

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

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент

_____ /Лещев С.В./

_____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ /Радионова Л.В./

_____ 2020 г.

***РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ДЕТАЛИ
КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ПОРОШКА ГОСТ 9849-86
ПЖВ1. НАНЕСЕНИЕ АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ
ДЕТОНАЦИОННОГО НАПЫЛЕНИЯ.***

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА**

ЮУрГУ – 22.04.02 – 2020 – 247 – 00.00.00 ПЗ

Нормоконтролер

_____ д.т.н., проф.

Самодурова М.Н.

_____ 2020 г.

Руководитель работы

_____ д.т.н., проф.

Самодурова М.Н.

_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы П-247

Зиновьев В.В.
_____ 2020 г.

Челябинск, 2020

АННОТАЦИЯ

Зиновьев В.В. Разработка процесса прессования детали конструкционного назначения из порошка ГОСТ 9849-86 ПЖВ1. Нанесение антикоррозионного покрытия методом детонационного напыления. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, МиМТ, 202. – 53с., 28 ил., 13 табл., библиогр. список – 9 наим.

Работа выполнена в рамках действующего производственного процесса на ООО «Факториал». Целью работы является анализ имеющейся технологии изготовления детали «кольцо распорное», определение «узких мест», выявление и устранение повышенной пористости прессованных изделий.

В работе приведены расчеты технологических параметров, выполнена проверка и расчет пресс-формы для прессования, а также обоснован выбор оборудования.

Компьютерное моделирование процесса форования с помощью программы QForm, позволяет прогнозировать свойства изготавливаемых изделий и оптимизировать процесс прессования.

Для повышения качества изделия и уменьшения пористости предлагается технология нанесения антикоррозионного покрытия методом детонационного напыления.

Предложенный метод позволяет снизить пористость изделия и увеличить срок его службы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	5
1.1 Прессование в закрытой пресс-форме.....	6
1.2 Горячее прессование в пресс-форме.....	7
1.3 Изостатическое и квазиизостатическое прессование.....	9
1.5 Способы получения металлических порошков.....	11
2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	14
2.1 Общая схема технологического процесса изготовления кольца распорного.....	14
2.2 Приготовление смеси.....	16
2.3 Пластифицирование смеси.....	17
2.4 Контроль смешенной шихты.....	20
2.5 Прессование в пресс-форме.....	21
2.6 Спекание.....	25
2.7 Контроль спеченного изделия.....	27
2.8 Технологические расчеты размеров делали пресс-форм для холодного прессования.....	27
3 КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ.....	33
3.1 Особенности математической модели.....	33
3.2 3D модель прессования порошка ПЖВ1.....	34
3.3 Алгоритм задачи на расчёт и параметры процесса.....	37
3.4 Результаты расчета.....	38
4 ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ.....	40
4.1 Шлифовка, травление образцов.....	40
4.2 Измерение микротвердости.....	42
4.3 Пористость материала.....	43
5 ДЕТОНАЦИОННОЕ НАПЫЛЕНИЕ.....	44
5.1 Типы напыления.....	47
5.2 Процесс напыления.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Порошковые конструкционные материалы различают по составу легирующих элементов, плотности, структуре, уровню механических свойств, технологии изготовления и назначению.

Прессование порошковых материалов – это формирование заготовки путем приложения давления на порошок в закрытом виде или в оболочке. Являясь одной из основных технологических операций метода порошковой металлургии, прессование в большой степени определяет свойства готового спеченного изделия.

Прессование в пресс-формах наиболее распространено из-за того, что изготовленные данным способом изделия, практически не требуют дополнительной механической обработки, тем самым снижая расход металла, и этот процесс позволяет получить изделие точной формы с хорошим качеством поверхности и высокими физико-механическими свойствами. Прессование в пресс-формах может быть односторонним и двухсторонним. Одностороннее прессование применяется при изготовлении изделий несложной формы, у которых соотношение длины к диаметру или толщине не превышает четырех.

В настоящее время, в условиях снижения стоимости затрат на производство, задача состоит в том, чтобы увеличить срок службы инструмента, который составляет часть себестоимости продукции.

По современным представлениям, плодотворно развиваемым одним из крупнейших советских теоретиков М.Ю. Бальшиным, металлические порошковые материалы являются представителями семейств консолидированных веществ, широко распространенных в природе и технике.

Темой магистерской диссертации является технология производства кольца распорного для нефтедобывающей отрасли.

Задачи, которые необходимо было решить в ходе выполнения научно-исследовательской работы по реализуемому проекту:

- расчет технологических параметров процесса изготовления изделия и выбор оборудования;
- определение методов выявляющих неравномерную пористость прессовки;
- возможность моделирования процесса прессования используя современные компьютерные методы;
- выбор материала для антикоррозионного покрытия;
- выбор метода нанесения покрытия.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Рассмотрим основные виды прессования порошковых материалов.

1.1 Прессование в закрытых пресс-формах

Этот метод наиболее распространен и применяется при прессовании порошков цветных и черных металлов, порошков твердых сплавов и тугоплавких металлов. Он легко поддается автоматизации и обеспечивает получение заготовок по форме и размерам, соответствующих готовым изделиям. Прессование в закрытых пресс-формах проводится в основном по двум схемам – одностороннее (рисунке – 1) и двухстороннее (рисунке – 2). При одностороннем прессовании давление прикладывается, с одной стороны. При двухстороннем прессовании к порошку давление прикладывается с двух противоположных сторон. [1]

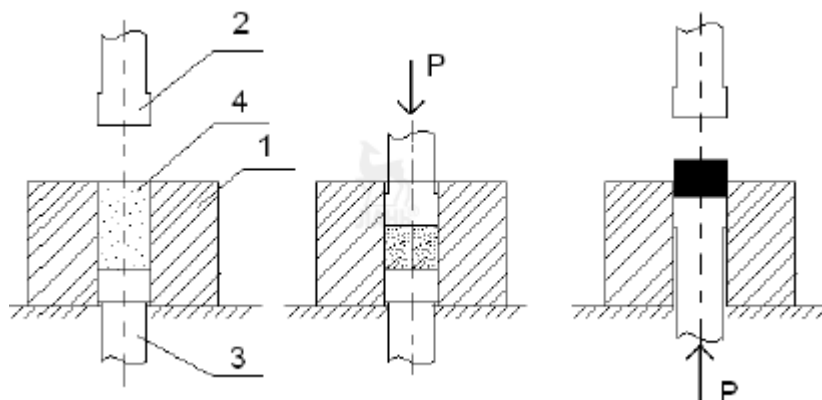


Рисунок 1 – Схема одностороннего прессования: а – засыпка порошка и установка пуансона; б – прессование порошка в изделие; в – выпрессовка изделия; 1 – матрица пресс-формы; 2 – верхний пуансон; 3 – нижний пуансон; 4 – прессуемый порошок

Одностороннее прессование используется для изделий 1 и 2 класса. Во всех других случаях применяют двухстороннее прессование. Оно осуществляется либо путем приложения давления прессования к верхнему и нижнему пуансону, либо за счет приложения усилия прессования только к

одному верхнему пуансону, но с принудительным опусканием ("плаванием") матрицы.

Прессование в закрытых пресс-формах чаще всего производится в холодном состоянии, которое обеспечивает получение изделий с минимальной пористостью в пределах 10... 15%. Для получения малопористых изделий применяется многократное прессование и горячее прессование в закрытых пресс-формах. [1]

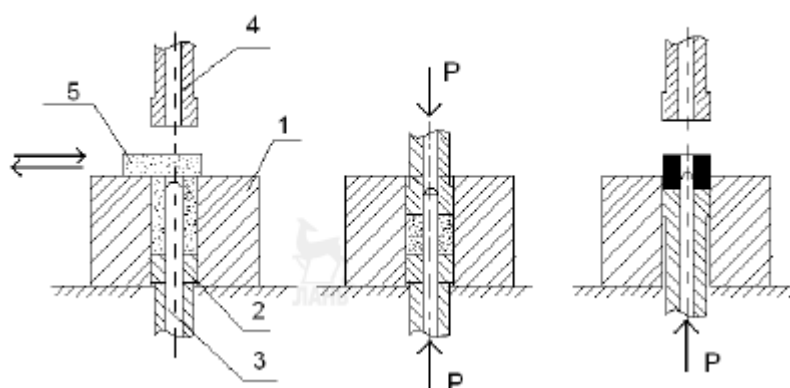


Рисунок 2 – Схема двухстороннего прессования:

- а – засыпка порошка в пресс-форму; б – прессование; в – выпрессовка;
- г – удаление изделия;
- 1 – матрица пресс-формы; 2 – нижний пуансон; 3 – стержень; 4 – верхний пуансон; 5 – дозатор с порошком; 6 – прессуемый порошок

При многократном прессовании прессовка, полученная холодным прессованием, подвергается отжигу при температурах выше температуры кристаллизации основного металла смеси и последующему прессованию. После окончательного прессования производится спекание. Более эффективным является горячее прессование, при котором необходимая плотность прессовок достигается за счет повышения пластичности металла порошка и снижение усилия прессования.

При горячем прессовании в области температур, составляющих 0,5...0,8 от абсолютной температуры плавления металла порошка, совмещаются процессы прессования и спекания. [1]

Нагрев при горячем прессовании производится быстро, для чего используется высокочастотный нагрев или электроконтактный нагрев за счет

прохождения тока через элементы пресс-формы. Металлические пресс-формы изготавливаются из жаропрочных сплавов. При горячем прессовании нашли применение графитовые пресс-формы. [1]

Разновидностью горячего прессования в закрытых пресс-формах является горячее динамическое прессование, состоящее из предварительного холодного прессования и спекания в защитной среде заготовок с пористостью 25...30 % , кратковременного их нагрева ТВЧ и штамповки в разогретом состоянии.

Высокие механические свойства обеспечиваются термомеханическими процессами в материале спеченной заготовки, происходящими в процессе допрессовки. Изделие приобретает высокую плотность, металл имеет мелкозернистую структуру. [1]

1.2 Горячее прессование в пресс-форме

Одним из перспективных методов формования порошковых материалов является метод горячего прессования, который обеспечивает получение керамических изделий с малым перепадом плотности по объему. На рисунке – 3 представлены основные схемы горячего прессования.

Метод горячего прессования эффективен в производстве некоторых типов нанокерамики, обладающей сверхпластичностью при повышенных температурах, что позволяет значительно удешевить изделия благодаря устранению дорогостоящей операции механической обработки. Однако применение данного метода ограничено высокими требованиями к материалу пресс-формы, который должен быть инертным по отношению к прессуемому порошку при повышенных температурах, жаропрочным, не должен обладать свойством сверх- пластичности и в то же время быть доступным по стоимости. [3]

На рис. 3 представлены основные схемы горячего прессования.

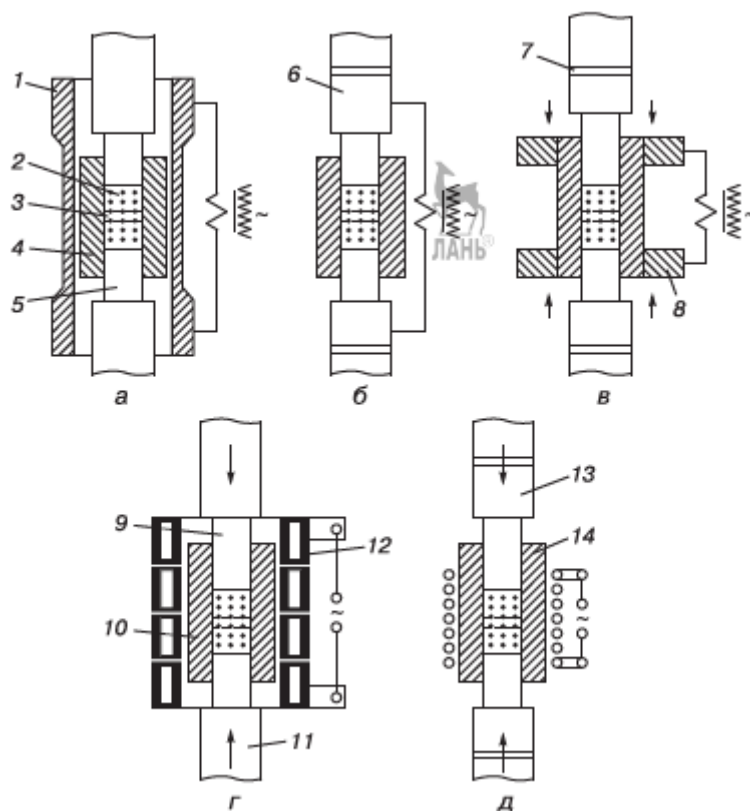


Рисунок – 3 Схема двустороннего горячего прессования в пресс-формах в сочетании со способами нагрева:

а – косвенный нагрев сопротивлением;

б – прямой нагрев сопротивлением при подводе тока к пуансонам;

в – прямой нагрев сопротивлением, при подводе тока к матрице;

г – индукционный нагрев токопроводящей (графитовой) матрицы;

д – индукционный нагрев порошка в нетокопроводящей пресс-форме

(1 – нагреватель, 2 – порошок, 3 – спеченное изделие, 4 – матрица,

5, 6 – пуансоны, 7 – изоляция, 8 – графитовый или медный контакт,

9 – графитовый пуансон, 10 – графитовая матрица, 11 – пуансон,

12 – индуктор, 13 – керамический пуансон, 14 – керамическая матрица)

Достоинством метода горячего прессования являются хорошие прочностные характеристики получаемых изделий, минимальные допуски по размерам заготовок, сокращение времени спекания, так как в данном случае процессы прессования и спекания совмещаются. Недостатки метода заключаются в быстром износе пресс-форм и невысокой производительности процесса.

1.3 Изостатическое и квазиизостатическое прессование

Широкое распространение в технологии обработки нанопорошков получили методы изостатического прессования в гидро и газостатах: холодное и горячее, а также квазиизостатическое. Изостатическое прессование заключается в уплотнении порошка в условиях всестороннего сжатия. Разработано несколько видов такого прессования. Одним из них является гидростатическое прессование, принципиальная схема которого приведена на рисунке – 3. Этот метод дает возможность изготавливать из пластичных, малопластичных и непластичных порошкообразных материалов высокопрочные изделия, форма и размер которых не позволяют применить другие методы изготовления изделий. Другим методом прессования при всестороннем сжатии является прессование под действием газа (гелия, аргона и др.). Его называют газостатическим прессованием.

Эти методы обеспечивают равномерное распределение плотности в объеме прессуемого материала, но они неприменимы для деталей со сложной формой внутренних поверхностей (конические и другие отверстия переменного сечения).

Квазиизостатическое прессование отличается от изостатического тем, что в нем не используется жидкость или газ – вместо них применяется эластичная оболочка, которая сжимается под высоким давлением. Особенность квазиизостатического прессования заключается в том, что средой, передающей равномерное давление, служит эластичный элемент (из резины, синтетического каучука и т. п.), который одновременно является деталью пресс-формы, оформляющей наружную или внутреннюю поверхность изделия. Уплотнение порошка происходит за счет сжатия эластичной оболочки, помещенной в закрытую жесткую пресс-форму.

Существенным недостатком всех изостатических способов прессования является трудоемкость изготовления эластичных пресс-форм (оболочек).

Кроме того, их невозможно автоматизировать и применить в многоместной схеме прессования при массовом производстве, нельзя получить брикеты заданных размеров (особенно при изготовлении изделий сложной формы). Эти методы применяются для производства изделий с относительно простой формой, которые затем подвергаются дополнительной обработке [3].

Технологический процесс на ООО «Факториал» ведется в закрытых пресс-формах при холодном прессовании.

1.4 Способы получения металлических порошков

В ходе развития порошковой металлургии в связи с необходимостью получения порошков с широким спектром свойств для производства спеченных материалов требуемого качества было предложено множество способов их получения. Основные методы изготовления порошковых материалов приведены в таблице – 1. Некоторые из них нашли ограниченное применение, другие, напротив, получили широкое распространение. Ряд способов был заменен экономически более эффективными. [2]

Таблица 1 – Методы изготовления порошковых материалов

Метод	Обработка	Материалы	Форма частиц
Механические методы			
Диспергирование твердых материалов:			
предварительное измельчение (дробление)	На станках, в бегунках, щековых дробилках	Железо, алюминий, латунь, бронза	Стружка, чешуйки, различные частицы
размол	В шаровых и вибрационных мельницах, атриторах	Металлы, сплавы, твердые и тугоплавкие материалы, оксиды	Угловатая, игольчатая, неправильная

самоизмельчение	В вихревых и струйных мельницах	Железо, медь, серебро, алюминий, сплавы Ni-Fe, Ag-Sn	Тарельчатая
Диспергирование расплавов:			
гранулирование в воде	—	Свинец, медь, железо, серебро	Сферическая
То же, перемешиванием расплавов при охлаждении, распыление через сопло:	—	Алюминий, цинк, олово, кадмий	Зернистые и неправильной формы гранулы
водородом	—	Жаропрочные сплавы	—
в вакууме	—	Жаропрочные сплавы	—
сжатым воздухом	Rz-методом	Железо	—
То же, газами или давлением	Аргоном, азотом	Металлы и неметаллы, их сплавы, быстрорежущая сталь, жаропрочные сплавы	Сферическая неправильная
Разделение под действием центробежных сил	Центробежным способом, во вращающемся сифоне, вращением расплава или расходующих электродов	Железо, медь, никель, алюминий, бронза, серебро, магний, легированная сталь	Угловатая и частично сферическая
Физические методы			
Распыление в электрической дуге	—	—	Грубые или тонкодисперсные порошки
Получение в газовой фазе (сублимацией и конденсацией)	—	Цинк, магний, серебро, кадмий, висмут, MoO ₃	То же
Химические и электрохимические методы			
Получение из газовой фазы:			
восстановлением	С использованием плазменной горелки	Твердые сплавы и тугоплавкие соединения, оксиды (в окислительной атмосфере), железо, никель	Сферическая

Метод	Обработка	Материалы	Форма частиц
Водородом (метаном) или диссонацией	Термическое разложение	Твердые сплавы и тугоплавкие соединения, оксиды (в окислительной атмосфере), железо, никель	Сферическая
Карбональными методами	Отжиг, прямое восстановление руд или окалины		
Химическое восстановление металлических соединений водородом или углеродом		Железо, никель, кобальт, медь, вольфрам, молибден, рений	Различная
Растворов металлических солей водородом или монооксидом углерода	Гидрометаллургическими методами	Никель, медь, кобальт, серебро, золото, платина	
Расплавов или в газовой форме металлических солей металлами	Металлотермическими методами	Тантал, медь, кобальт, серебро, золото, платина	Зубчатая, игольчатая, плотные или рыхлые осадки
Электролиз:			
осаждение из водных растворов	Электролиз на твердых или жидких катодах	Железо, медь, олово, свинец, цинк, никель	Игольчатая до дендритной
электролиз расплавов	То же	Медь, железо, тантал, ниобий, титан, торий, цирконий, ванадий, уран	То же
Восстановление углеродом и другими металлами	—	Твердые и тугоплавкие соединения, ниобий, ванадий	Неправильная
Особые методы			
Гидритные методы	—	Уран, торий, цирконий, титан, гафний	Тонкодисперсные частицы
Обогащение золы с электростанций	—	Рений	—
Ультразвуковая обработка металлических расплавов: межкристаллитная коррозия; химическое осаждение; сушка распылением	—	Железо, неметаллы и сплавы, оксидные материалы	Различная

Традиционно используют порошки с размерами частиц от 400 до 40 мкм; для некоторых специальных материалов необходимы тонкие порошки с частицами до 2 мкм.

В выполняемой работе используется порошок железа марки ПЖВ -1. Фракционный состав данного материала составляет «минус» -100 мкм.

Схема технологического процесса изготовления порошка приведена на рисунке – 4.

Процесс, являющийся типовым, включает несколько последовательных операций. [2]

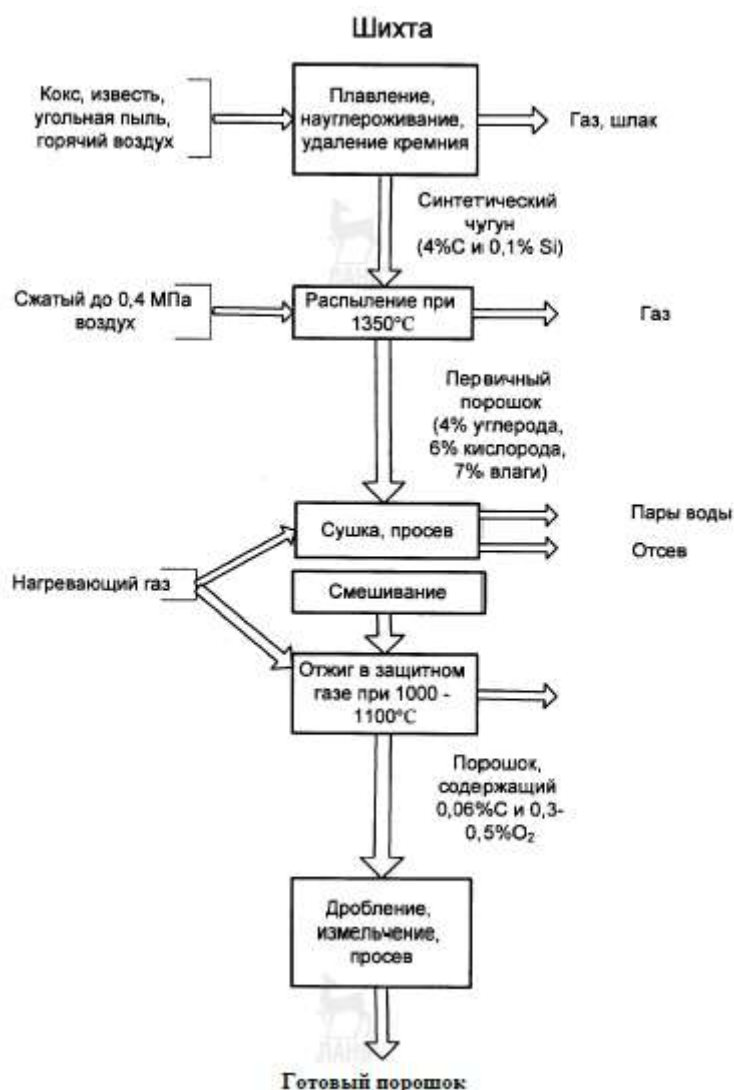


Рисунок 4 – Схема технологического процесса получения порошка железа

2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальные исследования были выполнены на производственном участке ООО «Факторил» и лаборатории «Механики, лазерных процессов и цифровых производственных технологий» в ЮУрГУ.

За основу технологического процесса изготовления изделия «распорное кольцо» был взят, который в настоящее время существует на предприятии.

Данная деталь производится для агрегатов нефтедобывающей промышленности. Основные требования к ней: высокая плотность, отсутствие пористости и антикоррозионная стойкость.

2.1 Общая схема технологического процесса изготовления «кольца распорного»

Порошок марки ПЖВ-1 был изготовлен на заводе АО «Полема» (г. Тула).

Схема технологического процесса изготовления «кольца распорного»:

- Исходный материал;
- Просев;
- Смешивание двухконусный смеситель;
- Контроль;
- Прессование на Пресс-автомате КА8130;
- Контроль;
- Спекание в печи СТН – 2.45.2.0/11.5;
- Контроль формы;
- Готовое изделие.

В процессе прессования выполнены следующие операции:

- 1) Засыпка порошка в кассету питателя;
- 2) Свести порошок кассетой к матрице;
- 3) Засыпать матрицу порошком;
- 4) Прессование изделия;
- 5) С помощью выталкивателя извлечь изделие из матрицы;
- 6) Перенос изделия на лоток (для дальнейшего спекания).

2.2 Приготовление смеси

В работе был использован сертифицированный порошок железа марки ПЖВ – 1, ГОСТ 9849-86, который обладает всеми заявленными качественными и технологическими характеристиками, дающие возможность использования его без предварительной оценки качества.

Для отделения нужной фракции порошок подвергался просеиванию для получения размеров порошка «минус» – 100 мкм.

Для просева использовано вибрационное сито ВС – 2 ГОСТ 6613-73. Вибрация обеспечивается с целью дебалансного устройства.

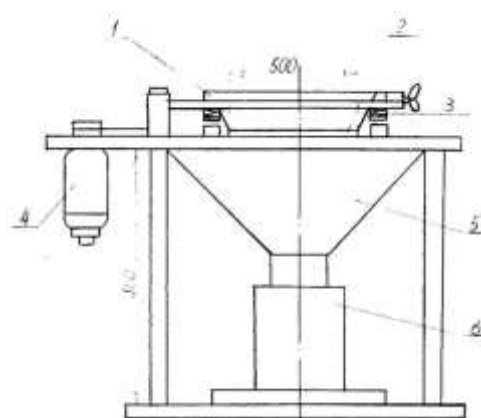


Рисунок 5 – Вибрационное сито ВС-2:

- 1 – обечайка; 2 – полотно; 3 – пружины; 4 – электродвигатель; 5 – воронка;
6 – приемный бачок

Производительность вибрационного сита высокая, но все зависит от диаметра частиц.

Приведем характеристику вибрационного сита, используемого на ООО «Факториал» в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая характеристика вибрационного сита ВС – 2

Основные показатели	Величина
Производительность, кг/ч	0,250
Скорость вращения двигателя, об/мин	1410-2400
Напряжение, В	380
Мощность, кВт: потребляемая не более, установочная	0,55 0,7
Род тока	Переменных Трехфазный
Габаритные размеры, м	0,8 x0,6x0,8

Следующий процесс подготовки смеси – это процесс смешивания.

Смешивание порошков является одной из основных операций порошковой металлургии, от которой зависят дальнейшие операции технологического процесса изготовления изделий. Проводится с целью усреднения по гранулометрическому и в том числе химическому составу, так как порошки поступают из разных партий.

Смешивание – это приготовление однородного состава порошка из нескольких видов порошков, но так как мы используем почти чистый металлический порошок, мы производим только пластифицирование.

2.3 Пластифицирование смеси

В процессе смешивания в шихту вводят пластификаторы для уменьшения трения между частицами порошка и стенками пресс-формы в

процессе прессования, чтобы снизить давление прессования и перераспределить плотность изделия. Количество пластификатора должно быть минимальным, и не превышать одного процента.

Для развески компонентов использовали технические весы модели СВП-1500-1, характеристика весов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики весов модели СВП-1500-1

Показатели	Величина
Наибольший предел взвешивания, кг	1500/600
Цена деления, гр	500/200
Размер платформы, мм	1250x1100
Цена, руб	16750

Произведем расчет шихты на необходимую массу порошка.

Для правильной загрузки порошковой шихты необходимо соблюдать массу порошка, которая заполнит емкость смесителя.

Для смешивания приспособим лабораторный конусный смеситель объемом 5 литров с производительностью 10 кг/ч, время смешивания составит от 30 мин до 1ч.

Принципиальная схема смесителя представлена на рис. 6.

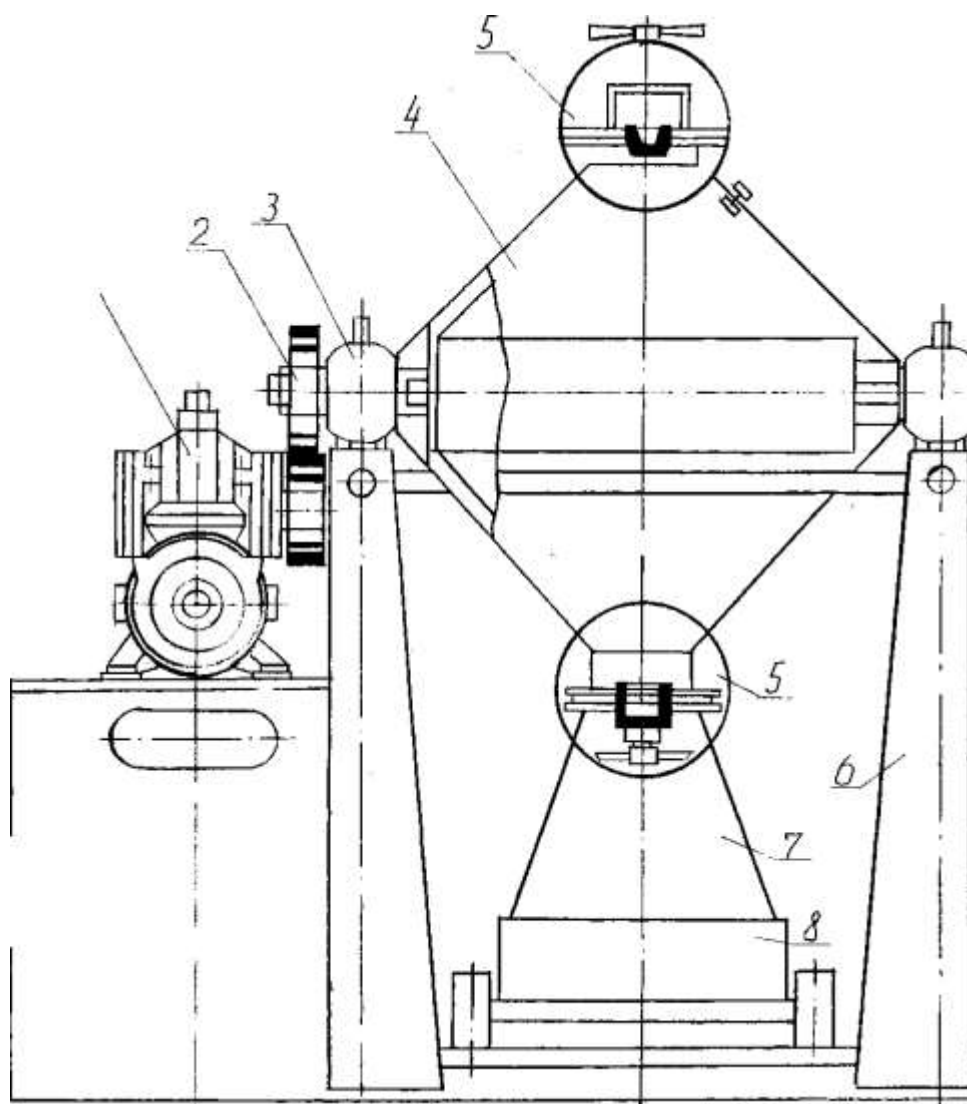


Рисунок 6 – Конусный смеситель:

- 1 – редуктор; 2 – передача; 3 – подшипник; 4 – корпус; 5 – крышка люка;
6 – стойка; 7 – разгрузочный бункер; 8 – тележка

Закономерно, что равномерное распределение частиц порошка по всему объему происходит лучше, если плотности компонентов будут близки по своему значению, так как при большой разнице плотностей смешивание – затруднено. Поэтому, произведем загрузку компонентов отдельными маленькими порциями. Как уже было сказано, смешивание лучше всего производить в жидкой среде. В качестве пластификатора вводим в порошок 0,05 % масс. пластификатора – парафин.

2.3 Контроль смешенной шихты

Качество смешивания в нашем случае определяли визуально по однородности смеси (однородный цвет, отсутствие расслоя, отсутствие образования комков, хорошая текучесть, т.к. используется автоматизированный пресс-автомат и т.п.).

Качество в производственных условиях проверяется методом отбора пробы, который в свою очередь поставляется на химический анализ и выявляются те или иные недочеты. От каждой партии порошок отбирают общую пробу, примерно около 2-3 % из каждой упаковки, которые испытываются в лаборатории. Также необходимо сделать запас проб, на случай повторных испытаний при несоответствии требованиям, которые прописаны согласно техническим условиям.

При отборе проб применяют специальный щуп в виде трубки с открытым концом, для извлечения порошка с низкой текучестью. Соответственно, подбор трубки зависит от порошка, так как при полном погружении трубки нужно, чтобы порошок остался в ней при извлечении из емкости, при этом щуп вводим вертикально, но самого низа упаковки. Вскоре щуп медленно извлекаем и его содержимое высыпаем в пробирку для пробы.

После чего, пробу перемешивают вместе с общими пробами и делают это не менее 10 раз, при этом просеивая через специальное сито (конусный смеситель), который представляет воронку.

Порошок является годным (однородным), если около 95 % проб, взятых в лабораторию, имеют гранулометрический и химический состав в соответствие с требованиями завода изготовителя.

После всех подготовительных операций порошка весь материал выгружается в кювет, где происходит последующая упаковка в виде прикреплении бирки с указанием марки порошка. Порошок хранится в закрытом контейнере в тепле не более семи суток. Затем порошок

транспортируют на участок прессования, загружают в бункер прессы, который налаживается по размерам и массе детали.

2.5 Прессование в пресс-форме

Прессование – это формование металлического порошка в пресс-форме (рисунок – 7) под действием давления. В результате деформации, происходит уменьшение начального объема порошкового тела уменьшается и образуется брикет (формирование формы изделия), с заданными формами, размерами и свойствами. Зачастую первоначальное изменение происходит из-за формирования пустот между частицами порошка, которые существуют при засыпке порошка в пресс-форму.

Одним из основных требований к конструкционным деталям является равномерное перераспределение плотности по объему, так как прочность, твердость и эксплуатационные характеристики порошкового материала определяется в соответствии с заданными свойствами. Поэтому, неравномерное распределение плотности по всему объему порошка приводит к объединению напряжений, которые зачастую могут привести к возникновению трещин, неравномерной усадки. Вот почему необходимо вводить в шихту пластификатор. Таким образом, прессование в пресс-формах является одной из более простых технологий для получения деталей с однородной плотностью по всему объему. Чем больше пористость заготовки, тем больше изменяется ее размер при спекании.

Для прессования изделий из металлических порошков используют пресс-автоматы. Основной серией является серия КА.

Для прессования заготовок был использован пресс-автомат КА8130, который включен в технологический процесс и размещен на участке прессования ООО «Факториал» (рисунок – 7), характеристика которого представлена в таблице 5. Пресс-автомат данной серии выбран по усилию прессы равному 1000 кН. Часто используемый пресс-автомат подходит для

получения изделий конструкционного назначения с наиболее высокой точностью поверхности, а также при прессовании порошков-металлов, которые могут иметь повышенную твердость, жаропрочность изделий без механической обработки после процесса спекания.

Такие изделия применяются в автомобильной, сельскохозяйственной, машиностроительной промышленности. Извлечение изделия из матрицы происходит при помощи выталкивателя. Подбор режима прессования зависит от порошка того или иного назначения, и регулируется частотой ходов. Засыпка порошка в матрицу осуществляется при помощи рукава, который подает порошок в кассету.

Таблица 5 – Основные характеристики пресс-автомата КА8130

Показатели	Величина
Номинальное усилие, кН	1000
Высота засыпки порошка в матрицу, мм	180
Наибольший диаметр изделия, мм	125
Частота ходов прессующей головки, об/мин	5 – 10
Суммарная мощность привода, кВт	26,5
Усилие выталкивания, кН	300

При неправильном расчете технологических параметров процесса прессования может возникать брак.

Рассмотрим какие бывают виды брака при прессовании (таблица – 6).

Таблица 6 – Брак при прессовании

Виды брака	Причины	Методы
Риска на поверхностях	Плохое качество поверхности матрицы	Отполировать поверхность

Расслой	Высокое давление прессования	Уменьшение давления прессования
Образование заусенцев	Завышение массы заготовки, выработка торцовых кромок пуансонов	Отшлифовать торцы пуансонов, заменить пуансон
Образование трещин на переходах	Резкие переходы сечений	Обеспечить плавность переходов за счет радиусов, фасок, выборка др. схемы выдавливания
Поперечные трещины и задиры	Низкокачественная смазка, недостаточная пластичность материала	Замена смазки, отшлифовать рабочие поверхности пресс-формы

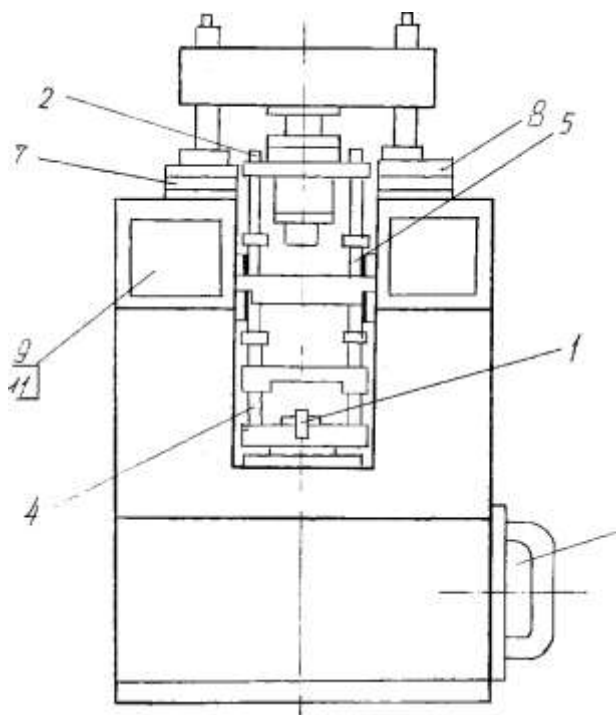


Рисунок 2 – Пресс автомат КА 8130:

1 – центральный стержень; 2,3,4,5 – колонки прессующего блока; 6 – подшипники опоры маховика; 7,8 – цилиндры подпоры матрицы; 9,10,11 – втулки привода питателя.

2

На рисунке 7 представлена схема прессования детали, последующей операцией будет процесс спекания изделия. В толкательной электропечи модели СТН.

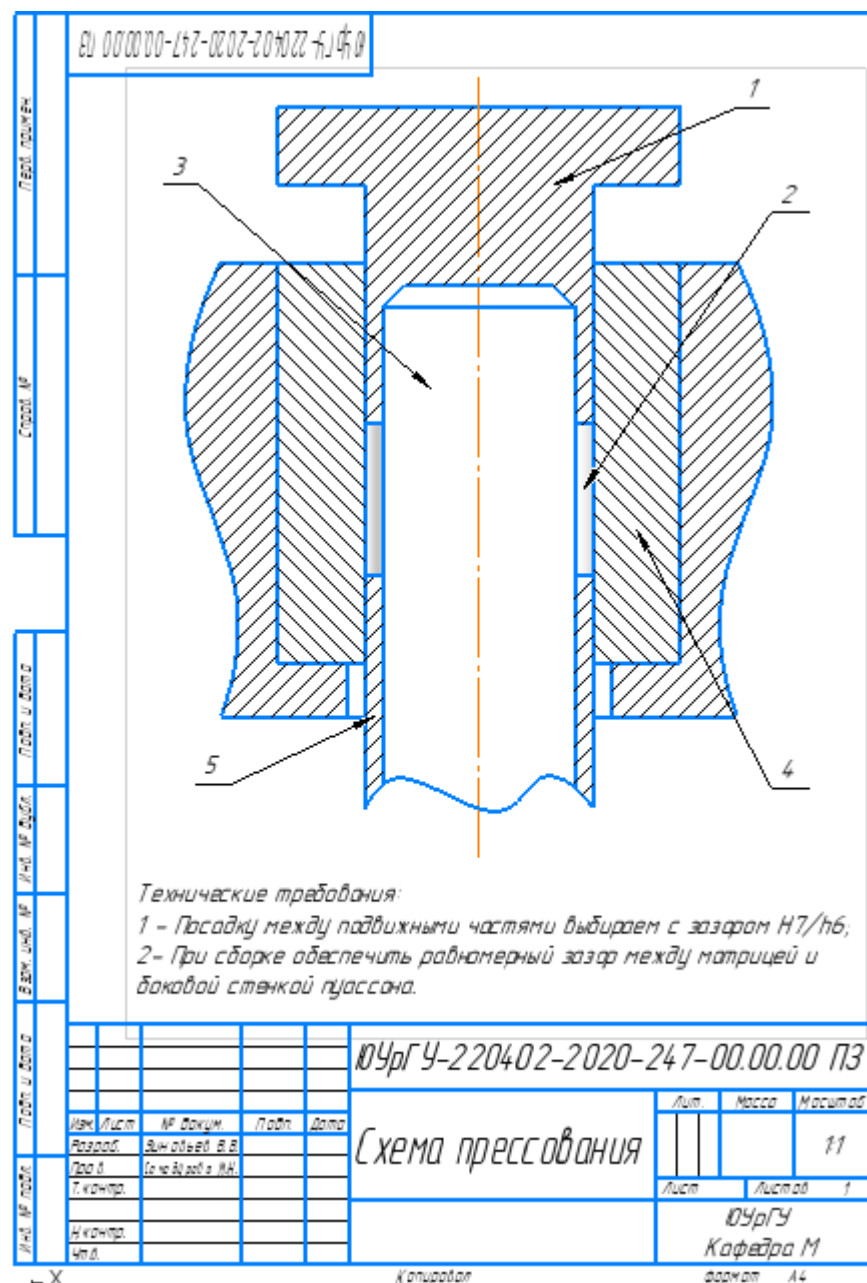


Рисунок 8 – Схема прессования

После прессования, изделие подвергается процессу спекания.

2.6 Спекание

Спекание – термическая обработка, которой подвергают спрессованные из порошков изделия. Операцию спекания состоит в нагреве и выдержке при температуре 0,7 – 0,9 от температуры плавления основного компонента смеси.

При спекании изменяются линейные размеры: в большинстве случаев происходит их уменьшение – наблюдается усадка и резко повышается физико-механические свойства. Одним из основных критериев спекаемости является прочность, пластичность и другие свойства материалов.

Так как деталь изготавливается из порошка ПЖВ 1, выбираем защитную атмосфера – водород, при этом время выдержки – 1,5 – 2 часа, при температуре порядка 1150 °С.

Таблица 7 – Химический состав газов, применяемых в качестве защитной атмосферы, при спекании

Газ	H_2	O_2	N_2	H_2O	NH_3	CO	CO_2	CH_4	%
Водород	99,8	0,2	–	0,5	–	–	–	–	100

Чаще всего, в порошковой металлургии применяют печи непрерывного действия. В нашем случае используем толкательную печь модели СТН – 2,45.2,0/11,5 (рисунок – 9).



Рисунок 9 – Толкательная электропечь

Температура в печи проверяется раз в сутки, при помощи термопары типа ТНН (нихром-нисил) – 1250.

Таблица 8 – Техническая характеристика толкательной электропечи

Основные параметры	Величина
Температура, К	1425
Мощность, кВт	36
Напряжение, В	380
Ток, Гц	50
Защитный газ	Водород
Число фаз	1
Нагревательный элемент	Мо проволока диаметром 1,5 мм
Размеры рабочего пространства	4000x200x200
Длина зоны спекания, мм	2500
Масса, т	3,9

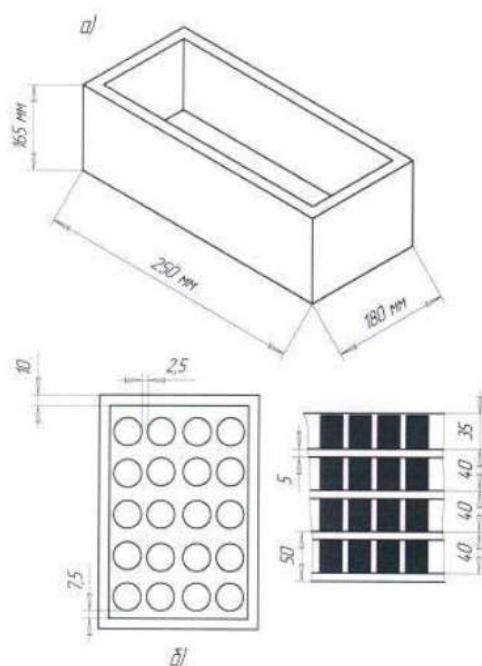


Рисунок 10 – а) эскиз лодочки толкательной печи;

Таблица 9 – Бак при спекании

Вид брака	Причины	Методы устранения
Недопекание	Снижение температуры спекания	Повторное спекание

Растрескивание, пузыри и вздутия на поверхности деталей	Высокая температура спекания	Снижение температуры до заданной
Окисление деталей	Нарушение печной атмосферы	Повторное спекание

2.7 Контроль спеченного изделия

После спекания детали подвергаются визуальному контролю.

Не допускается трещины и иные дефекты поверхности детали. Наличие пузырей, растрескивание или коробления (при высокой температуре прессования) также недопустимы.

Пористость и плотность спеченной детали, как и спрессованной определяется по ГОСТ 18898-73 расчетным и гидростатическим путем.

Бракованные изделия подлежат переработке, в виде лома. После контроля детали (штангенциркулем, микрометром) укладывается в тару, с указанием обозначения детали (маркировка) и взвешивается.

2.8 Технологические расчеты размеров делали пресс-форм для холодного прессования

Для определения технологических параметров процесса изготовления изделия, были выполнены расчеты, которые позволяют спроектировать пресс-форму для прессования готового изделия.

Расчет припусков и допусков на размеры спеченного изделия.

Припуск на размер изделия должен обеспечивать уточнение размера изделия в связи с возможными колебаниями усадки, устранение искажения формы, имеющего место при спекании, и удалении поверхностного дефектного слоя. Для определения поля допуска и размеров спеченного изделия необходимо предварительно установить для каждого размера два вида припуска: минимальный, который обеспечивает после шлифования заданного

размера при обычном искажении формы, и максимальный, обеспечивающий получение размеров готового изделия при наибольшем допустимом искажении формы после спекания.

Чтобы выбрать формулу для расчета припусков в круглых изделиях, необходимо подсчитать значение $\frac{H}{d}$:

$$\frac{H}{d} = \frac{12,6}{52} = 4$$

Для наших значений подходит $0,25 \leq \frac{H}{d} \leq 4$ следовательно:

- Для толщины $\Delta a_{max} = 0,005D$; $\Delta a_{min} = 0$
- Внешний диаметр $D_{max} = 0,005h$ или $D_{min} = 0,004D$,

выбираем максимальное значение допуска.

$$D_{max} = 0,005h = 0,005 \cdot 12,6 = 0,063 \text{ мм}$$

$$D_{max} = 0,004D = 0,004 \cdot 52 = 0,20 \text{ мм} - \text{выбираем это значение.}$$

Для расчетов используем следующие формулы:

$$A_{max} = \Delta h + \Delta a_{max} + \Delta b$$

$$A_{min} = \Delta h + \Delta a_{min}, \text{ где}$$

A_{max} – величина максимального припуска;

A_{min} – величина минимального припуска;

Δh – сумма толщин дефектного слоя, обычно $\Delta h = 0,05$ мм для одной стороны сечения, соответственно берем равной 0,1 мм;

Δb – припуск для устранения последствий колебаний усадки, равный 0,008 от номинального размера изделия;

Δa_{max} – припуск для максимально допустимого искажения формы, т.е. максимального коробления.

Δa_{min} – припуск на устранение обычного (нормального) искажения формы.

$$\Delta a_{min} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4}\right) \Delta a_{max}$$

Припуск на калибрование вычислим по формуле:

$$\Pi_k = \frac{A_{max} + A_{min}}{2}, \text{ мм}$$

Произведем расчеты для всех линейных размеров:

1) Диаметр 45мм:

$$\Delta a_{max} = 0,005 \cdot 45 = 0,22 \text{ мм}$$

$$\Delta a_{min} = 0$$

$$D_{max} = 0,1 + 0,22 + 0,008 \cdot 45 = 0,68 \text{ мм}$$

$$\Delta d_{max} = \Delta D_{max} \cdot \frac{d}{D} = 0,092 \text{ мм};$$

$$\Delta d_{min} = \frac{1}{3} \cdot 0,092 = 0,030 \text{ мм};$$

$$D_{min} = 0,1;$$

$$\Pi_k = 0,39 \text{ мм};$$

2) Диаметр 52 мм:

$$\Delta a_{max} = 0,005 \cdot 52 = 0,26 \text{ мм}$$

$$\Delta a_{min} = 0$$

$$D_{max} = 0,1 + 0,26 + 0,008 \cdot 52 = 0,77 \text{ мм}$$

$$D_{min} = 0,1$$

$$\Pi_k = 0,44 \text{ мм}$$

3) Высота 12,6 мм:

$$\Delta a_{max} = 0,005 \cdot 12,6 = 0,063 \text{ мм}$$

$$\Delta a_{min} = 0$$

$$D_{max} = 0,1 + 0,063 + 0,008 = 0,17 \text{ мм}$$

$$D_{min} = 0,1$$

$$\Pi_k = 0,135 \text{ мм}$$

Определяем массу навески порошка.

Материал: ПЖВ1

Масса навески порошка для получения прессовок заданной плотности рассчитывается по формуле:

$$M = V_R \cdot p_R \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ где}$$

V_R – объём готового изделия;

p_R – плотность готового изделия 6,95 г/см³;

K_1 – коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании равный 1,005;

K_2 – коэффициент, учитывающий потери массы порошка при спекании равный 1,02.

1. Масса готового изделия:

$$M = V_R \cdot p_R \cdot K_1 \cdot K_2 = 6719 \cdot 6,95 \cdot 1,005 \cdot 1,02 = 48 \text{ г}$$

2. Плотность изделия после спекания вычислим по формуле:

$$p_b = p_R \left(1 - \frac{\Delta p_k}{100}\right) = 6,95 \left(1 - \frac{3,5}{100}\right) = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ г/мм}^3$$

Δp_k – прирост плотности при калибровании, равный 3,5 %.

3. Объём изделия после спекания:

$$V_b = V_R \left(1 - \frac{\Delta p_k}{100}\right) = 6719 \left(1 + \frac{3,5}{100}\right) = 6954 \text{ мм}^3$$

4. Высота изделия после спекания:

$$h_b = h \left(1 + \frac{\Delta p_k}{100}\right) = 12,6 \left(1 + \frac{3,5}{100}\right) = 13 \text{ мм}$$

5. Масса спрессованного изделия:

$$M_{PR} = K_2 \cdot M_R = 1,02 \cdot 48 = 48,96 \text{ г}$$

6. Объём спрессованного изделия:

$$V_{PR} = V_b \left(1 - \frac{\varphi_V}{100}\right);$$

φ_V – коэффициент объемного расширения;

$$\varphi_V = 100 - \frac{100}{K_V};$$

K_V – объемное расширение при спекании;

$$K_V = K_h - K_{D,d}^2;$$

Где K_h и $K_{D,d}^2$ - усадка при спекании;

$$K_h = \frac{100}{100 - \varphi_h};$$

$$K_{D,d} = \frac{100}{100 - \varphi_{D,d}};$$

$$K_h = \frac{100}{100 - 0,3} = 1,003;$$

$$K_r = \frac{100}{100 - 0,4} = 1,004;$$

$$K_V = 1,003 \cdot 1,004 = 1,011;$$

$$\varphi_V = 100 - \frac{100}{1,011} = 1,09;$$

$$V_{PR} = 6954 \left(1 - \frac{1,09}{100}\right) = 6878 \text{ мм}^3;$$

7. Объем изделия

8. Плотности спрессованного изделия:

$$\rho_{PR} = \frac{48,96}{6878} = 7,1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Т}}{\text{М}^3};$$

9. Высота прессовки:

$$h_{PR} = h_b \cdot \left(10 \frac{100 - \varphi_r}{100}\right) \cdot \left(\frac{100 + \delta}{100}\right);$$

где δ – упругое последствие прессовки по размерам равная 0,3.

$$h_{PR} = 13 \cdot \left(\frac{100 - 0,4}{100}\right) \cdot \left(\frac{100 + 0,3}{100}\right) = 12,9 \text{ мм};$$

10. Высота слоя порошка в матрице:

$$H_1 = h_{PR} \cdot \frac{\rho_{PR}}{\rho_0};$$

Где ρ_0 – насыпная плотность порошка берем равную 2,60 т/м³;

$$H_1 = 12,9 \cdot \frac{7,1}{2,60} = 35,22 \approx 35 \text{ мм};$$

11. Общая высота матрицы:

$$H_M = H_1 + h_H;$$

Где h_H – величина захода в матрицу нижнего пуансона;

$$H_M = 35,22 + 10 = 45,22 \approx 45 \text{ мм};$$

12. Определения размеров стержня:

$$d_{max} = d_i + \Delta l_{Di}, \text{ мм};$$

$$d_{max} = 45 + 0 = 45 \text{ мм};$$

13. Размер спрессованного изделия при спекании:

$$D_{прi} = D_{сп} \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{100}\right), \text{ мм};$$

$$14. \quad D_1 = 45 \cdot \left(1 - \frac{0,4}{100}\right) = 44,82 \text{ мм};$$

$$15. \quad D_2 = 52 \cdot \left(1 - \frac{0,4}{100}\right) = 51,8 \text{ мм};$$

16. Размер рабочей полости матрицы:

$$D_{mi} = D_{прi} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \text{ мм};$$

$$D_{m1} = 44,82 \cdot \left(1 - \frac{0,25}{100}\right) = 44,7 \text{ мм};$$

$$D_{m2} = 51,8 \cdot \left(1 - \frac{0,25}{100}\right) = 51,7 \text{ мм};$$

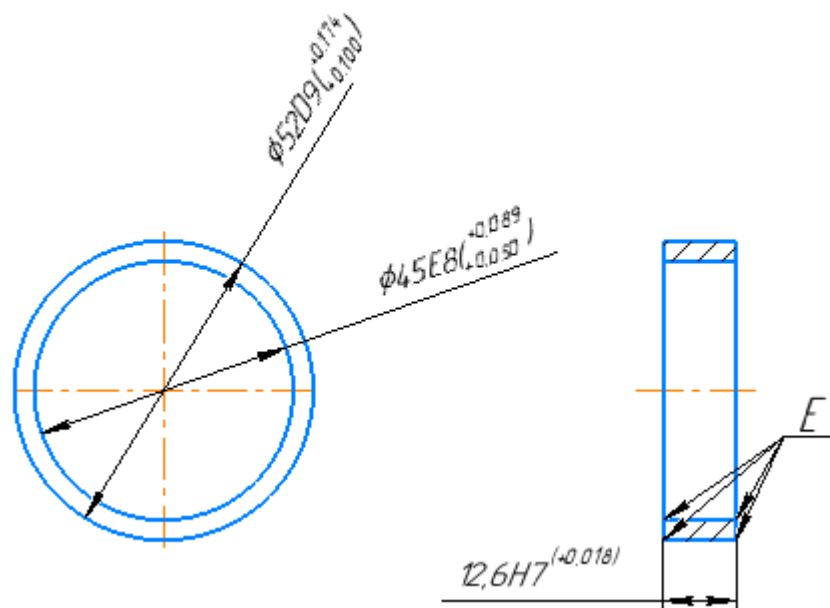


Рисунок 11 – Эскиз изделия

17. Расчет усилия прессования и усилия выталкивания

Усилие прессования P необходимо определять для выбора прессы или в случае прессования по давлению.

$$P = p \cdot F \cdot q, \text{ Н};$$

Где p – удельное давление прессования, МПа;

q – количество одновременно прессуемых деталей в пресс-форме, равная единице.

F – площадь поперечного сечения рабочей полости матрицы, мм²;

Удельное прессование определяется по формуле:

$$p = p_{max} \cdot p_{PR}^m, \text{ МПа};$$

Где p_{max} – удельное давление прессования необходимое для получения беспористого тела, равная 1260 МПа,

m – показатель прессования.

$$m = 2 + \frac{p_{PR}}{p_{PR} - p_0};$$

Для железного порошка $m = 3,5$ (методическое пособие).

Подставляем в формулу:

$$p = 1260 \cdot 0,971^{3,5} = 1136 \text{ Мпа};$$

Площадь поперечного сечения матрицы:

$$F = 530,92 \text{ мм}^2;$$

Таким образом, усилие прессования определяется:

$$P = 1136 \cdot 530,92 = 603125,12 \text{ Н};$$

Коэффициент запаса мощности $n = 1,2$:

$$P_{пр} = 1,2 \cdot P = 1,2 \cdot 603125,12 = 723750,144 \text{ Н};$$

Усилие выталкивания:

$$P_{выт} = 0,25 \cdot P_{пр} = 0,25 \cdot 723750,144 = 180937,536 \text{ Н}.$$

Полученные расчеты показывают правильность выбранного оборудования и конструкции пресс-формы.

3. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ

Произведем компьютерное моделирование для изучения пористости детали (кольца распорного), так как при помощи вычислительной техники удобнее анализировать, когда реальные эксперименты несут за собой дополнительные затраты. Суть компьютерного моделирования заключается в изучении всех факторов, которые могут повлиять на процесс прессования и возможных неудачах при реальных опытах с использованием новых технологий, так как возможно от оригинального объекта-оригинала (детали) получить мгновенный отклик моделируемой физической системы на изменения ее параметров, и начальных условий.

3.1 Особенности математической модели

В ходе моделирования в программном пакете QForm были выполнены ряд допущений:

- а) Марка стали выбрана из имеющегося марочника QForm, которая отличается по своим механическим свойствам от реально используемого порошка ПЖВ1;
- б) Не учтен гранулометрический состав порошка, который должен составлять 160мкм;
- в) Относительная плотность порошка берем равной 0,6.

3.2 3D модель прессования порошка ПЖВ1

В исследуемом процессе прессования порошка ПЖВ1, ниже представлен чертеж готового изделия, а также заготовка.



Рисунок 11 – Схема прессования в QForm

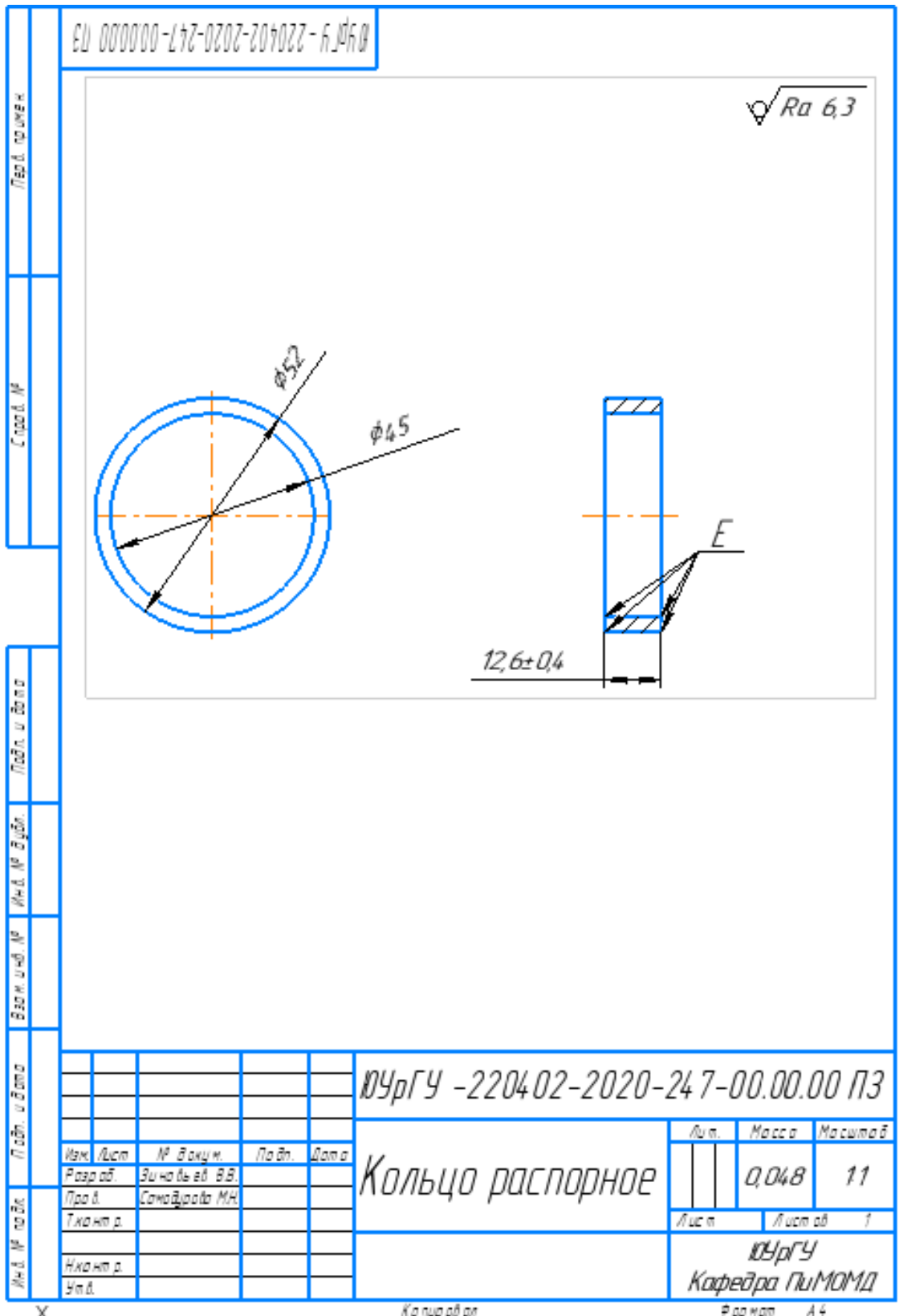


Рисунок 12 - Кольцо распорное

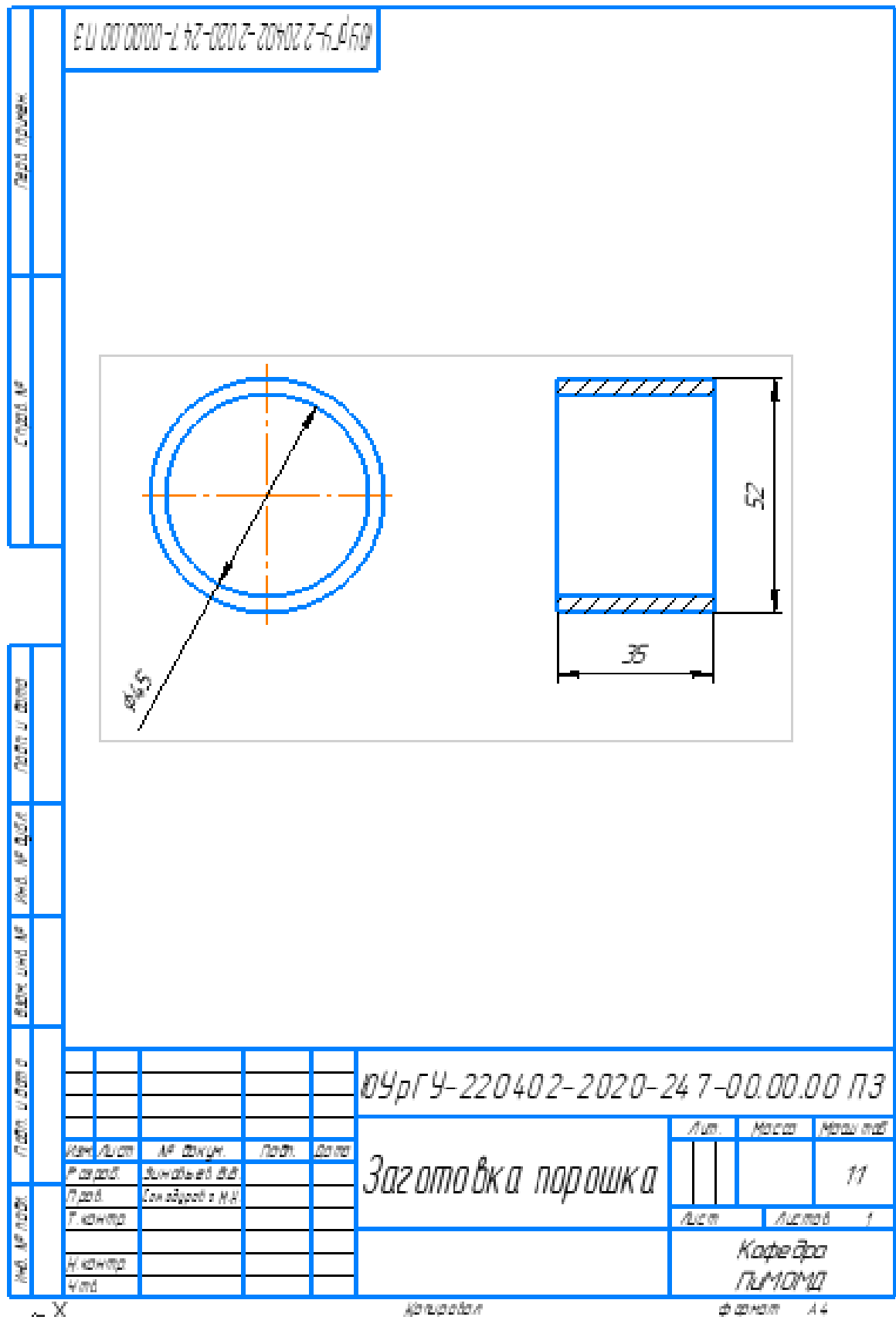


Рисунок 13 – Заготовка для прессования

3.3 Алгоритм задачи на расчёт и параметры процесса

1. Геометрия:

1.1. Заготовка (Рисунок 2);

1.2. Инструмент 1 – Верхний пуансон;

1.3. Инструмент 2 – Матрица;

1.4. Инструмент 3 – Нижний пуансон.

2. Параметры заготовки:

Относительная плотность 0,6;

Материал – 08кп cold;

Температура – 20 °С.

3. Параметры инструмента:

Привод:

Инструмент 1 – Механический пресс с усилием 10 МН;

Инструмент 2 – Недвижный привод;

Инструмент 3 – Подвижный привод.

Смазка:

– Графит и вода.

Материал:

Инструмент 1,2 – L6.

Температура:

Инструмент 1,2 – 20 °С.

4. Условия остановки:

Перемещение инструмента 1 – 3 на 23 мм.

5. Граничные условия:

Окружающая среда 20 °С.

6. Параметры расчёта:

Стандартные, максимальный размер элемента 0,5 мм.

3.4 Результат расчета

В начальный момент прессования порошка расстояние от инструмента 1 до инструмента 3 составляло 20,6 см, при этом температура, плотность изделия составила:

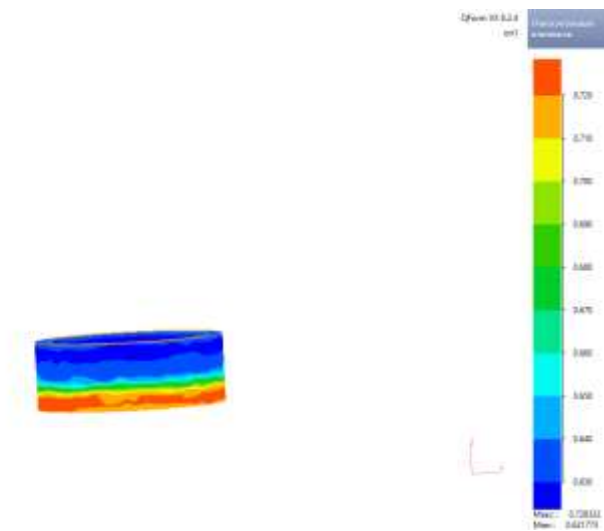


Рисунок 14 – Относительная плотность в начале прессования порошка

В середине прессования порошка расстояние от инструмента 1 до инструмента 2 составляло 17.4 см, при этом температура, плотность изделия составила:

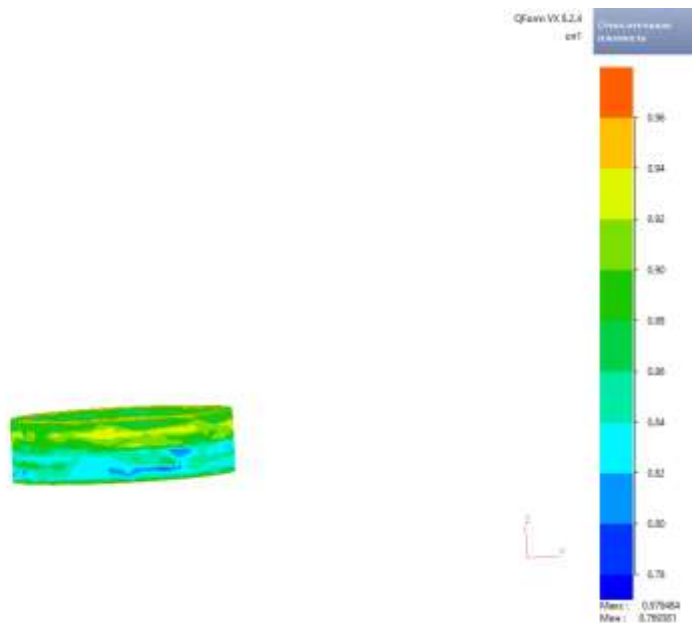


Рисунок 15 – Относительная плотность в середине прессования

В конце прессования порошка расстояние от инструмента 1 до инструмента 2 составляло 13 см, при этом температура, плотность изделия составила:

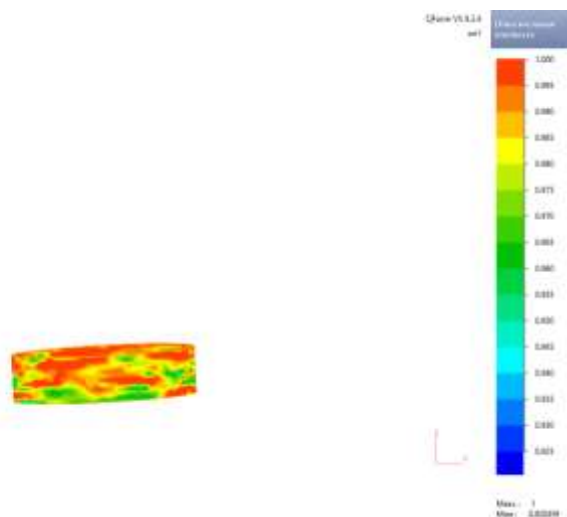


Рисунок 16 – Относительная плотность в конце прессования

При этом, график усилия выглядит следующим образом, рисунок – 17.

Инструмент 1 - Усилие, тс

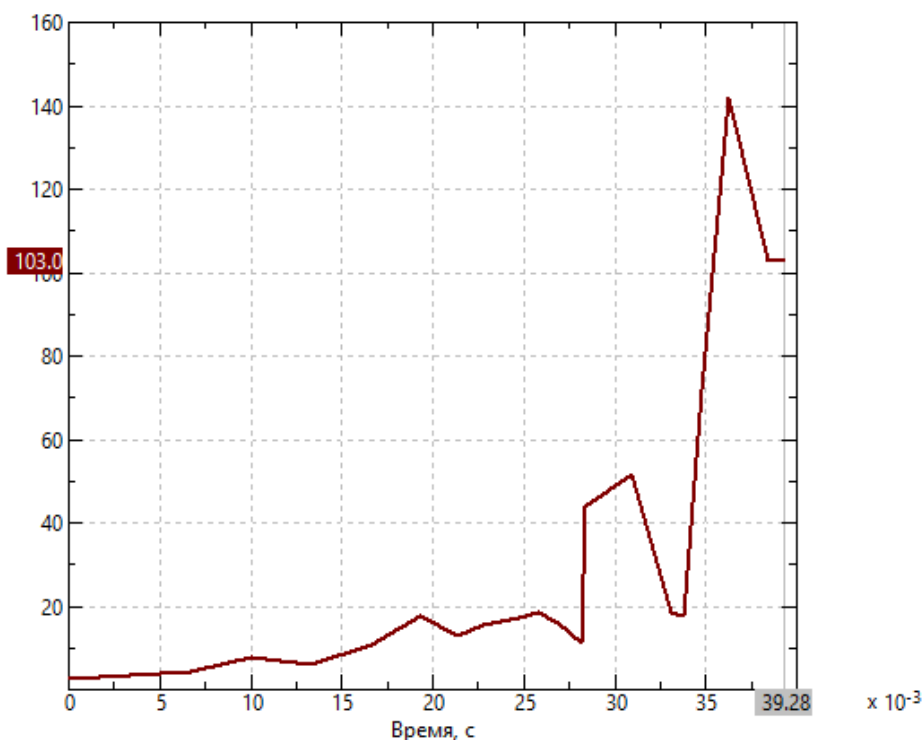


Рисунок 17 – График усилия прессования

В результате моделирования получили характерную картину, которая в первом приближении позволяет исследовать процесс и выявлять причины.

Проведено экспериментальное исследование моделирование процесса прессования порошка марки ПЖВ1.

В процессе работы проведено экспериментальное исследование пористости моделирование процесса в 3D постановке.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ

Для определения качества и проверки выбора технологических параметров были выполнены исследования образцов на наличие пористости.

Таблица 10 – Химический состав материала ГОСТ 9849 – 86

С	Si	Mn	S	P
до 0.02	до 0.08	до 0.1	до 0.015	до 0.15

4.1 Шлифовка, травление образцов

Исследуемые образцы были разрезаны с помощью лабораторного оборудования, на рисунке 1 представлено шесть образцов.

Под номером 1 – 3 кольцо распорное (сырое); 4 – 6 кольцо распорное (термообработанное).

Микрошлиф – это небольшая часть металла, которую шлифуют на наждачной бумаге с разной зернистостью и доводят металл до блеска (зеркала).

В качестве материала для травления использовали «царскую водку», в состав которой входит смесь концентрированных азотной HNO_3 и соляной HCl кислот, взятых в соотношении 1/3 по объёму [9].

По результатам подготовки образцов измерим твердость по Виккерсу.

Таблица 11 – Классификация порошка ПЖВ1

Марка :	ПЖВ1
Классификация	Порошок железный
Применение	Порошок получен методом восстановления, предназначен для изготовления изделий методом порошковой металлургии, сварочных материалов и других целей. При давлении 400 МПа плотность не менее 6.4 г/см ³ . При давлении 700 МПа плотность не менее 7.1 г/см ³ (класс крупности 160 и 200)

4.2 Измерение микротвердости

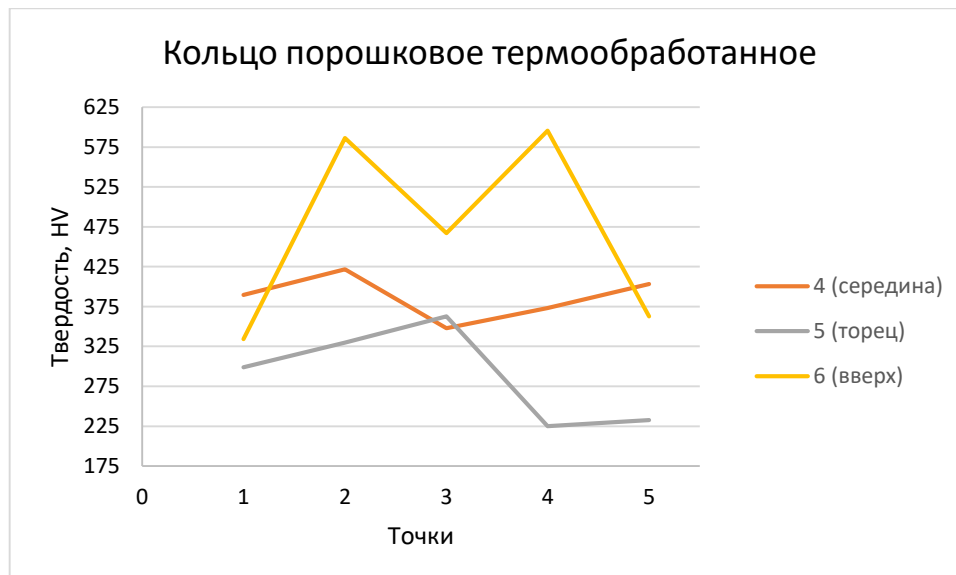
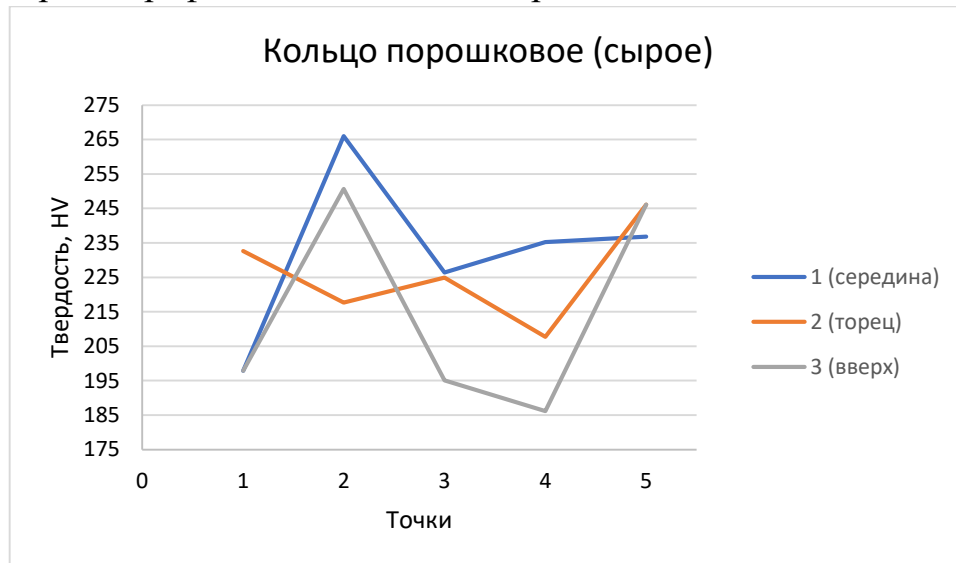
Измерение микротвердости проводим по Виккерсу (HV). Для каждого образца измеряем твердость в пяти точках. Результат заносим в таблицу 2.

Таблица 12 – Результаты измерения микротвердости HV

№ Образца	№ точки
-----------	---------

	1	2	3	4	5	Ср.знач.
	точка	точка	точка	точка	точка	
1(середина)	197,9	266	226,4	235,2	236,8	232,46
2 (торец)	232,6	217,7	224,9	207,7	246,1	225,8
3 (вверх)	197,9	250,7	195,1	186,2	246,1	215,2
4(середина)	389,5	421,9	348	373,1	403,4	387,18
5 (торец)	298,7	329,7	362,8	224,9	232,5	289,72
6 (вверх)	334,1	586,3	467,2	595,6	362,8	469,2

Построим графики зависимости твердости от точек.



4.3 Пористость материала

На фотографиях приведены результаты определения пор на электронном микроскопе марки МАП – 2М.

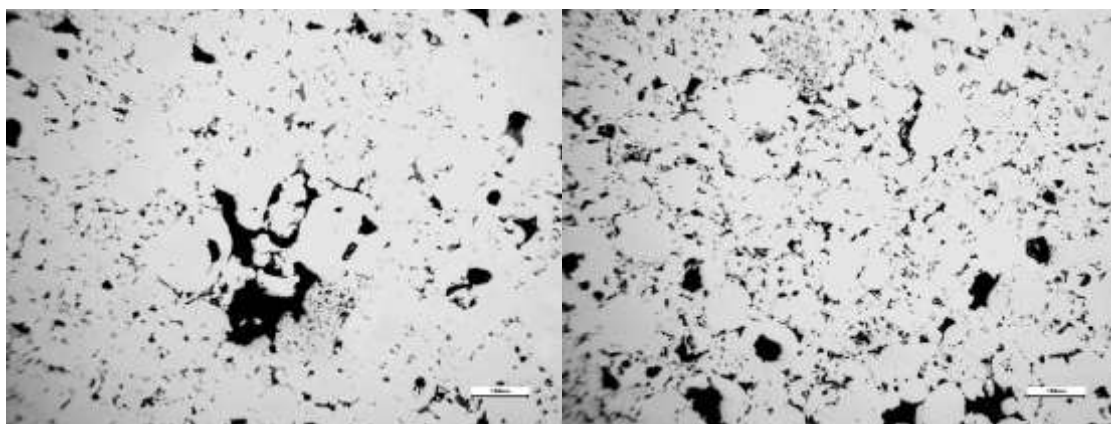


Рисунок 18 – Пористость 1 образца (середина, x100)

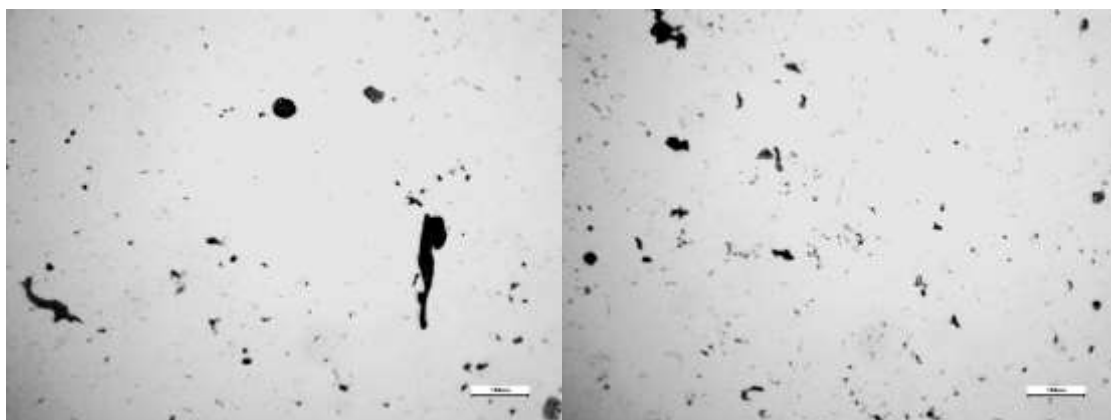


Рисунок 19 – Пористость 2 образца (торец, x100)

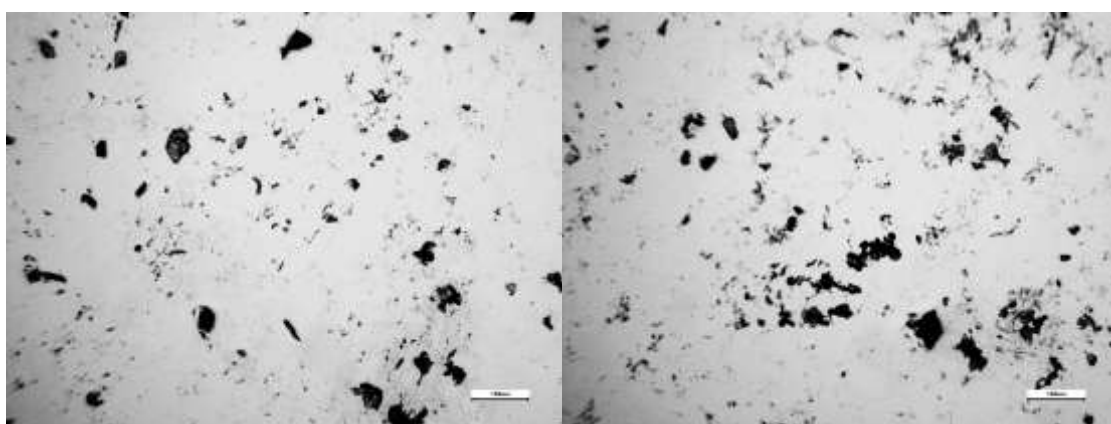


Рисунок 20 – Измерение пористости 3 образца (вверх, x100)

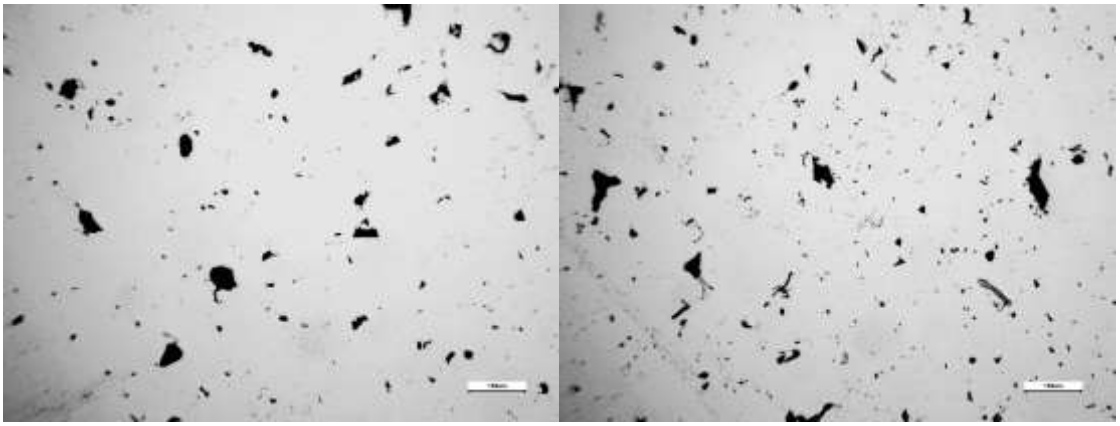


Рисунок 21 – Пористость 4 образца (середина, x100)

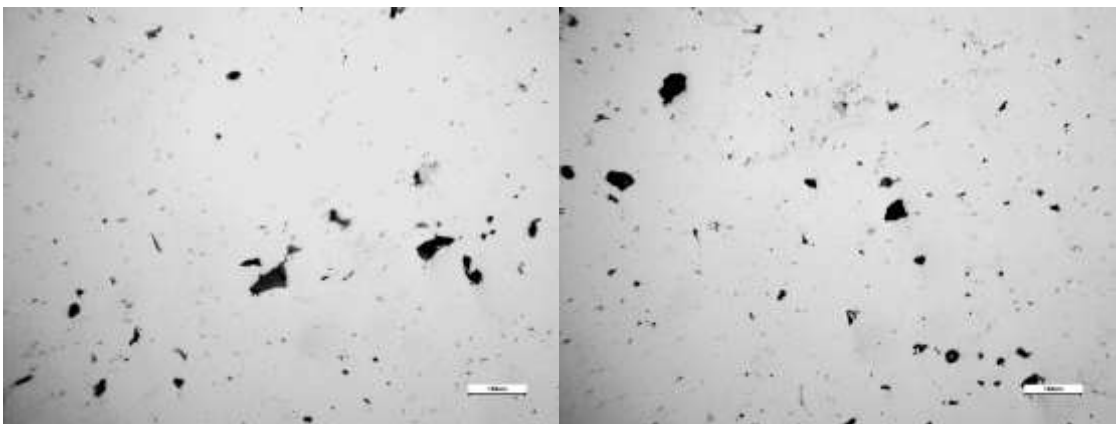


Рисунок 22 – Пористость 5 образца (торец, x100)

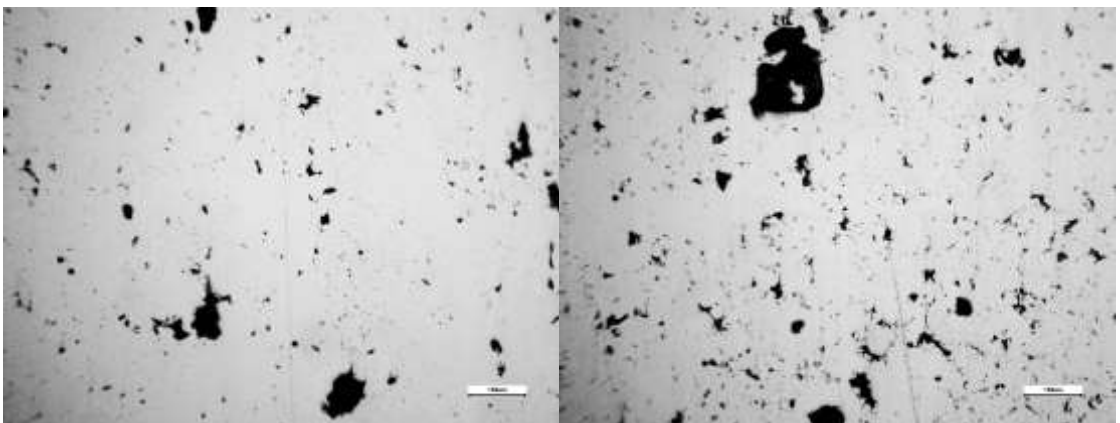


Рисунок 23 – Пористость 6 образца (вверх, x100)

Пористость для 1 кольца (сырого) составила 13%, для 2 кольца (термообработанного) 8%.

Пористость посчитана при помощи графического редактора Image Analyzer.

Вывод: исходя из результатов исследований, было сделано заключение, что изделие «распорное кольцо» отвечает требуемым характеристикам, а технологический процесс и расчетные технологические параметры соответствуют требуемому качеству прессовки.

5. ДЕТОНАЦИОННОЕ НАПЫЛЕНИЕ

Для повышения надежности работы агрегата для нефтедобывающей промышленности (насос) срок службы деталей играет большую роль. Поэтому материал из которых изготовлены изделия (комплектующие детали) должны обладать антикоррозионными свойствами. Так как процесс добычи нефти ведется в агрессивных средах. Поэтому основной проблемой износа является коррозия.

В рамках работы было предложено нанести на детали машин и агрегатов коррозионностойкое покрытие методом детонационного напыления.

Исследования проводились в лаборатории «Механики, лазерных процессов и цифровых производственных технологий». Для данной технологии был использован детонационный комплекс CCDS2000, который включает в себя:

- Пушку с трех-координатным манипулятором;
- Блок охлаждения;
- Компьютерная система управления.



Рисунок 23 – Детонационное напыление

Отметим основные параметры детонационного комплекса в таблице 14.

Таблица 14 – Основные параметры детонационного комплекса

Основные параметры	Величина
Рабочая частота, Гц	До 10
Производительность, кг/ч	До 3
КПД (по порошку), %	До 80

Установка представляет собой пушку, которая при помощи горючего газа – ацетилена (в качестве рабочего газа), распыляет частицы порошка, а азот служит своего рода оболочкой для стабилизации процесса образования пленки и кислород для прохождения высокотемпературной реакции. Когда происходит впрыск порошка, он приобретает настолько мелкодисперсную форму, что во время детонации находится во взвешенном состоянии, тем самым, по мере распространения детонационной волны происходит превращение активной среды в разрыв молекулярных связей с выделением большого количества тепла. Порошок вылетает из сопла (ствола) в среднем порядка 1200 – 1500 атмосфер, при температуре порядка 3,5 тысяч градусов, что ведет к тепловому расширению, при скорости порядка 500 – 1000 м/с.

Управление энергией детонации возможно регулировать при помощи уменьшения или увеличения подачи активного газа, т.е. ацетилена.

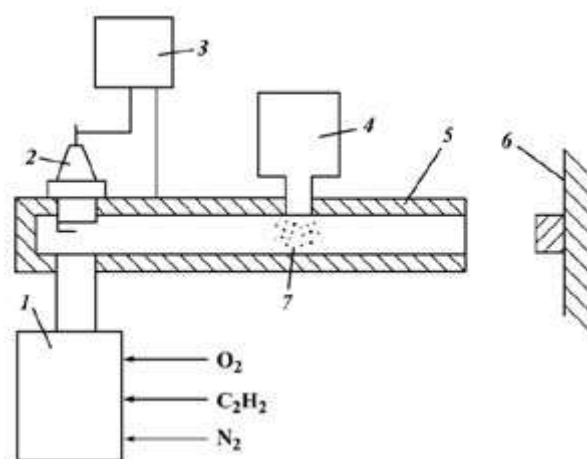


Рисунок 24 – Схема детонационного напыления:

- 1 – подача газа; 2 – воспламенитель; 3 – блок поджига;
 4 – блок подачи порошка; 5 – ствол; 6 – подложка

5.1 Типы напыления

При детонационном напылении возможно получать покрытия из любых материалов:

- 1) При необходимости получить нержавеющее покрытие, в качестве основы порошка будем использовать хром, молибден, которые служат для работы деталей в агрессивной среде и повышают порядка на 5 – 10 % прочность покрытия.
- 2) В случае получения износостойкого покрытия используется кобальт, титан, карбиды вольфрама. Процентным содержанием регулируется ударная вязкость, которая в свою очередь находится в обратной зависимости от твердости и износостойкости.
- 3) В проекте, необходимо получить антикоррозионное покрытие, для этого используем порошок на основе молибдена, никеля и хрома, которые позволяют увеличить антикоррозионную стойкость и уменьшают изнашивание деталей, не смотря на повышенную температуру эксплуатации.

5.2 Процесс напыления

Процесс напыление является неотъемлемой частью при предании детали особых свойств. За основу, выбираем порошок на никелевой основе марки – 08ХН53МБТЮ, химический состав представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Химический состав порошка

Основа	Ni, %	Cr, %	C, %	Mo, %	Другие добавки
Никель	52 – 55	33 – 36	0,08 – 0,1	0,7 – 1	Ti, В, Mn и др.

Технология, в которой энергия газового взрыва используется для нанесения покрытия из порошкового материала на обрабатываемую поверхность.



Рисунок 15 – Схема рабочего цикла

При детонационном напылении частицы, вылетающие из пушки напыляемые на подложку (заготовку) принимают вид (рисунок – 26)

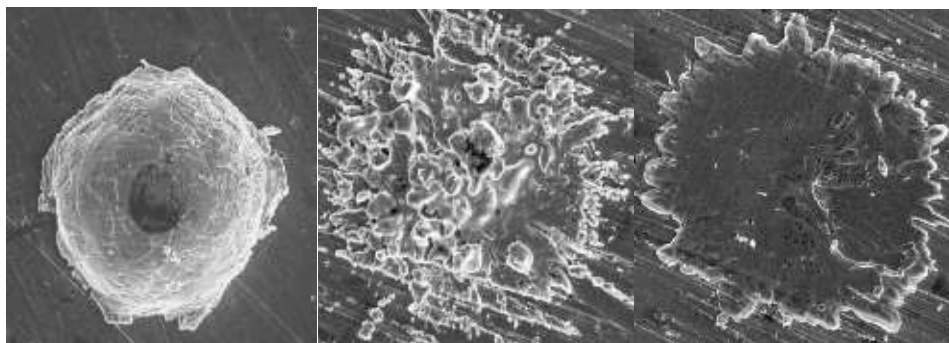


Рисунок 26 – Частицы хромоникелевого порошка нагретые до:

1 – предплавление; 2 – полурасплав; 3 – полностью расплавленные

На рисунке 27 представлены фотографии микроструктуры нанесенного покрытия.

При этом микроструктура металла имеет вид, при этом пористость составляет около 0,7 %. Примерная толщина покрытия 0,5 – 0,7мм:



Рисунок 27 – Микроструктура напыления порошка никель-хром



Рисунок 28 – Итоговый результат напыления: а – до напыления;
б – после напыления и механической обработки

Покрытие получилось стойкое, визуальных отслоений не наблюдается. Физико-механические свойства не исследовались.

В настоящее время, образцы переданы на испытания в ООО «Факториал»

Данный метод нанесения позволяет:

- получать адгезионно-стойкое покрытие с высокими качественными характеристиками и значительно уменьшить пористость прессованных изделий;

- снизить стоимость изделия, за счет использования в качестве изготовления изделия более дешевые материалы, а покрытие позволяет повысить качественные и требуемые характеристики – коррозионную стойкость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе разработана технология прессования детали «кольцо распорное», для конструкционного назначения из порошка ПЖВ-1. Впервые проведено компьютерное моделирование процесса прессования порошка и подготовлены образцы для эксперимента. Сделан литературный обзор, на основе которого был выполнен процесс прессования и проанализирована технология используемая на ООО «Факториал». После проведенных расчетов и моделирования процесса были внесены поправки и скорректированы технологические режимы процесса изготовления детали «распорное кольцо».

Анализ микроструктуры после напыления показал, что пористость практически отсутствует. Нанесенное покрытие на поверхность изделия позволяет использовать его в узлах конструкций, работающих в агрессивных средах.

Применение антикоррозионных порошков на основе никеля является эффективным методом придания антикоррозионных свойств изделиям изготовленным методами порошковой металлургии. Предложенная технология детонационного напыления позволяет значительно снизить стоимость изготовления деталей, работающих в агрессивных средах нефтедобывающей промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Изготовление деталей методами порошковой металлургии В.В. Абразумов. Учебное пособие для студентов. Москва, 1998 – 50с.
- 2 Основы технологии порошковой металлургии Н.Г. Крашенинникова, С.Я Алибеков, Г.П. Фетисов – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016 – 288с.
- 3 Технологические процессы и инструменты для изготовления деталей из пластмасс, резиновых смесей, порошковых и композиционных материалов Е.Н. Сосенушкин – Учебное пособие, Спб: 2018 – 300с.
- 4 Алхимов А.П., Клинков С.В., В.Ф. Косарев, В.М. Фомин Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. Под редакцией академика В.М. Фомина. Москва, Физматлит 2010, 545 с.
- 5 Технологические расчеты холодного формования металлических порошков: Методические рекомендации в помощь специалистам. С.А. Мыррин. Челябинск, 1989. – 25с.
- 6 Справочник по порошковой металлургии: О.В, Ротан, И.П. Габриелов. Минск: Беларусь, 1988. – 175с.
- 7 Прессы – автоматы для обработки порошковых материалов: В.И. Трусковский, Л.А, Барков, В.К. Плотников. Челябинск: Металл, 1994 – 304с.
- 8 Зверев, А.И. Детонационное напыление покрытий / А.И. Зверев, С.Ю. Шаривкер, Е.А. Астазов. – Л.: Судостроение, 1979 – 232с.
- 9 Бартнев, С.С. Детонационные покрытия в машиностроении / С.С. Бартнев, Ю.В. Федько, А.И. Григоров. – Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1982 – 215с.

