p>	
<p>020 Токарно-винторезная</p> <p>Точить полости в пуансонах, соблюдая размеры: 1-3.</p>	<p>HAAS NEF400</p>	

<p>Номер и наименование перехода (операции)</p>	<p>Оборудование</p>	<p>Операционный эскиз</p>
<p>025 Термообработка  Закалить до 56...58 HRC</p>	<p>КЭП 135/1250</p>	
<p>030 Шлифовальная  Шлифовать углубления в пуансоне, выдерживая размеры 1, 2, 3, 4.  Шлифовать углубления в пуансоне, выдерживая размеры 1, 2, 3.</p>	<p>Круглошлифовальный станок с ЧПУ ШК324.3</p>	
<p>035 Токарно-винторезная  Полировать полости пуансонов</p>	<p>Т15К6</p>	

### 3.3.3 Расчет режимов обработки

В таблице 14 приведен инструмент и режимы резания.

Таблица 14 – Режимы резания

№	Операция/ переход	Инструмент	Изображение инструмента	Скорость резания, м/мин	Подача на зуб, мм/зуб	Глубина резания, мм	Мощность, кВт
1	Сверлить центровочные отверстия, 3 мм	860.1- 0320- 016A1 -PM 4234		121	0,1	0,674	
2	Сверлить центровочные отверстия, 7 мм	860.1- 0750- 028A1 -PM 4234		180	0,22	4	3,5
3	Черновое точение	MGSI R 08- 06W		58	0,06	0,15/0,1	0,54



### 3.3.4 Техническое нормирование

В таблице 15 представлено время цикла автоматической работы станка, по программе включая время на выполнение автоматических холостых ходов и технологические паузы.

Таблица 15 – Время обработки пуансонов

№	Операция/переход	Время обработки, мин
1	Сверлить центровочные отверстия, 3 мм	0,25*2
2	Сверлить центровочные отверстия, 7 мм	0,3*2
3	Точить наружную поверхность	2,3
4	Шлифование	2
5	Разрезка	0,3
6	Шлифовать углубления в пуансоне	2,3+1,5

Тогда время цикла автоматической работы станка по программе:

$$T_{ца} = 9,5 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, составит:

$$T_{в} = 4 + 1 + 1 = 6 \text{ мин}$$

Нормы штучного времени:

$$T_{шт} = (9,5 + 6 \cdot 0,8) \times \left( 1 + \frac{10+10+10}{100} \right) = 18,6 \text{ мин}$$

### 3.3.5 Разработка управляющей программы

На рисунках 26-27 изображены траектории технологических переходов и операций.

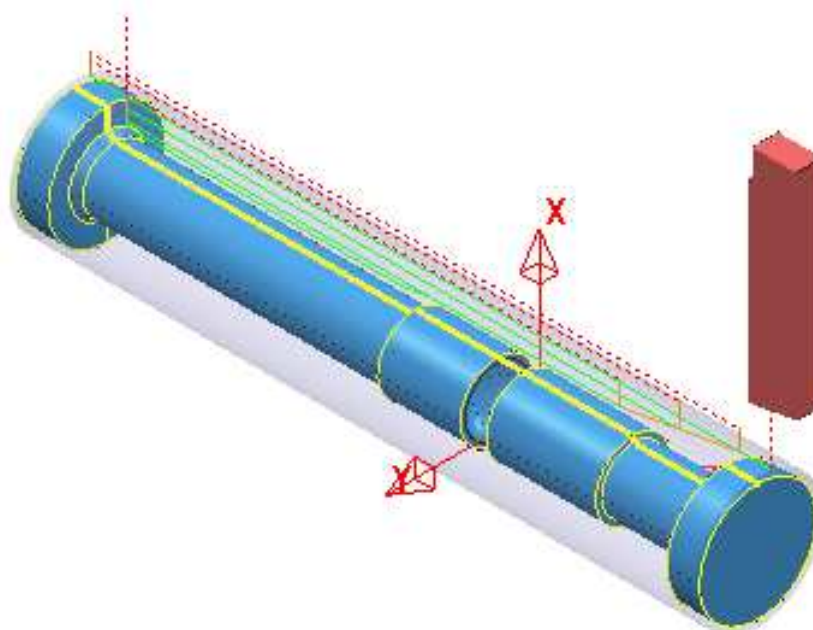


Рисунок 26 – 010 токарно-винторезная (точение наружной поверхности)

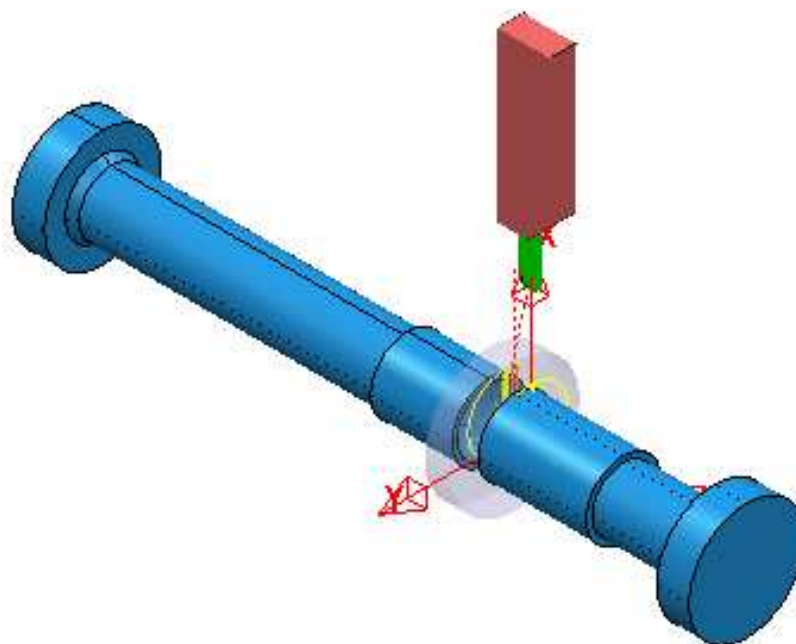


Рисунок 27 – 020 отрезная



### 3.4.1 Расчет по форме организации производства

Расчет такта выпуска,  $\tau$ , выполняется по формуле 19.

$$\tau = \frac{60\Phi_{до}}{N} \quad (19)$$

где,  $\Phi_{до}$  - годовой действительный фонд времени работы оборудования, при двухсменной работе  $\Phi_{до}$  - 4000 час./год;

$N$  - заданная программа выпуска, шт./год.

$$\tau = \frac{60\Phi_{до}}{N} = \frac{60 * 4000}{100} = 2400 \text{ мин/шт}$$

Количество рабочих мест  $S_{пр}$ , зависит от нескольких факторов: требуемого такта выпуска изделий; общего количества сборочных переходов и времени их выполнения; количества переходов, выполняемых автоматически, количество переходов, выполняемых одновременно (концентрация операций). Значения всех этих факторов определяются на разных этапах проектирования с различной точностью. Здесь, на самом предварительном этапе проектирования технологического процесса, расчетное количество рабочих мест  $S_p$  можно приближенно рассчитать по формуле 20.

$$S_p = \frac{n_o * t_{ср}}{\tau} \quad (20)$$

где,  $t_{ср}$  - среднее время на выполнение одного сборочного перехода, т.е. на установку одной детали или сборочной единицы, мин/шт;

$n_o$  - общее количество сборочных переходов (применительно к технологическому процессу, ориентировочно, может быть принято равным количеству деталей и сборочных единиц, входящих в изделие  $n_o = 19$ );

$\tau$  - такт выпуска изделий, мин/шт.

$$S_p = \frac{n_o * t_{ср}}{\tau} = \frac{19 * 0,2}{2400} = 0,263 = 1 \text{ шт}$$

Тип производства определяется на основе коэффициента закрепления операций  $K_{зо}$ , рассчитываемого по формуле 21.

$$K_{зо} = \frac{n_o}{S_{пр}} \quad (21)$$

где,  $S_{пр}$  - принятое количество рабочих мест (верстаков, станков, позиций или единиц сборочного оборудования).

Получаем ориентировочное значение коэффициента  $K_{зо}$ .

$$K_{30} = \frac{n_o}{S_{пр}} = \frac{n_o}{S_p} = \frac{19}{1} = 19$$

Значение 19 соответствует единичному типу сборочного производства.

### 3.4.2 Анализ технологичности узла

Сборочная единица расчленяется на рациональное число составных частей на основе принципа агрегатирования;

Конструкция сборочной единицы обеспечивает возможность ее компоновки из стандартных и унифицированных частей без применения сложной технологической оснастки;

Конструкция сборочной единицы предусматривает базовую составную часть (нижняя плита), которая является основной для размещения остальных составных частей;

Базовая составная часть (нижняя плита) удобна для установки на рабочем месте сборки (в приспособлении, на рабочем столе, сборочной площадке и пр.). Компоновка конструкции сборочной единицы позволяет производить сборку при неизменном базировании составных частей;

В конструкции базовой составной части (нижней плиты) предусмотрена возможность использования конструктивных сборочных баз в качестве технологических и измерительных;

Компоновка сборочной единицы обеспечивается:

- 1) общей сборкой без промежуточной разборки и повторных сборок составных частей;
- 2) удобным доступом к местам, требующим контроля, регулировки и проведения других работ;
- 3) легкосъемностью составных частей с малым ресурсом;
- 4) рациональным расположением такелажных узлов, монтажных опор и других устройств для обеспечения транспортабельности изделия.

Наименьшее количество поверхностей и мест соединений составных частей в конструкции;

Отсутствие сложной и необоснованно точной обработки сопрягаемых поверхностей соединения составных частей;

Недопустимость дополнительной обработки составных соединений в процессе сборки конструкции;

Рациональность методов закрепления деталей (запрессовка, пластическая деформация, точечная сварка и др.).

Количественно, технологичность конструкции изделия, применительно к разным условиям производства, можно оценить с помощью обобщенного коэффициента технологичности  $K_0$ , который рассчитываем по формуле 22.

$$K_0 = \sum_{i=1}^m \lambda_i K_i \quad (22)$$

где,  $K_i$  - значение  $i$ -того коэффициента технологичности;  
 $\lambda_i$  - уровень значимости для  $i$ -того коэффициента технологичности,  
для серийного производства.

В таблице 16 представлены наименования и значения коэффициентов технологичности.

Таблица 16 – Коэффициенты технологичности

Наименование коэффициента	Обозначение и расчетные формулы	Параметры формул	Значение коэффициента
$K_{чд}$ - коэффициент числа деталей	$K_{чд} = e^{-0.006n_0}$	$n_0$ – число деталей в сборке, $n_0 = 19$	$K_{чд} = 0,685$ $\lambda_{чд} = 0,15$
$K_{пов}$ - коэффициент повторяемости	$K_{пов} = 1 - \frac{n_0}{Q}$	$Q$ – число наименований Деталей, $Q = 11$	$K_{пов} = 0,683$ $\lambda_{пов} = 0,1$
$K_{мех}$ - коэффициент механизации	$K_{мех} = \frac{n_{мех}}{n_0}$	$n_{мех}$ - число деталей, которые можно установить с применением средств механизации, $n_{мех} = 3$	$K_{мех} = 0,127$ $\lambda_{мех} = 0,3$
$K_{вз}$ - коэффициент взаимозаменяемости	$K_{вз} = \frac{n_{вз}}{n_0}$	$n_{вз}$ - число соединений, выполняемых по методу полной взаимозаменяемости, $n_{вз} = 5$	$K_{вз} = 1$ $\lambda_{вз} = 0,2$
$K_y$ - коэффициент унификации и стандартизации	$K_y = \frac{n_y}{n_0}$	$n_y$ - число стандартных и унифицированных деталей, $n_y = 3$	$K_y = 0,508$ $\lambda_y = 0,15$
$K_v$ – коэффициент числа направлений	$K_v = 1 - \frac{V_i}{n_0}$	$V_i$ - число направлений (сторон) сборочных движений	$K_v = 0,962$ $\lambda_v = 0,1$

$$K_0 = \sum_{i=1}^m \lambda_i K_i =$$

$$= 0,685 * 0,15 + 0,683 * 0,1 + 0,127 * 0,3 + 1 * 0,2 + 0,508 * 0,15 + 0,962 * 0,1 =$$

$$K_0 = \sum_{i=1}^m \lambda_i K_i = 0,582$$

Значение соответствует оценке – технологичная.

### 3.4.3 Методы и схемы контроля

Окончательно собранные штампы и пресс-формы подвергаются внешнему осмотру, проверке их основных размеров и соблюдения требований, изложенных ниже.

Необходимо строго соблюдать равномерность зазоров между рабочими частями, добиваясь соответствия их чертежу штампа;

Требуется добиться строгой перпендикулярности рабочих частей штампа установочным поверхностям плит;

Следует создать плавную работу всех подвижных частей, устранить перекосы, возможные заедания и добиться безотказной работы съемно-удаляющих устройств;

Необходимо следить за тем, чтобы опорные плоскости обеих плит были параллельны друг другу и допустимые отклонения по параллельности не превышали 0,08 мм;

Нужно обеспечить взаимную параллельность боковых поверхностей (образующих профиль рабочей части). Может быть допущен только обратный уклон этих поверхностей до 0,04 мм, но ни в коем случае не прямой конус;

Оси хвостовика должны быть перпендикулярными установочным поверхностям плит.

Ниже представлены схемы измерения отклонений от параллельности плит и отклонение от перпендикулярности оси колон и плоскости плит, а также отклонение от параллельности осей самих колонн.

На рисунке ниже (Рисунок 29) представлена схема измерения отклонения от параллельности плоскости уровнем. Уровень последовательно кладут на контролируемые поверхности детали и определяют разность показаний прибора. Контролируемые поверхности при этом должны занимать примерно горизонтальное положение

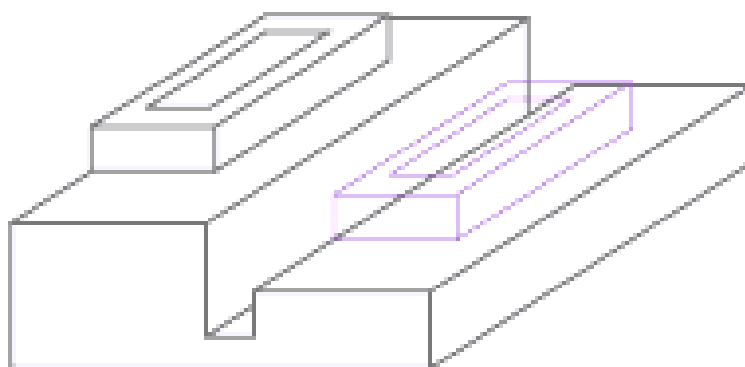


Рисунок 29 – Схема измерения уровнем

На рисунке 30 представлена схема измерения отклонения от параллельности осей колонн. Непараллельность определяют по результатам измерения размеров  $l_1$  и  $l'_1$  или  $l_2$  и  $l'_2$  на заданной длине  $l_1$  и  $l$  с помощью концевых мер длины, микрометра, штангенциркуля или другого измерительного устройства.

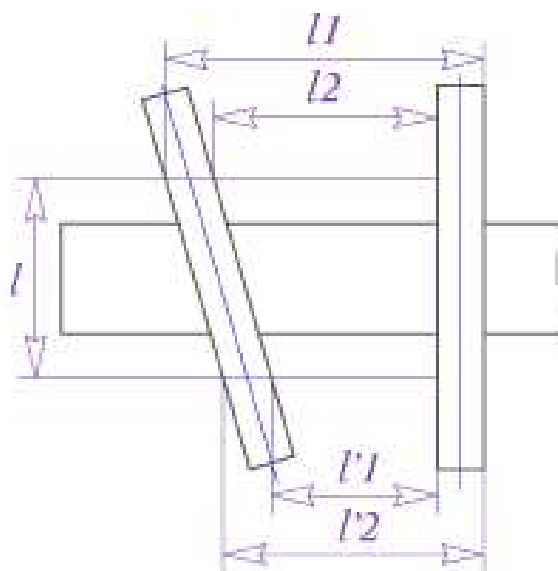


Рисунок 30 – Схема измерения отклонения от параллельности

На рисунке ниже (Рисунок 31) представлена схема измерения отклонения от перпендикулярности оси колонн и плоскости плит. Измерительное устройство поворачивают вокруг оси оправки и фиксируют наибольшее показание измерительной головки.[8]



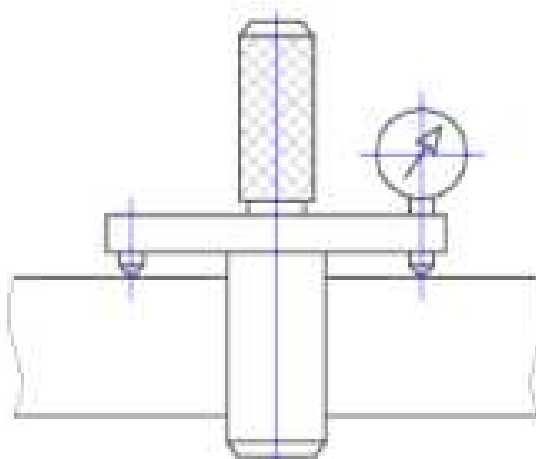


Рисунок 31 – Схема измерения отклонения от перпендикулярности

Самым простым способом комплексного контроля такой оснастки является ее испытание в производственных условиях цеха. До выпуска в производственный цех оснастка должна быть испытана в условиях инструментального цеха путем выполнения отпечатка или отливки из легко деформируемых или легкоплавких материалов.

Производственное испытание пресс-форм ведется на производственном оборудовании и на производственной заготовке опытным наладчиком штампов в присутствии слесаря, собравшего оснастку пресс-форм.

После испытания и исправления выявленных недостатков штамп предъявляется в отдел технического контроля (ОТК) вместе с изготовленными на нем пробными деталями. ОТК производит окончательную проверку штампа; выписывает паспорт. После окраски пресс-формы передается в производственный цех для эксплуатации.

### 3.4.4 Разработка последовательности сборки

На рисунке 32 представлена последовательность сборки пресс-формы.

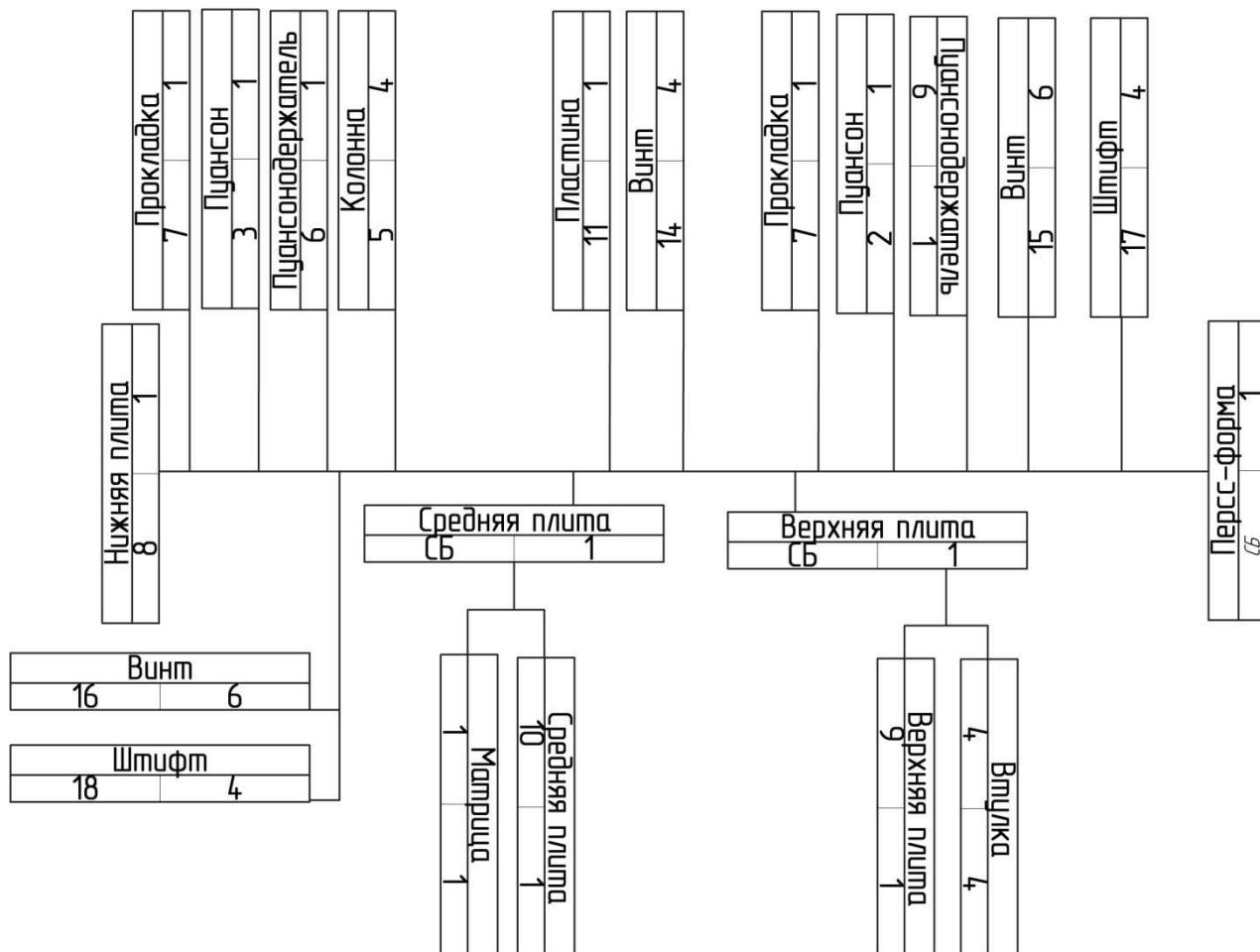


Рисунок 32 – Последовательность сборки пресс-формы

На этапе присоединения верхнего пуансона требуется применить метод регулирования, т.е. опустить верхнюю плиту в матрицу и в таком положении закрутить болты.

Перечень сборочных работ пресс-формы представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень сборочных работ

№	Содержание переходов и приемов	Время, мин
1.	Обдуть, зафиксировать стропами и установить нижнюю плиту 8 на стол	0,14+0,08+0,5+0,2
2.	Обдуть и установить прокладку 7 на плиту	0,08+0,04
3.	Обдуть и установить пуансон 3	0,08+0,07

Окончание  
Таблица 17

4.	Обдуть и установить на пуансон 3 пуансонодержатель 6	0,08+0,07
5.	Установить 4 штифта 18	0,41*4
6.	Установить и завертеть 6 винта 18	0,03+0,04+0,05+0,41*6
7.	Обдуть и установить 4 колонны 5	(0,07+0,07)*4
8.	Вставить матрицу 1 в среднюю плиту 10	0,29
9.	Установить пластину 11 на матрицу 1	0,15
10.	Установить и завертеть 4 винта 14	0,03+0,04+0,05+0,35*4
11.	Обдуть, зафиксировать стропами и установить среднюю плиту 10 на колонны 5	0,14+0,08+0,75+0,2
12.	Обдуть и установить питатель 14 на плиту 3	0,07+0,1
13.	Вкрутить 4 втулки 4 в верхнюю плиту 9	0,33*4
14.	Обдуть, зафиксировать стропами и установить верхнюю плиту 9 на колонны 5	0,14+0,08+0,75+0,6
15.	Обдуть и установить верхний пуансон 2 на прокладку 7	0,07+0,07
16.	Обдуть и установить на верхний пуансон пуансонодержатель 6	0,07+0,07
17.	Установив пуансонодержатель 6 с верхним пуансоном 2 и прокладкой 7 к верхней плите 9	0,1
18.	Установить 4 штифта 17	0,41*4
19.	Установить и завертеть 6 винта 15	0,03+0,04+0,05+0,38*6
20.	Проверить легкость хода верхней плиты	0,25
	Общая трудоемкость сборки пресс-формы	15



### 3.4.5 Расчет рабочих мест и состава работающих

По значению общей трудоемкости на процесс сборки пресс-формы уточняем значение  $t_{cp}$  - среднее время на выполнение одного сборочного перехода и количество рабочих мест  $S_{np}$  по формулам 20 и 23.

$$t_{cp} = \frac{t_{об}}{n} \quad (23)$$

где,  $t_{об}$  - общая трудоемкость сборки пресс-формы в сек;  
 $n$  - общее число приемов и переходов в процессе сборки.

$$t_{cp} = \frac{t_{об}}{n} = \frac{15}{20} = 0,75 \text{ мин/шт}$$
$$S_p = \frac{n_o * t_{cp}}{\tau} = \frac{19 * 0,75}{2400} = 0,594 \approx 1 \text{ шт}$$

После пересчета число рабочих не изменилось

### 3.5 Технология изготовления заготовок твердосплавных фрез

Технология изготовления образцов твердых сплавов включает следующие основные технологические операции:

- входной контроль компонентов сырья;
- приготовление смеси;
- пластифицирование смеси;
- прессование;
- спекание;
- выходной приемочный контроль.

Принципиальная технологическая схема показана на рисунке ниже (Рисунок 1).

Входной контроль. Распаковать тару с порошками. Произвести визуальный осмотр порошков на наличие примесей, окисленность. Пересыпать порошки из тары в бачки.

Из бачков порошок пересыпать на сетку вибросита совком. Просеять компоненты смеси отдельно, порциями. Просеянные частицы порошка пересыпать в бачки с указанием марки порошка. Не просеявшиеся частицы, инородные включения собрать с поверхности сетки и пересыпать в бачок для отсевов.

Размол. Взвесить компоненты смеси отдельно в соответствии с карточкой загрузки. Взвесить твердосплавные шары Ø5 - Ø12 мм в количестве 26 кг (из расчета на один барабан).

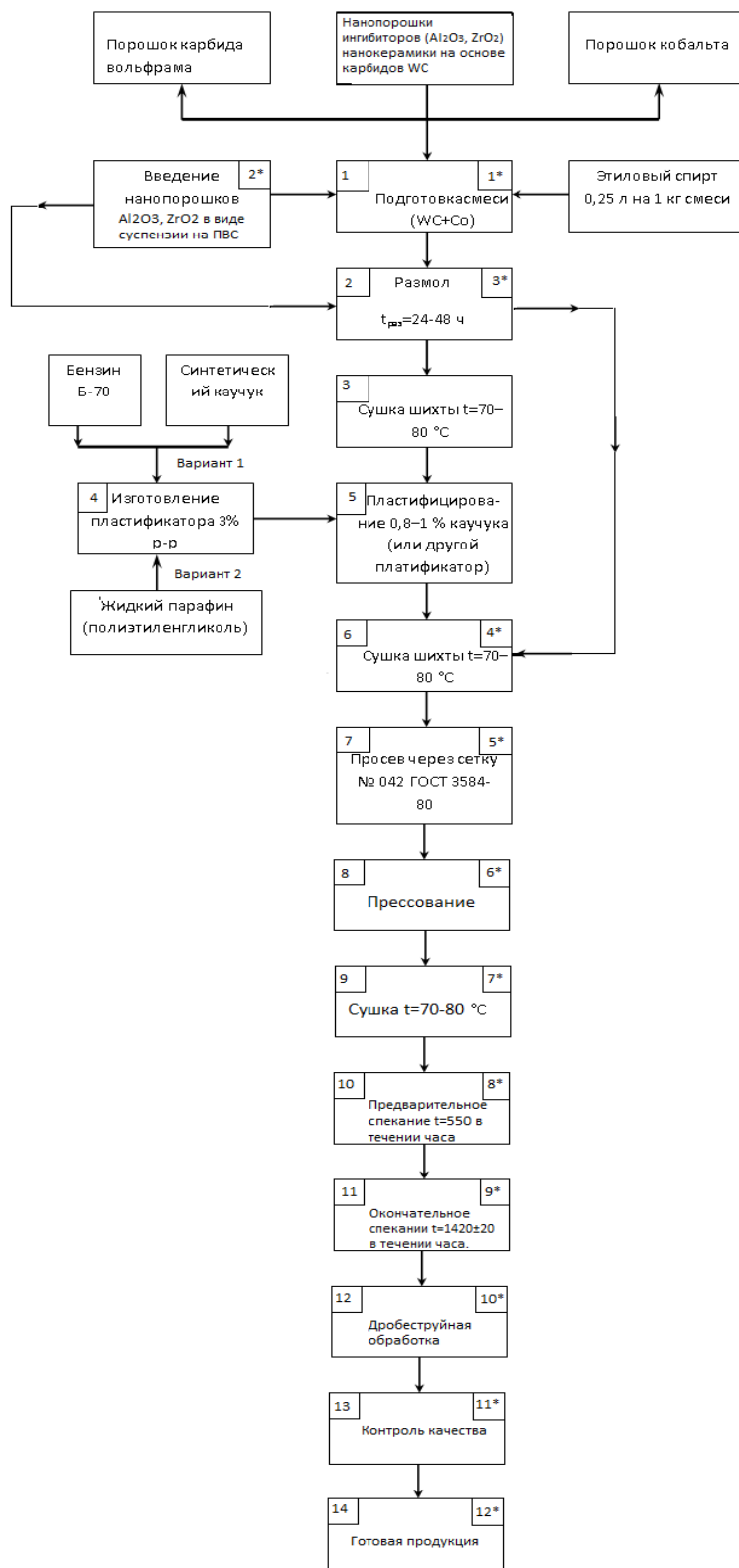


Рисунок 34 – Принципиальная технологическая схема изготовления образцов твердых сплавов

Загрузить в барабан мельницы компоненты смеси и твердосплавные шары. Залить в барабан мельницы с загруженными порошками и шарами этиловый спирт из расчета 0,25 литров на 1 кг смеси). Перемешать лопаточкой вручную в течение 3-5 минут до прекращения выделения пузырьков воздуха. Закрыть барабан мельницы крышкой, тщательно затянуть винтом. Установить загруженные барабаны на валки мельницы с помощью тельфера.

Произвести размол смеси в течение 24 – 48 часов в зависимости от марки смеси.

В случае использования готовых смесей производится сухой размол (без добавления спирта) в течение 1-2 часа.

Сушка смесей. С помощью кран-балки снять барабаны с валков, установить на стол, открыть крышку, перелить смесь через решето в бачки либо в лодочки.

Твердосплавные шары удаляются из решета в поддон. Жидкая смесь в лодочках переустанавливается в дисциллятор (реторту выпарную).

Произвести сушку смеси с отгонкой спирта и переводом его в жидкое состояние. После охлаждения смеси внутри дисциллятора до комнатной температуры лодочки вынимаются и транспортируются на дозировочный стол, где смесь перегружается в бачки.

Просев. Охлажденные смеси просеиваются через сетку вибросита и по мере просева ссыпаются в маркировочную тару - бачки и помещаются по стеллажам.

Приготовление пластификатора. Смесь, для придания её клейкости и пластичности замешивают на растворе поливинилового спирта (7 – 9%) или полиэтиленгликоля ПЭГ-115.

Замешивание смеси с пластификатором. Порцию смеси массой 15 кг засыпают в окно одноярусного смесителя, закрывают крышкой смесителя и включают двигатель мешалки. Посредством капельницы, либо вручную, в смеситель заливают 3-4 литра отфильтрованного раствора поливинилового спирта или полиэтиленгликоля ПЭГ-115.

После (15-20) минут перемешивания смесь выгружают в поддоны и устанавливают в сушильный шкаф. Сушка производится при температуре 80°C, в течении 1,5 часов при периодическом перемешивании смеси.

Высушенная смесь охлаждается на воздухе до комнатной температуры.

Гранулирование. Охлажденная смесь пересыпается из протвиней на сито протирачного станка и протирается через сетку №032 (320 мкм). Гранулированная смесь дополнительно просеивается на вибросите через капроновую ткань для отсева гранул от пыли.

Прессование изделий на гидравлических или винтовых прессах производится в пресс-формах (съёмных ручных или стационарных для полуавтоматического прессования). Смесь взвешивается на технических весах и засыпается в матрицу пресс-формы. Навеска смеси для прессования



устанавливается опытным путем для каждой формы изделия с предварительным расчетом исходной навески.

Спрессованные изделия перекадываются на графитовые пластины с подложкой из черной копировальной бумаги, и устанавливаются на лотки. Лотки с изделиями поступают на предварительное спекание.

В процессе спекания спрессованных изделий происходит формирование структуры материала, сопровождающееся усадкой (уменьшением линейных размеров изделий). При спекании происходит: выгорание пластификатора, удаление кислорода и других примесей, частичная перекристаллизация зерен и их рост, формирование и гомогенизация структуры и т.д.

Процесс спекания твердого сплава производится в две стадии: предварительное спекание в вакуумной печи СНВ-5,5/6И2 для удаления пластификатора и окончательное спекание в вакуумных печах СГВ-2,4/15И1 или печах СНВ-1.5.4.1.5/18И2.

Пластины с изделиями укладываются в лодочки одна на другую через опорные прокладки.

Предварительное спекание. Сформированные изделия укладываются на графитовые пластины, либо на графитовые элементы контейнера (черт. № РНТ 355, РНР356) и устанавливаются в рабочую камеру печи СНВ-5,5/6И2.

Заполненную рабочую зону печи вакуумируют, после чего производится предварительное спекание.

Спекание заготовки производит в вакууме  $10^{-2}$  мм.рт.ст с целью частичного восстановления окисленных порошков - компонентов смеси и выжигания остатков пластификатора. Пластификатор выгорает при температуре 300-400°C в течений 1-1,5 часов, для этого режим работы печи выбран ступенчатым, см. график (рис. 32).

Режим предварительного спекания:

температура 1 стадии -300°C

выдержка - 1 час

температура 2 стадии -550°C

выдержка - 1 час

Скорость выхода печи на температурный режим 1 стадии составляет 100°C/час. Остывание до температуры 300°C вместе с печью при непрерывной откачке воздуха (Рисунок 35 – Температурный режим предварительного спекания).

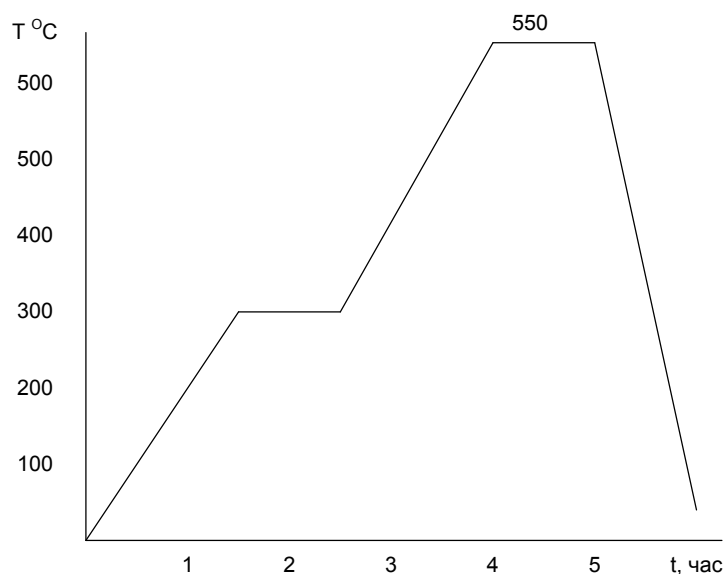
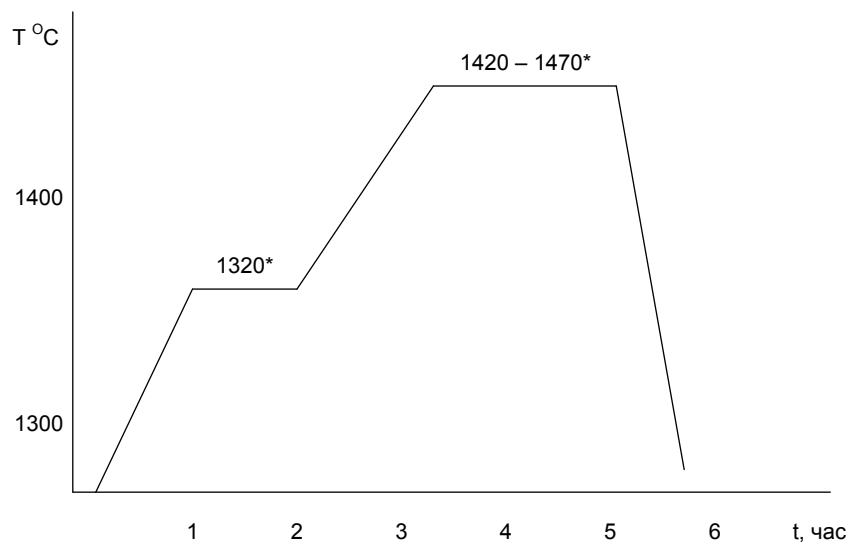


Рисунок 35 – Температурный режим предварительного спекания

После охлаждения печи до комнатной температуры вынимают графитовые контейнеры с заготовками. Одновременно контролируют визуально качество предварительно спеченных заготовок.

Окончательное спекание.

Спекание в вакууме заготовок происходит при температуре 1420 °C – 1470 °C в течении 1 часа вакуум  $10^{-2}$  мм.рт.ст., Остывание - вместе с печью (Рисунок 36 – Режим температуры окончательного спекания).



\* Примечание: температура и время окончательного спекания варьируется в зависимости от состава и марки твердого сплава.

Рисунок 36 – Режим температуры окончательного спекания

После спекания изделия извлекаются из лодочки, подвергаются контролю. При необходимости изделия предварительно чистятся на пескоструйном аппарате.

Контроль качества и свойств осуществляется выборочным контролем готовых изделий на соответствии требованиям технического задания. Кроме того контроль за свойствами изделий производится путем изготовления контрольных образцов-свидетелей ( по 8 образцов на каждую партию смесей).

Из отобранных проб прессуют штабики типа "В" для определения предела прочности на изгиб, согласно стандарту ИСО ISO/CD 3327; твёрдости, согласно стандарту ИСО ISO 3878; трещиностойкости, согласно стандарту ИСО ISO/DIS 28079.

Каждый штабик подписывается иглой с торца (номер бачка). После штабиков пробы из всех бачков усредняют и прессуют 5 образцов-свидетелей.

Спеченные штабики должны иметь размеры: - 35+1 мм; - 5±0,2мм; - 5±0,2мм.

Исследование образцов на плотность ИСО4489, предел прочности, твердость проводят на одних и тех же образцах-штабиках или обломках штабиков, микроструктуры на готовых деталях (при необходимости). Определение плотности по ISO на 3-х штабиках или обломках.

Определение твердости по Виккерсу ISO3878 на 3-х штабиках или обломках.

Определение предела прочности на изгиб по ИСО ISO/CD 3327 на 3 шлифованных штабиках.

Микроструктура сплава в изломе образца должна быть однородной без посторонних включений и расслоя, не иметь науглероживания.

Микроструктура сплава должна соответствовать следующим данным: наличие - фазы и графита не допускаются, наличие пор - в соответствии с требованиями ISO/CD 4499, ISO 4505.

#### 4 Экономический раздел

В дипломном проекте, уменьшение технологической себестоимости инструмента обусловлено:

- Уменьшением сложности изготовления пресс-формы (пуансоны);
- Уменьшением количества материала для заготовки;
- Уменьшением снимаемого с заготовки припуска.

За счет меньшего объема получаемой заготовки экономится большое количество материала. Сменные твердосплавные головки имеют такие же показатели стойкости, как и монолитный инструмент, но для их изготовления требуется гораздо меньше порошка. По сравнению со сборным инструментом в случае с фрезерными головками проще оснастка, а значит и дешевле.

Рассчитаем примерную стоимость различного количества фрез разных типов (включая оснастку) (Таблица 18 – Стоимость инструмента) и построим график (Рисунок 37 – График и стоимости). Для показательности примем одинаковые режимы резания и значения стойкости для всех видов инструмента.

Таблица 18 – Стоимость инструмента

Количество фрез (4-х зубая)	Монолитные фрезы (4000 руб. за шт.), руб	Сменные фрезерные головки (2500 руб. за шт. + 10000 руб. - оснастка), руб	Инструмент с пластинками (500 руб. за шт. + 25000 руб. оснастка), руб
1 +оснастка	4000	2500 +10000=12500	500*4 +25000 =27000
5	20000	22500	27500
10	40000	35000	30000
30	120000	85000	40000

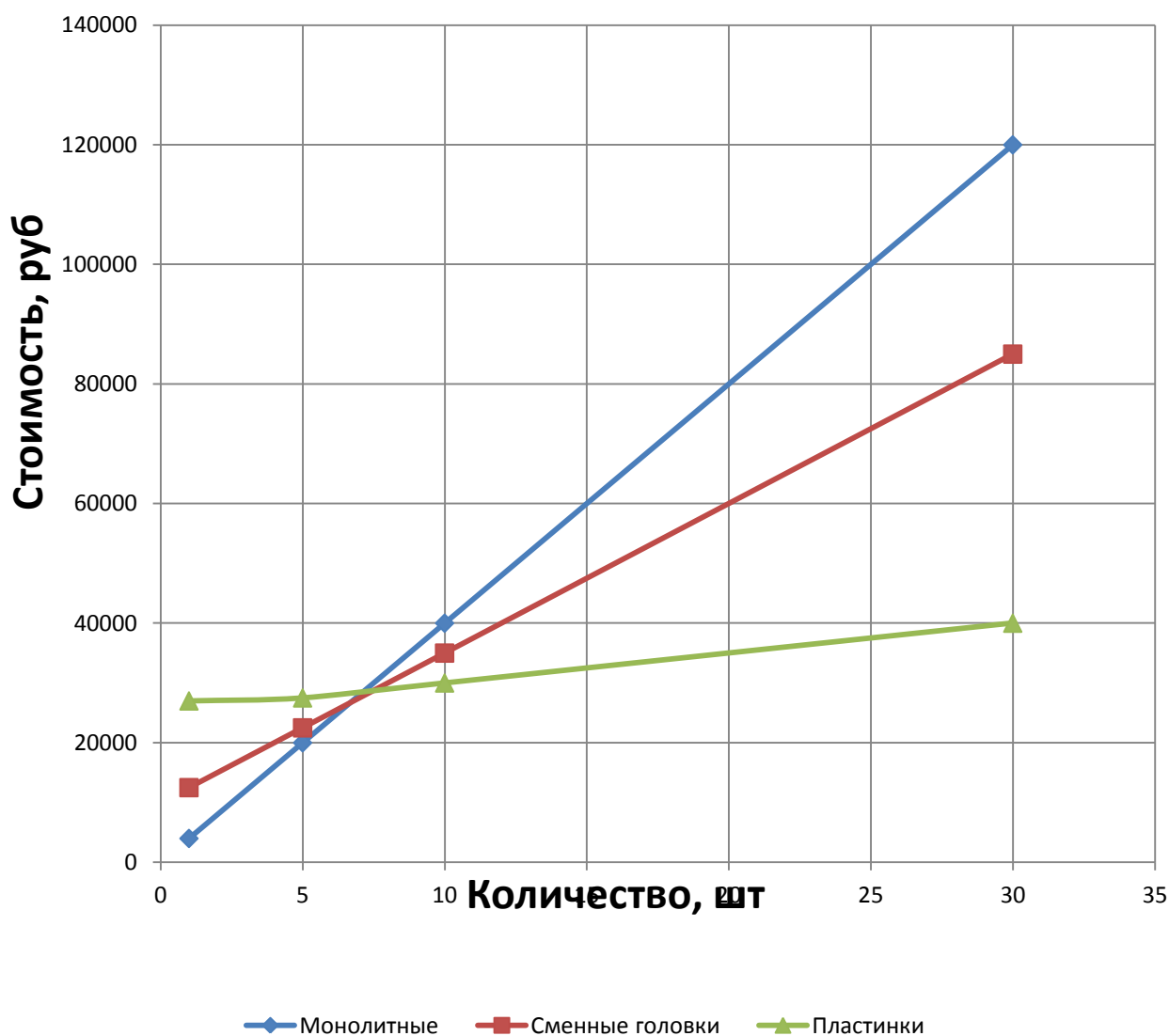


Рисунок 37 – График и стоимости

Из графика следует:

- монолитный инструмент выгодно приобретать и изготавливать в малых количествах (единичное производство), где не требуется большого количества фрез, а требуется их разнообразие по типоразмеру;
- фрезы, оснащенные сменными фрезерными головками, следует использовать также для единичного и для мелкосерийного производства (с повышением количества фрез экономическая эффективность будет расти по сравнению с монолитным);
- инструмент со сменными пластинками подходит для крупносерийного и массового производства, т.к. при выходе из строя инструмента не требуется менять все пластинки, а только вышедшие из строя, для мелкосерийного и единичного производства не подходят из-за дороговизны оснастки.

Для формирования необходимых углов, канавок, стружкоотводящих каналов иногда производится до 15 различных операций шлифовки на одном твердосплавном прутке. На эти операции затрачивается большое количество станочного времени, дорогостоящего абразивного инструмента (алмазных шлифовальных кругов), что в совокупности с высокой стоимостью оборудования вносит дополнительный существенный вклад в суммарную себестоимость инструмента. Получение заготовок для режущего инструмента из твердого сплава методами порошковой металлургии является существенным резервом для повышения технико-экономических показателей инструмент.

### **Заключение**

На основании анализа конструкции пресс-формы была выбрана схема прессования для получения заготовок различных типоразмеров фрезерных головок. В результате получена конструкция блока сменных матриц для полуавтоматического прессования. Размерный анализ пресс-формы позволил определить метод достижения точности замыкающего звена (размеров заготовки).

Разработаны 3D – модели деталей и сборки пресс-формы. Они позволили уточнить конструктивное исполнение деталей и схему прессования. Для практической реализации конструкторских разработок составлены технологические процессы механической обработки основных деталей пресс-форм (нижняя плита, матрица, пуансоны). Последовательность механической обработки обоснована необходимыми расчетами припусков, режимов резания, выбором инструмента на все основные операции, разработкой управляющих программ механической обработки.

Конструкторско-технологические решения подтверждены расчетами экономической эффективности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кипарисов С.С. Оборудование предприятий порошковой металлургии. Москва «Металлургия» 1988 г.;
2. Радомысльский И.Д. Пресс-формы для порошковой металлургии. Киев «Техника» 1970 г.;
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, 1-3 том. Москва «Машиностроение» 2001 г.;
4. Аврутин С.В. Фрезерное дело. Москва «ПРОФТЕХИЗДАТ» 1963 г.;
5. Барбашов Ф.А. Фрезерное дело. Москва «Высшая школа» 1975 г.;
6. Падалко О.В. Учебное пособие «Оборудование для получения изделий из порошков». Москва 1982 г.;
7. Авраменко В.Е., Зеленкова Е.Г. Лабораторный практикум «Основы технологии машиностроения». Красноярск 2007 г.;
8. Авраменко В.Е., Зеленкова Е.Г. Учебное пособие «Проектирование технологических процессов сборки». Красноярск 2007 г.;
9. Авраменко В.Е., Зеленкова Е.Г. «Нормирование сборочных операций». Красноярск 2010 г.;
10. Ламин И.И. «Проектирование технологических процессов сборки изделий автотракторостроения». Москва 2008 г.;
11. Пашуто В.П. «Организация, нормирование и оплата труда на предприятии». Учебно-практическое пособие для студентов ВУЗов. Москва 2005 г.;
12. Общий классификатор. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. 2004 г.;
13. ГОСТ 16093-2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором».
14. <http://www.metalcutting.ru/> - «Контроль и испытания штампов и пресс-форм»;
15. <http://www.sandvik.coromant.com/> - «CoroMill 316»;
16. <http://www.iscar.com/> - электронный ресурс. «Расчет режимов резания и подбор инструмента ИТА Iscar»;
17. <http://www.webrarium.ru/> - «Методы измерения отклонений»;
18. Стандарт организации СТО4.2-07-2014. Красноярск 2014 г.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(Комплект технологической документации на механическую обработку  
плиты)



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический  
институт

Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
М. П. Головин  
подпись      инициалы, фамилия  
«    »      \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств  
код – наименование направления

Разработка конструкции и технологии изготовления сборных  
твердосплавных фрез  
тема

Руководитель

  
подпись, дата

доцент кафедры, к.т.н.  
должность, ученая степень


Ю.И. Гордеев  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

М.С. Вакулин  
инициалы, фамилия

Нор. контроль

  
подпись, дата

Ю.И. Гордеев  
инициалы, фамилия

Красноярск 2017



Студенту Вакулин Максим Сергеевич  
фамилия, имя, отчество

Группа МТ 13-06 Направление (специальность) 15.03.05  
номер код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств  
наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка конструкции и  
технологии изготовления сборных твердосплавных фрез

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР Ю.И. Гордеев, доцент кафедры, к.т.н., СФУ  
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР: Базовые варианты технологических процессов  
изготовления деталей пресс-форм, чертежи сборных фрез, технические  
условия на изготовления пресс-форм, программа выпуска, технические  
требования.

Перечень разделов ВКР: 1. Введение; 2. Конструкторский раздел; 2.1. Расчет и  
конструирование пресс-форм для изготовления твердосплавных режущих  
элементов сборных фрез; 2.2. Разработка и обоснование принципиальной  
схемы прессования и конструкции блока сменных матриц; 2.3. Расчет  
исполнительных размеров матрицы и пуансонов; 2.4. Размерный анализ  
сборной конструкции пресс-формы; 2.5. Разработка 3D-модели основных  
формообразующих деталей и рабочих чертежей; 2.6. Расчет конструкции  
сборных твердосплавных фрез, оснащенных сменными режущими  
элементами; 3. Технологический раздел; 3.1. Анализ технологичности и  
требований точности изготовления деталей пресс-форм; 3.2. Разработка  
маршрутных технологических процессов матрицы, пуансонов, плиты;  
3.3. Проведение расчетов режимов резания и нормирования операций;  
3.4. Разработка операционных технологических процессов с использование  
«ВЕРТИКАЛЬ»; 3.5. Проектирование процесса по изготовлению деталей  
пресс-форм и твердосплавных режущих элементов для сборных фрез;  
4. Организационно-экономический раздел.

Перечень графического материала: Сборочные чертежи пресс-формы, блока  
сменных матриц; Принципиальная схема процесса формования; Рабочие  
чертежи и 3D-модели основных формообразующих элементов; Маршрутный  
технологический процесс изготовления матрицы, пуансона; Конструкции  
сборочных твердосплавных фрез.

Руководитель ВКР

  
подпись

Ю.И. Гордеев  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись, инициалы и фамилия студента

М.С.Вакулин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.



**КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК**  
выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа (раздела)	Срок выполнения	Примечание
1.Разработка и обоснование принципиальной схемы прессования и конструкции блока сменных матриц	15.01.2017 – 1.03.2017	
2.Разработка 3D-модели основных формообразующих деталей и рабочих чертежей	1.03.2017- 1.04.2017	
3.Разработка маршрутных технологических процессов матрицы, пуансонов, плиты	1.04.2017- 15.04.2017	
4.Разработка операционных технологических процессов с использование «ВЕРТИКАЛЬ»	15.04.2017 – 1.05.2017	
5.Сборочный процесс.	1.05.2017 – 15.05.2017	
6.Организационно-экономический раздел	15.05.2017 – 30.05.2017	

Руководитель ВКР

  
подпись

Ю.И. Гордеев  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись, инициалы и фамилия студента

М.С.Вакулин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.