

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт Технологий и инженерной механики  
Кафедра Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
Института Технологий и инженерной  
механики



Могильная Е.П.

(подпись)

« 18 » 04 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРЕССОВАНИЕ, СПЕКАНИЕ И ГОРЯЧАЯ ОБРАБОТКА  
Порошковых материалов

По направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Магистерская программа: «Функциональные материалы, покрытия»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

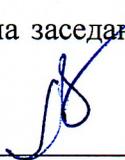
Рабочая программа учебной дисциплины «Прессование, спекание и горячая обработка порошковых материалов» по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов». – 15 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Прессование, спекание и горячая обработка порошковых материалов» составлена с учетом государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 24.04.2018 № 306 редакция с изменениями от 26.11.2020 №1456.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения \_\_\_\_\_  Рябичева Л.А.

Переутверждена: «  » \_\_\_\_\_ 20   г., протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института \_\_\_\_\_

 Ясуник С.Н.

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, её место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области изготовления изделий из порошковых материалов.

Задачи:

- изучение физических, химических и технологических свойств порошковых материалов;
- изучение процессов, происходящих при прессовании, спекании и формообразующих операциях;
- изучение влияния структуры и технологических параметров обработки на качество порошковых материалов;
- изучение технологических процессов изготовления изделий из порошковых материалов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Прессование, спекание и горячая обработка порошковых материалов» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Физико-химические основы моделирования строения и свойств материалов», «Функциональные материалы и покрытия» и служит основой для выполнения магистерской диссертации.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-3. Способен осуществлять анализ соответствия готового изделия заявленным потребительским характеристикам, прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале	ПК-3.1. Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; ПК-3.2. Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале	Знать соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам, прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале Уметь осуществлять анализ соответствия готового изделия заявленным потребительским характеристикам, прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале Владеть навыками

		осуществления анализа соответствия готового изделия заявленным потребительским характеристикам, прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале
--	--	--

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>180</b> <b>(5,0 зач. ед)</b>	
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>45</b>	
<b>в том числе:</b>		
Лекции	30	
Семинарские занятия	-	
Практические занятия	20	
Лабораторные работы		
Курсовая работа (курсовой проект)		
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> )	-	
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>130</b>	
Итоговая аттестация	зачёт	

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Тема 1.** Классификация методов формования изделий из порошков.

Подготовка порошков к формованию. Термины и определения понятий. Понятие процесса формования. Назначение и сущность процесса формования. Обобщённая схема классификации методов формования.

**Тема 2.** Общие закономерности процессов формообразования.

Основные этапы процесса формования. Подготовка порошков к прессованию. Отжиг порошков и их классификация. Приготовление смесей. Аппаратурное оформление процессов. Процессы, происходящие при прессовании. Пространственная структура порошков. Дискретно-изотропная и дискретно-анизотропная среда. Основные стадии процесса прессования порошковых тел. Идеализированная кривая процесса уплотнения порошковых

тел. Межчастичное и боковое трение. Зависимость плотности прессовки от усилия прессования и схемы нагружения порошкового тела. Распределение плотности порошкового тела по объёму прессовки.

Основы механизма уплотнения. Модели математического описания процессов уплотнения порошковых тел. Влияние контактной поверхности частиц на прочность прессовки.

### **Тема 3. Методы формования изделий из порошков.**

Изостатическое формование. Основные разновидности изостатического формования. Гидростатическое формование (ХИП). Разновидности метода и аппаратное оформление процесса. Методы «сухого» и «мокрого» мешка. Материалы, используемые для приготовления форм. Преимущества и недостатки метода. Жидкие среды, применяемые при ХИП. Подготовка порошков и пресс-форм к формованию. Принцип устройства установок для ХИП. Цикл ХИП. Дефекты формовок.

Газостатическое формование. Достоинства и недостатки метода. Используемые среды. Материалы оболочек и аппаратное оформление процесса. Устройство газостатов. Цикл ГИП. Формование в толстостенные эластичные оболочки.

Шликерное формование. История методов шликерного формования. Основные разновидности метода. Преимущества и недостатки метода. Шликерное формование в пористых адсорбирующих формах. Механизм формования. Материалы и технологии создания форм для литья жидкого шликера. Подготовка шликера (подготовка и смешивание дисперсной среды и дисперсионной жидкости). Реологические свойства шликеров. Формование заготовок наливным и сливным способом. Обработка отливок.

Шликерное формование в пористые неадсорбирующие формы. Способы удаления дисперсионной среды. Подготовка порошков и пресс-форм к формованию.

Литье из термопластичных шликеров. Приготовление дисперсной фазы и введение термопластичной связки. Отливка изделий. Удаление термопластичной связки и спекание формовок.

Электрофоретическое формование. Область применения и особенности метода. Аппаратное оформление.

Мундштучное и инъекционное формование. Область применения метода мундштучного формования. Устройство пресс-форм для мундштучного формования. Степень обжатия материала. Особенности процесса экструзии порошка. Способы формования изделий из порошков (формование с пластификаторами, в защитной атмосфере и оболочках и пр.).

Особенности метода инъекционного формования. Подготовка порошков к формованию. Оборудование для формования материалов.

Вибрационное формование. Область применения метода. Основные способы вибрационного формования. Схемы пресс-инструмента. Способы передачи энергии вибрации. Характеристики режимов вибрирования. Особенности технологического процесса и оборудование для виброформования.

Импульсное формование. Область применения метода и его особенности. Взрывное формование. Применяемые вещества и устройство баллистического пресса. Метод гидродинамического прессования. Метод электрогидравлического формования. Метод электромагнитного формования. Пневмомеханическое формование. Плотность получаемых заготовок.

#### **Тема 4.** Теория и практика спекания изделий из порошков.

Твердофазное спекание. Цели процесса спекания. Определение процесса спекания. Влияние дефектов кристаллической решётки на процесс спекания порошкового тела. Спекание однокомпонентных систем. Геометрические элементы порошкового тела («шейка», «изометрическая пора» и пр.). Стадии процесса спекания. Механическое равновесие на границе двух фаз и движущие силы процесса спекания. Механизмы массопереноса вещества. Пути диффузии атомов и ее эффекты, проявляющиеся при спекании порошковых тел. Объёмная диффузия при спекании частиц порошка. Этапы «залечивания» поры. Вязкое течение. Ползучесть кристаллических тел. Диффузионно-вязкое течение.

Рекристаллизация частиц. Схема укрупнения частиц при рекристаллизации. Температура рекристаллизации. Уплотнение порошковых тел. Стадии процесса усадки порошкового тела. Зависимость усадки от продолжительности спекания. Особенности усадки порошковых тел при спекании. Активация процессов спекания.

Спекание многокомпонентных систем. Спекание систем с полной взаимной растворимостью компонентов. Объёмные изменения при спекании. Системы с ограниченной растворимостью компонентов. Спекание систем эвтектического типа. Системы с перитектикой. Спекание систем с химическими соединениями. Спекание систем с нерастворимыми компонентами.

Жидкофазное спекание. Общая характеристика процесса жидкофазного спекания. Термодинамические условия жидкофазного спекания. Закономерности жидкофазного спекания. Стадии спекания. Теоретические и технологические аспекты процесса жидкофазного спекания порошковых тел. Спекание с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки. Спекание с жидкой фазой, исчезающей в процессе спекания. Инфильтрация порошковой формовки. Управление объёмными изменениями порошковых тел при жидкофазном спекании.

#### **Тема 5.** Горячая обработка порошковых изделий.

Прокатка порошков. Основные виды прокатки. Угловые параметры процесса прокатки (центральные углы очага деформации). Величина центральных углов. Особенности процесса прокатки порошков. Поступления порошка в очаг деформации. Основные уравнения, описывающие процесс прокатки. Виды брака при прокатке порошков. Схемы прокатки и используемые виды оборудования.

Горячее прессование. Особенности и аппаратное оформление метода. Материалы применяемые для изготовления пресс-формы. Режимы и цикл формообразования. Разновидности метода горячего прессования.

Термическая, химико-термическая и термомеханическая обработка изделий. Дисперсно-упрочняющая термическая обработка. Защита изделий от коррозии.

**Тема 6.** Методы контроля порошковых формовок и спечённых изделий.

Структура порошковых материалов и изделий. Структурные составляющие порошковых материалов. Типы структур. Методы исследования структуры. Подготовка объектов к исследованиям. Определение плотности и пористости изделий (расчётный и гидростатический метод). Методы определения механических свойств.

#### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Классификация методов формования изделий из порошков.	4	
2	Общие закономерности процессов формообразования.	4	
3	Методы формования изделий на основе порошков.	6	
4	Теория и практика спекания изделий из порошков.	6	
5	Горячая обработка порошковых изделий.	6	
6	Методы контроля порошковых формовок и спечённых изделий.	4	
<b>Итого:</b>		<b>30</b>	

#### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Анализ условий прессования порошков металлов. Зависимость плотности прессовки от давления прессования.	2	
2	Расчёт бокового давления, количественная оценка потери давления на преодоление внешнего и межчастичного трения.	2	
3	Принципы конструирования закрытых пресс-форм для холодного прессования порошков.	4	
4	Выбор и обоснование схем формования гладкостенных втулок и втулок с буртом.	4	
5	Принцип конструирования пресс-форм для допрессовки и калибрования изделий.	2	
6	Выбор режимов спекания	4	
7	Разработка методики контроля качества порошкового изделия.	2	
<b>Итого:</b>		<b>20</b>	

**4.5. Лабораторные работы не предусмотрена учебным планом**

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Практические занятия №1-7	Подготовка к	14	

		практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации, оформление отчётов		
2	Классификация методов формования изделий из порошков. Подготовка порошков к формованию.	Самостоятельный поиск источников информации, анализ, структурирование, изучение информации, написание реферата по заданной теме	16	
3	Общие закономерности процессов формообразования.		16	
4	Методы формования изделий на основе порошков.		16	
5	Теория и практика спекания изделий из порошков.		16	
6	Горячая обработка порошковых изделий.		16	
7	Методы контроля порошковых формовок и спечённых изделий.		16	
8	Выполнение индивидуального задания		14	
9	Подготовка к зачёту		10	
<b>Итого:</b>			<b>130</b>	

**4.7. Курсовые работы/проекты** не предусмотрены учебным планом.

## **5. Образовательные технологии**

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Шестаков Н.А., Уплотнение, консолидация и разрушение пористых материалов / Шестаков Н.А., Субич В.Н., Демин В.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 264 с. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111874.html>
2. Солнцев Ю.П., Материаловедение : Учебник для вузов / Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. - Изд. 6-е, стереотип. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. - 784 с. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082946.html>

### **б) дополнительная литература:**

1. Джеймс П. Процессы изостатического прессования / П. Джеймс. М.: Металлургия, 1990.
2. Кипарисов С.С. Оборудование предприятий порошковой металлургии / С.С. Кипарисов. М.: Металлургия, 1988.
3. Роман О. В., Аруначалам В. С., Федоренко И. М. и др. Актуальные проблемы порошковой металлургии М. : Металлургия, 1990. 231 с.
4. Клячко Л.И. Оборудование и оснастка для формования порошковых материалов / Л.И. Клячко. М.: Металлургия, 1986.
5. Порошковая металлургия / И.М. Федорченко [и др.]. М.: Металлургия, 1983.
6. Порошковая металлургия. Материалы, технология, области применения: Справочник / И.М. Федорченко, И.Н. Францевич, И.Д. Радомысельский. – К.: Наук. Думка, 1985. 624 с.
7. Либенсон, Г. А. Процессы порошковой металлургии : учеб. для вузов : в 2 ч./ Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. – М. : МИСиС, 2001.
8. Кипарисов, С. С. Порошковая металлургия : учеб. для вузов / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – 2-е изд. – М. : Металлургия, 1991. – 431 с.
9. Либенсон, Г. А. Производство порошковых изделий : учеб. для вузов / Г. А. Либенсон. – М. : Металлургия, 1990. – 236 с.

### **в) методические указания:**

1. Методические указания к практическим работам дисциплине «Прессование, спекание и горячая обработка порошковых материалов» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов) Сост.: Рябичева Л.А. - Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. - 60 с.
2. Процессы порошковой металлургии. Метод. указания [Электронный ресурс]. - [http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/63/u\\_lectures.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/63/u_lectures.pdf)

### **г) интернет-ресурсы:**

- Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
- Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
- Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
- Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>
- Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## **7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Прессование, спекание и горячая обработка порошковых материалов» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: демонстрационный материал; аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия: демонстрационный материал; аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащённое компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащённые компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Программное обеспечение:**

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a>

	Manipulation Program)	<a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт

#### фонда оценочных средств по учебной дисциплине

«Прессование, спекание и горячая обработка порошковых материалов»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
ПК-3	Способен осуществлять анализ соответствия готового изделия заявленным потребительским характеристикам, прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале	ПК-3.1. Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; ПК-3.2. Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале	Тема 1. Классификация методов формования изделий из порошков Тема 2. Общие закономерности процессов формообразования Тема 3. Методы формования изделий на основе порошков Тема 4. Теория и практика спекания изделий из порошков Тема 5. Горячая обработка порошковых изделий. Тема 6. Методы контроля порошковых формовок и спечённых изделий	3

## Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ПК-3	<p>ПК-3.1. Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам;</p> <p>ПК-3.2. Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале</p>	<p>Знать соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам, прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале</p> <p>Уметь осуществлять анализ соответствия готового изделия заявленным потребительским характеристикам, прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале</p> <p>Владеть навыками осуществления анализа соответствия готового изделия заявленным потребительским характеристикам, прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале</p>	<p>Тема 1. Классификация методов формования изделий из порошков</p> <p>Тема 2. Общие закономерности процессов формообразования</p> <p>Тема 3. Методы формования изделий на основе порошков</p> <p>Тема 4. Теория и практика спекания изделий из порошков</p> <p>Тема 5. Горячая обработка порошковых изделий.</p> <p>Тема 6. Методы контроля порошковых формовок и спечённых изделий</p>	

## Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачёту)

### Вопросы к зачёту:

1. Классификация методов формования изделий из порошков.
2. Подготовка порошков к формованию.
3. Обобщённая схема классификации методов формования.
4. Основные этапы процесса формования.
5. Отжиг порошков и их классификация.
6. Процессы, происходящие при прессовании. Пространственная структура порошков.
7. Дискретно-изотропная и дискретно-анизотропная среда.
8. Основные стадии процесса прессования порошковых тел.
9. Межчастичное и боковое трение. Зависимость плотности прессовки от усилия прессования и схемы нагружения порошкового тела.
10. Распределение плотности порошкового тела по объёму прессовки.
11. Основы механизма уплотнения.
12. Модели математического описания процессов уплотнения порошковых тел.
13. Влияние контактной поверхности частиц на прочность прессовки.
14. Изостатическое формование. Основные разновидности изостатического формования.
15. Гидростатическое формование (ХИП). Разновидности метода и аппаратное оформление процесса.
16. Газостатическое формование. Достоинства и недостатки метода. Используемые среды. Материалы оболочек и аппаратное оформление процесса.
17. Шликерное формование. Основные разновидности метода. Преимущества и недостатки метода.
18. Механизм формования. Материалы и технологии создания форм для литья жидкого шликера.
19. Шликерное формование в пористые неадсорбирующие формы. Способы удаления дисперсионной среды.
20. Мундштучное формование. Область применения метода мундштучного формования. Устройство пресс-форм для мундштучного формования.
21. Особенности метода инъекционного формования. Подготовка порошков к формованию. Оборудование для формования материалов.
22. Вибрационное формование. Область применения метода. Основные способы вибрационного формования. Схемы пресс-инструмента.
23. Импульсное формование. Область применения метода и его особенности. Взрывное формование.
24. Твердофазное спекание. Спекание однокомпонентных систем. Геометрические элементы порошкового тела.

25. Механическое равновесие на границе двух фаз и движущие силы процесса спекания.
26. Механизмы массопереноса вещества.
27. Рекристаллизация частиц.
28. Особенности усадки порошковых тел при спекании.
29. Спекание многокомпонентных систем.
30. Жидкофазное спекание. Закономерности жидкофазного спекания.
31. Теоретические и технологические аспекты процесса жидкофазного спекания порошковых тел.
32. Прокатка порошков. Основные виды прокатки. Угловые параметры процесса прокатки (центральные углы очага деформации). Схемы прокатки и используемые виды оборудования.
33. Горячее прессование. Особенности и аппаратное оформление метода. Материалы применяемые для изготовления пресс-формы.
34. Термическая, химико-термическая и термомеханическая обработка изделий. Дисперсно-упрочняющая термическая обработка. Защита изделий от коррозии.
35. Структура порошковых материалов и изделий. Структурные составляющие порошковых материалов. Типы структур.
36. Методы исследования структуры. Подготовка объектов к исследованиям. Определение плотности и пористости изделий (расчётный и гидростатический метод).
37. Методы определения механических свойств.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – зачёт

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
Зачёт сдан на высоком уровне	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
Зачёт сдан на среднем уровне	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
Зачёт сдан на низком уровне	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.