

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.03.2023 15:31:30

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Технологии и материалы СВС

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**10 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

360

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

136

самостоятельная работа

152

часов на контроль

72

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	68	68	68	68
Лабораторные	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	136	136	136	136
Контактная работа	136	136	136	136
Сам. работа	152	152	152	152
Часы на контроль	72	72	72	72
Итого	360	360	360	360

Программу составил(и):

*к.тн, доцент, Погожев Юрий Сергеевич*

Рабочая программа

**Технологии и материалы СВС**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий**

Протокол от 28.03.2022 г., №12

Руководитель подразделения Левашов Евгений Александрович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Целью освоения дисциплины является ознакомить студентов с научными основами метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) неорганических материалов, существующими технологическими разновидностями и классами материалов, получаемых данным методом в интересах различных отраслей современной промышленности.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Производственная практика	
2.1.2	Рециклинг металлов	
2.1.3	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий	
2.1.4	Производственная практика	
2.1.5	Производственная практика	
2.1.6	Производственная практика	
2.1.7	Производственная практика	
2.1.8	Производственная практика	
2.1.9	Производственная практика	
2.1.10	Производство алюминия и магния	
2.1.11	Производство стали в конвертерах	
2.1.12	Процессы и оборудование для формования и спекания металлических порошков	
2.1.13	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением	
2.1.14	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента	
2.1.15	Технология литейного производства	
2.1.16	Методы исследования свойств металлов и сплавов	
2.1.17	Основы пиро- и гидрометаллургического производства	
2.1.18	Основы теории литейных процессов	
2.1.19	Процессы и оборудование для получения металлических порошков	
2.1.20	Термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.21	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Преддипломная практика	
2.2.4	Химия окружающей среды	
2.2.5	Металлургия благородных металлов	
2.2.6	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.7	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	
2.2.8	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Преддипломная практика	
2.2.16	Преддипломная практика	
2.2.17	Преддипломная практика	
2.2.18	Преддипломная практика	
2.2.19	Преддипломная практика	
2.2.20	Преддипломная практика	
2.2.21	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов	

2.2.22	Производство отливок из стали и чугуна
2.2.23	Производство ферросплавов
2.2.24	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.25	Технологические линии и системы автоматизации в ОМД
2.2.26	Технология порошковых материалов и изделий
2.2.27	Технология твердых сплавов
2.2.28	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

<b>ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-31	Основные классы СВС-материалов и области их применения в современной промышленности
<b>ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-31	Основное технологическое оборудование, применяемое для синтеза различных материалов с использованием различных технологических типов СВС
<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31	Основные теоретические закономерности влияния макрокинетических и технологических параметров СВС процесса, на структуру и свойства получаемых материалов
<b>ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У1	Определять пути достижения требуемых свойств СВС материалов, получаемых в режиме горения
<b>ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-4-У2	Устанавливать взаимосвязь между структурой и свойствами СВС-материалов и технологическими режимами их получения
ПК-4-У1	Обоснованно выбирать технологический тип и схему СВС-процесса для получения различных классов материалов
<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-1-У1	Устанавливать основные закономерности и механизмы фазо- и структурообразования при синтезе различных материалов в режиме горения
ПК-1-У3	Уметь определять физические и технологические свойства порошковых смесей
ПК-1-У2	Уметь рассчитывать составы реакционных смесей для получения продуктов синтеза заданного состава
<b>ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-4-В1	Владеть навыками получения различных материалов с применением различных технологических типов СВС процесса
<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-1-В2	Методиками анализа макрокинетических параметров процесса горения в многокомпонентных системах
<b>ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-3-В1	Владеть основными технологическими типами СВС- процессов и их разновидностями
<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>	
<b>Владеть:</b>	

ПК-1-В1 Методиками анализа механизмов горения, фазо- и структурообразования при получении различных материалов методом СВС

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Общая характеристика и научные основы процессов СВС</b>							
1.1	История развития и общая характеристика процессов СВС. Основные типы химических реакций и химические классы продуктов СВС реакций. Классификация процессов СВС по агрегатному состоянию реакционных компонентов. Особенности и закономерности процессов безгазового, малогазового и фильтрационного горения, а также процессов, протекающих с восстановительной стадией. Структура волны горения. Послойное горение и тепловой взрыв. Контрольная работа №1. /Лек/	7	12	ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1Л2.1 Э1		КМ1	
1.2	Расчет составов экзотермических реакционных смесей, для получения заданного состава продуктов синтеза в двух- и многокомпонентных системах. /Пр/	7	6	ПК-1-У2	Л1.1Л3.1 Э1			Р1,Р2
1.3	Изучение физических и технологических свойств порошковых реакционных смесей для проведения СВС-процесса. /Лаб/	7	4	ПК-1-У3	Л1.1Л2.2Л3.1			Р11
1.4	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к контрольной работе. Подготовка к защите лабораторной работы. Подготовка реферата. /Ср/	7	30	ПК-1-31 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-3-31	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 2. Термодинамика и кинетика СВС-процессов. Экспериментальные методы исследований.</b>							

2.1	<p>Термодинамика и кинетика процессов СВС. Понятия адиабатической и максимальной температур горения. Определение адиабатической температуры горения, вывод формул для последовательных и параллельных химических реакций. Взаимосвязь температуры и скорости горения. Закономерности горения для различных систем. Кинетические законы, их физико-химическое объяснение и влияние на структуру волны горения. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Механизмы процесса горения. Эффективная энергия активации процесса горения. Экспериментальные методы исследования макрокинетических параметров процесса горения: методы определения температуры и скорости горения при СВС. Контрольная работа №2. /Лек/</p>	7	16	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Э1		КМ2	
2.2	<p>Проведение термодинамического расчета адиабатических температур горения реакционных смесей в двух- и многокомпонентных системах для параллельных и последовательных химических СВС-реакций с использованием справочных данных по термодинамическим величинам для различных соединений. /Пр/</p>	7	10	ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1Л3.1 Э1			Р3,Р4,Р5

2.3	<p>Термодинамический расчет адиабатических температур горения в зависимости от состава высокоэкзотермичных реакционных семей, рассчитанных на получение гетерофазных продуктов синтеза с заданным фазовым составом, с использованием ПК и специализированного программного обеспечения Thermo.</p> <p>Экспериментальное определение, количества теплоты, выделяющейся при горении высокоэкзотермичных реакционных смесей, и скорости тепловыделения с использованием быстродействующего калориметра сжигания. /Лаб/</p>	7	10	ПК-1-В2	Л1.1Л3.1 Э1			P12,P13, P14
2.4	<p>Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к контрольной работе. Подготовка к защите лабораторных работ. Подготовка реферата. /Ср/</p>	7	40	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 3. Фазо- и структурообразование продуктов горения при СВС. Экспериментальные методы исследований.</b>							
3.1	<p>Уровни структуры гетерогенных материалов, принятые в материаловедении и методы их исследований. Тепловая структура волны горения и методы её определения. Формирование макро- и микроструктуры продуктов синтеза в волне горения. Первичное и вторичное структурообразование в двух и многокомпонентных системах. Механизмы фазо- и структурообразования при синтезе различных материалов методом СВС. Экспериментальные методы исследований эволюции фазового состава и кристаллической структуры продуктов синтеза при СВС. Статические и динамические методы. Закалка волны горения и динамическая дифрактография. Контрольная работа № 3. /Лек/</p>	7	16	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-У1	Л1.1Л2.1 Э1		КМ3	

3.2	Статические и динамические методы исследований процессов формирования кристаллической структуры СВС- материалов. Методики проведения закалки фронта горения, исследований образцов с закаленным фронтом и динамической дифрактографии, а также методики расшифровки и анализа полученных экспериментальных данных. /Пр/	7	10	ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Э1			Р6,Р7,Р8
3.3	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к контрольной работе. Подготовка реферата. /Ср/	7	30	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-4-У2	Л1.1Л2.1 Э1			
	<b>Раздел 4. Технологические типы СВС процессов и их разновидности</b>							
4.1	Технологические типы процессов СВС. Технологии получения СВС-порошков, СВС-металлургия, СВС-спекание, силовое СВС-компактирование, СВС-сварка, а также технология газотранспортных СВС-покрытий и их существующие разновидности. Основы, принципы, технологические схемы, основное технологическое оборудование и классы материалов, получаемых с использованием различных технологических типов СВС. Контрольная работа №4. /Лек/	7	12	ПК-1-31 ПК-1-У2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1	Л2.1 Л1.1Л1.1 Э1		КМ4	
4.2	Выбор и обоснование технологических типов СВС и их разновидностей для получения СВС-материалов и изделий различного назначения (многокомпонентных высокотемпературных керамик, твердых сплавов, сплавов на интерметаллидной основе и др.). /Пр/	7	8	ПК-3-В1 ПК-4-У1	Л2.1 Л1.1Л1.1 Э1			Р10,Р9



4.3	Прессование шихтовых брикетов из реакционных порошковых СВС- смесей. Исследование влияния технологических параметров силового СВС-компактирования на структуру и свойства консолидированного СВС-сплава на основе карбида титана с различным содержанием связки с использованием методов оптической микроскопии, гидростатического взвешивания, гелиевой пикнометрии и определения твердости. Изучение влияния технологических параметров силового СВС-компактирования на качество различных СВС-сплавов с помощью метода ультразвуковой дефектоскопии. /Лаб/	7	16	ПК-1-31 ПК-4-У1	Л2.1Л1.1Л3.1			P18,P17, P16,P15
4.4	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к контрольной работе. Подготовка к защите лабораторных работ. Подготовка реферата. /Ср/	7	30	ПК-1-31 ПК-1-У2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1	Л2.1 Л1.1Л1.1Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 5. СВС-материалы и их применение в современной промышленности</b>							
5.1	Твердосплавные СВС-материалы для инструментального производства и машиностроения. Синтетические твердые инструментальные материалы. Огнеупорная СВС-керамика. Высокочистые СВС-порошки. Порошковые СВС-материалы для аддитивных технологий. Высокотемпературная СВС-керамика для авиационной и космической отрасли. СВС-материалы для технологий инженерии поверхности. СВС-материалы биомедицинского назначения. Функционально-градиентные и алмазосодержащие СВС-материалы. Защита реферата. /Лек/	7	12	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-В1	Л2.1 Л1.1Л1.1 Э1			P20

5.2	Изучение микроструктур материалов, получаемых по технологии силового СВС-компактирования, с использованием методов оптической и электронной микроскопии. /Лаб/	7	4	ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-4-У2	Л2.1Л1.1Л3. 1 Э1			P19
5.3	Подготовка к защите лабораторной работы. Подготовка реферата. /Ср/	7	22	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У2	Л2.1 Л1.1Л1.1Л3. 1 Э1			

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа №1 "Общая характеристика и научные основы процессов СВС".	ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запишите в общем виде уравнение, характеризующее химические реакции при СВС.</li> <li>2. Перечислите основные типы химических реакций при СВС.</li> <li>3. Назовите основные классы продуктов получаемых методом СВС.</li> <li>4. Охарактеризуйте общие моменты и различия между горением и СВС.</li> <li>5. Назовите основные преимущества процессов СВС в сравнении с другими методами.</li> <li>6. Опишите тепловой механизм распространения фронта горения.</li> <li>7. Перечислите основные способы инициирования волны горения.</li> <li>8. Охарактеризуйте процесс горения в безгазовых и малогазовых системах.</li> <li>9. Охарактеризуйте процесс горения в фильтрационных системах.</li> <li>10. Назовите основной критерий при котором в процессе фильтрационного горения достигается максимальная степень химического превращения.</li> <li>11. Охарактеризуйте процесс горения в металлотермических системах (термитного типа). В чем состоит принципиальное отличие от других систем.</li> <li>12. Охарактеризуйте процесс горения с узкой и широкой зоной.</li> <li>13. Какие существуют способы для измерения температурного профиля волны горения. Нарисуйте характерные профили волны горения с узкой и широкой зоной.</li> </ol>

КМ2	Контрольная работа № 2 "Термодинамика и кинетика СВС-процессов. Экспериментальные методы исследований".	ПК-1-В2;ПК-1-В1;ПК-4-У1;ПК-1-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каково основное условие адиабатичности процесса горения.</li> <li>2. Напишите уравнение для расчета адиабатической температуры горения в упрощенном виде.</li> <li>3. Каким образом адиабатическая температура горения зависит от количества тепла, выделяющегося при горении и теплоемкости продуктов синтеза.</li> <li>4. Напишите уравнение зависимости скорости горения от температуры горения.</li> <li>5. Каков физический смысл эффективной энергии активации процесса горения.</li> <li>6. Опишите классический вид кинетических зависимостей температуры и скорости горения от начальной температуры СВС процесса. Как изменится ход кривых при плавлении продукта в волне горения.</li> <li>7. Опишите графический метод определения эффективной энергии активации процесса горения. Напишите формулу для расчета.</li> <li>8. Напишите уравнение Аррениуса для определения скорости химической реакции. Объясните величины, входящие в это уравнение.</li> <li>9. Объясните каким образом скорость горения зависит от размера частиц исходных реагентов, относительной плотности, степени разбавления конечным продуктом и начальной температуры СВС-процесса.</li> <li>10. Объясните различия между адиабатической температурой горения и экспериментальной температурой горения.</li> <li>11. Какие существуют методы для экспериментального определения скорости горения. Назовите их преимущества и недостатки.</li> <li>12. Перечислите методы для экспериментального определения температуры горения. Назовите их преимущества и недостатки.</li> <li>13. Опишите устройство и принцип работы лабораторного СВС-реактора для изучения кинетики процесса горения.</li> </ol>
КМ3	Контрольная работа №3 "Фазо- и структурообразование продуктов горения при СВС. Экспериментальные методы исследований".	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие уровни структуры вы знаете. Охарактеризуйте их.</li> <li>2. Какие методы исследований применяются для изучения структуры, относящейся к каждому из принятых уровней структуры.</li> <li>3. Статические и динамические методы исследования кристаллической структуры.</li> <li>4. Опишите метод закалки фронта горения в медном клине. Основной принцип и реализация.</li> <li>5. Каковы характерные зоны для образцов с остановленным фронтом горения.</li> <li>6. Опишите метод динамической дифрактографии. Основной принцип и реализация.</li> <li>7. Представление результатов динамической дифрактографии. Что такое дифракционное кино.</li> <li>8. Опишите принцип действия установки для проведения динамической дифрактографии.</li> <li>9. Что общего и в чем состоят отличия методов динамической дифрактографии и синхротронного излучения.</li> <li>10. Каковы основные механизмы структурообразования в процессе СВС. Охарактеризуйте их и приведите примеры.</li> <li>11. Какие факторы влияют на механизмы структурообразования.</li> </ol>

КМ4	Контрольная работа №4 "Технологические типы СВС-процессов и их разновидности".	ПК-1-31;ПК-1-У2;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В1	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Перечислите основные технологические типы СВС.</li><li>2. Перечислите какие типы материалов и изделий позволяет получать каждый технологический тип СВС.</li><li>3. Каковы основные научные принципы разработки СВС-технологий;</li><li>4. Опишите принципиальную схему СВС- металлургии.</li><li>5. Каково основное условие для протекания процесса СВС- сварки.</li><li>6. Перечислите основные технологические параметры, оказывающие влияние на качество конечного продукта, при силовом СВС- компактировании.</li><li>7. Объясните влияние основных технологических параметров на качество продуктов синтеза при силовом СВС- компактировании.</li><li>8. Каковы необходимые условия для получения качественных продуктов при силовом СВС- компактировании.</li><li>9. Приведите обобщенную технологическую схему силового СВС- компактирования для получения керамик на основе тугоплавких соединений.</li><li>10. Опишите в общем виде технологическую схему технологии СВС- порошков.</li><li>11. Перечислите основные параметры, оказывающие влияние на процесс фазоразделения при центробежном СВС- литье.</li><li>12. Объясните принцип работы установки центробежного СВС- литья.</li><li>13. Охарактеризуйте технологию газотранспортных СВС- покрытий.</li><li>14. Опишите технологию получения газотранспортных СВС- покрытий.</li><li>15. Предложите СВС- технологию получения порошков для аддитивных технологий.</li><li>16. Предложите технологию для получения синтетических твердых инструментальных материалов.</li></ol>
-----	--	---	--

КМ5	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тепловой механизм распространения волны горения. Чем отличается синтез в режиме теплового взрыва от синтеза в режиме самораспространяющейся волны горения?</li> <li>2. Температурный профиль волны СВС. Зона реакции и зона прогрева. Способы измерения температуры и температурного профиля волны СВС.</li> <li>3. Напишите формулу Аррениуса для зависимости скорости химической реакции от температуры. Объясните физический смысл энергии активации.</li> <li>4. Механическое активирование СВС-составов. Принципы работы планетарной шаровой мельницы, влияние на температуру воспламенения.</li> <li>5. Тепловой эффект реакции 120 КДж/моль, теплоемкость продукта 40 Дж/моль*К, начальная температура 300 К. Оцените адиабатическую температуру СВС.</li> <li>6. Начертить диаграмму Н.Н.Семенова для теплового взрыва. Показать на графике точку спокойной реакции. Записать критические условия теплового взрыва.</li> <li>7. Нарисовать температурный профиль волны горения и обозначить зону прогрева и зону реакции. Какая из них шире согласно модели горения с узкой зоной?</li> <li>8. Построить в общем виде зависимость скорости горения от соотношения реагентов (стехиометрии) для безгазовых СВС-систем.</li> <li>9. Основные принципы устройства и работы лабораторной экспериментальной установки для исследования закономерностей СВС.</li> <li>10. Энергия активации реакции равна 250 кДж/моль. Во сколько раз отличаются скорости этой реакции при комнатной температуре 298 К, при температуре 1000 К и при температуре 3000 К?</li> <li>11. В чем отличие безгазового горения от фильтрационного горения?</li> <li>12. Нарисуйте в общем виде зависимость скорости горения от размера металлического реагента для безгазовых СВС- систем.</li> <li>13. Написать формулу Я.Б.Зельдовича для скорости распространения волны горения. Объяснить входящие в нее величины. Как изменится скорость горения при повышении адиабатической температуры?</li> <li>14. Каковы характерные микроструктуры продукта СВС в безгазовой системе металл-неметалл с плавящимся металлическим реагентом, если реакция происходит по механизму реакционной диффузии или по механизму растворения – кристаллизации?</li> <li>15. Опишите основные типы химических реакций и классы продуктов СВС.</li> <li>16. Приведите классификацию процессов СВС по агрегатному состоянию исходных веществ.</li> <li>17. Опишите процесс горения в металлотермических системах с восстановительной стадией.</li> <li>18. Каковы основные механизмы структурообразования при горении в безгазовых СВС- системах.</li> <li>19. Опишите устройство и принцип работы установки динамической дифрактографии. Что такое «дифракционное кино»?</li> <li>20. Опишите процесс горения в фильтрационных системах.</li> <li>21. Охарактеризуйте существующие способы измерения максимальной температуры и скорости горения.</li> <li>22. Приведите в общем виде типичные зависимости скорости распространения волны горения для безгазовых систем. Объясните ход кривых.</li> <li>23. Закалка фронта горения как методика исследования эволюции микроструктуры в процессе горения.</li> <li>24. Охарактеризуйте влияние нанодисперсных тугоплавких компонентов на кинетику горения реакционных смесей на примере системы Ti-Ni-C.</li> <li>25. Приведите известные технологические типы (разновидности СВС). Кратко охарактеризуйте каждый из них.</li> <li>26. Силовое СВС- компактирование. Принципы, основные технологические параметры и их слияние на микро- и макроструктуру материалов.</li> </ol>
-----	---------	---	--

			<p>27. СВС-металлургия. Разновидности, принципы, основные технологические параметры и их влияние на микро- и макроструктуру материалов.</p> <p>28. СВС-сварка. Принципы, основные технологические параметры и их влияние на микро- и макроструктуру материалов.</p> <p>29. СВС-спекание. Принципы, основные технологические параметры и их влияние на микро- и макроструктуру материалов.</p> <p>30. Технология газотранспортных СВС- покрытий. Принципы, основные технологические параметры и их влияние на микро- и макроструктуру покрытий.</p> <p>31. Технология получения СВС-порошков. Принципы, основные технологические параметры и их влияние на структуру и свойства получаемых порошков.</p> <p>31. СВС-материалы высокотемпературного назначения и СВС-огнеупоры.и их влияние на микро- и макроструктуру покрытий.</p> <p>32. СВС-материалы для технологий инженерии поверхности с использованием методов ионно-плазменного и электроискрового осаждения.</p> <p>33. Композиционные СВС-материалы для инструментальной промышленности и машиностроения.</p> <p>34. Функционально-градиентные СВС-материалы.</p>
--	--	--	---

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Расчет составов экзотермических реакционных смесей, для получения заданного состава продуктов синтеза в двухкомпонентных системах.	ПК-1-У2	Изучение методики расчета количества исходных компонентов в двухкомпонентных реакционных смесях для получения заданного количества продукта химической реакции в процессе горения. (2 ч)
P2	Расчет составов экзотермических реакционных смесей, для получения заданного состава продуктов синтеза в многокомпонентных системах.	ПК-1-У2	Изучение методики расчета количества исходных компонентов в многокомпонентных реакционных смесях для получения заданного количества продуктов химических реакций в процессе горения. (4 ч)
P3	Проведение термодинамического расчета адиабатических температур горения реакционных смесей в двухкомпонентных системах с использованием справочных данных по термодинамическим величинам для различных соединений.	ПК-1-В2	Изучение методики расчета адиабатической температуры горения реакционных смесей в двухкомпонентных системах при использовании схем прямого синтеза из элементов и соединений. (2 ч)

P4	Проведение термодинамического расчета адиабатических температур горения реакционных смесей в многокомпонентных системах для параллельных химических СВС-реакций с использованием справочных данных по термодинамическим величинам для различных соединений.	ПК-1-В2	Изучение методики расчета адиабатической температуры горения реакционных смесей в многокомпонентных системах в случае протекания параллельных химических СВС-реакций для различных схем синтеза. (4 ч)
P5	Проведение термодинамического расчета адиабатических температур горения реакционных смесей в многокомпонентных системах для последовательных химических СВС-реакций с использованием справочных данных по термодинамическим величинам для различных соединений.	ПК-1-В2	Изучение методики расчета адиабатической температуры горения реакционных смесей в многокомпонентных системах в случае протекания последовательных химических СВС-реакций для различных схем синтеза. (4 ч)
P6	Статические и динамические методы исследований процессов формирования кристаллической структуры СВС-материалов. Методика проведения закалки фронта горения и последующих исследований образцов с закаленным фронтом.	ПК-1-В1	Изучение методик проведения закалки фронта горения реакционных СВС-систем и последующих структурных исследований характерных зон фронта горения закаленных образцов. (3 ч)

P7	Статические и динамические методы исследований процессов формирования кристаллической структуры СВС-материалов. Методика экспериментальных исследований процесса фазообразования при горении реакционных СВС-систем с использованием динамической дифрактографии.	ПК-1-В1	Изучение методики динамической дифрактографии для экспериментальных исследований процесса фазообразования реакционных СВС- систем. (3 ч)
P8	Расшифровка и анализ полученных экспериментальных данных об эволюции фазового состава в волне горения СВС-систем, полученных методом динамической дифрактографии.	ПК-1-В1	Изучение методики расшифровки экспериментальных данных динамической дифрактографии об изменении фазового состава при горении СВС- систем. Анализ полученных последовательностей дифрактограмм. (4 ч)
P9	Выбор и обоснование технологических типов СВС и их разновидностей для получения СВС-материалов и изделий различного назначения из многокомпонентных высокотемпературных керамик.	ПК-4-У1;ПК-3-В1	Изучение основных принципов выбора и обоснования схем и технологий СВС для получения многокомпонентных высокотемпературных керамик для различных изделий машиностроения. (4 ч)
P10	Выбор и обоснование технологических типов СВС и их разновидностей для получения СВС-материалов и изделий различного назначения из твердых сплавов, сплавов на интерметаллидной основе и др.	ПК-4-У1;ПК-3-В1	Изучение основных принципов выбора и обоснования схем и технологий СВС для получения твердых сплавов, сплавов на интерметаллидной основе. (4 ч)



P11	Изучение физических и технологических свойств порошковых реакционных смесей для проведения СВС-процесса.	ПК-1-У3	Проведение экспериментальных измерений физических (пикнометрической плотности, гранулометрического состава) и технологических (текучести, насыпной плотности) свойств порошковых реакционных смесей различного состава. (4 ч)
P12	Термодинамический расчет адиабатических температур горения в зависимости от состава двухкомпонентных реакционных семей с использованием ПК и специализированного программного обеспечения Thermo.	ПК-1-В2	Проведение термодинамических расчетов адиабатических температур горения в зависимости от состава двухкомпонентных реакционных семей с использованием ПК и специализированного программного обеспечения Thermo. (2 ч)
P13	Термодинамический расчет адиабатических температур горения в зависимости от состава многокомпонентных реакционных семей, рассчитанных на получение гетерофазных продуктов синтеза с заданным фазовым составом, с использованием ПК и специализированного программного обеспечения Thermo.	ПК-1-В2	Проведение термодинамических расчетов адиабатических температур горения в зависимости от состава многокомпонентных реакционных семей, рассчитанных на получение гетерофазных продуктов синтеза с заданным фазовым составом, с использованием ПК и специализированного программного обеспечения Thermo. (4 ч)
P14	Экспериментальное определение, количества теплоты, выделяющейся при горении высокоэкзотермичных реакционных смесей, и скорости тепловыделения с использованием быстрогодействующего калориметра сжигания.	ПК-1-В2	Проведение экспериментальных измерений тепловыделения и скорости тепловыделения при горении реакционных смесей различных СВС- систем методом быстродействующей калориметрии сжигания. (4 ч)
P15	Прессование шихтовых брикетов из реакционных порошковых СВС-смесей.	ПК-1-31;ПК-4-У2	Проведение экспериментальных исследований влияния давления прессования на относительную плотность и скорость горения исходных шихтовых брикетов из реакционных смесей в условиях силового СВС- компактирования.

P16	Исследование влияния технологических параметров силового СВС-компактирования на структуру консолидированного СВС-сплава на основе карбида титана с различным содержанием связи.	ПК-1-31;ПК-4-У2	Проведение экспериментальных исследований структуры компактных образцов СВС- сплава на основе карбида титана с различным содержанием связующей фазы, полученных при варьировании технологических режимов (времени задержки, времени выдержки, давления прессования) силового СВС-компактирования.
P17	Исследование влияния технологических параметров силового СВС-компактирования на свойства консолидированного СВС-сплава на основе карбида титана с различным содержанием связи.	ПК-1-31;ПК-4-У2	Проведение экспериментальных исследований свойств (плотности, пористости, твердости) компактных образцов СВС- сплава на основе карбида титана с различным содержанием связующей фазы, с использованием методов гидростатического взвешивания, гелиевой пикнометрии, а также измерения твердости по Виккерсу. (4 ч)
P18	Изучение влияния технологических параметров силового СВС-компактирования на качество различных СВС-сплавов с помощью метода ультразвуковой дефектоскопии.	ПК-1-31;ПК-4-У2	Проведение экспериментальных исследований влияния характерных времен и давления прессования при силовом СВС-компактировании на скорость распространения звука и наличие дефектов в различных СВС- сплавах методом ультразвуковой дефектоскопии. (4 ч)
P19	Изучение микроструктур материалов, получаемых по технологии силового СВС-компактирования, с использованием методов оптической и электронной микроскопии.	ПК-3-31;ПК-4-У2;ПК-1-31	Проведение экспериментальных исследований микроструктур различных классов материалов, получаемых по технологии силового СВС-компактирования, с использованием методов оптической и электронной микроскопии.

P20	Реферат по основам, методам исследования, технологиям и материалам СВС.	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-31;ПК-3-В1;ПК-4-31;ПК-1-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Процессы СВС и их движущая сила.</li> <li>2. Классификация и применение современных СВС- материалов в промышленности.</li> <li>3. Особенности горения в безгазовых, малогазовых и фильтрационных СВС- системах.</li> <li>4. Определение температуры и скорости горения СВС- систем.</li> <li>5. Статические методы исследований кристаллической структуры СВС- материалов.</li> <li>6. Определение тепловыделения при горении реакционных смесей методом быстродействующей калориметрии сжигания.</li> <li>7. Метод закалки фронта горения в медном клине.</li> <li>8. Метод динамической дифрактографии применительно к исследованию эволюции фазового состава при горении СВС- систем.</li> <li>9. Технология получения гетерофазных порошков на основе тугоплавких соединений методом СВС.</li> <li>10. Технология силового СВС-компактирования для получения консолидированных материалов на основе тугоплавких соединений.</li> <li>11. Основные технологические типы СВС, их принципы и краткая характеристика.</li> </ol>
-----	---	---	--

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Технологии и материалы СВС":

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"  
Институт экотехнологий и инжиниринга

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий  
Направление подготовки "Металлургия", 22.03.02  
Технологии и материалы СВС

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Опишите каковы основные механизмы структурообразования при горении в безгазовых СВС-системах.
2. Силовое СВС- компактирование. Принципы, технологическая схема, основные технологические параметры и их влияние на микро- и макроструктуру продуктов.
3. Порошковые СВС- материалы для применения в аддитивных технологиях.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Методика оценки обучающегося на экзамене:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие знания в объеме программы дисциплины, уверенно устанавливает логические связи между отдельными разделами дисциплины, грамотно и непротиворечиво излагает материал при ответе, знает источники дополнительной информации.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и установлении логических связей между отдельными разделами дисциплины, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, исправляет допущенные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя, знает основные источники информации по программе дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не способен установить логические связи между разделами дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос .

Оценка «не явка» – обучающийся не явился на экзамен.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Амосов А. П., Боровинская И. П., Мержанов А. Г., Анциферов В. Н.	Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Машиностроение-1, 2007

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Левашов Е. А., Рогачев А. С., Курбаткина В. В., др.	Перспективные материалы и технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Metallurgy	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л2.2	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.1: Производство металлических порошков	Электронная библиотека	, 2001
Л2.3	Левашов Е. А., Рогачев А. С., Юхвид В. И., Боровинская И. П.	Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: Учеб. пособие для вузов по спец. 070800- Физико-хим. методы исследования процессов и материалов и 110800 - Композиционные и порошковые материалы, покрытия	Библиотека МИСиС	М.: БИНОМ, 1999

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Левашов Е. А., Новиков А. В., Курбаткина В. В.	Технология и свойства СВС-порошков, материалов и изделий: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук	<a href="http://www.ism.ac.ru/rus/">http://www.ism.ac.ru/rus/</a>		
----	--	---	--	--

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Teams			
-----	----------	--	--	--

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-107	Лаборатория прессования и формования:	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
К-105	Лаборатория аттестации порошковых материалов:	наносайзер Beckman Coulter № 5, фотомикроскоп НЕОРОНОТ, весы аналитические

К-128	Лаборатория оптической профилометрии и твердометрии:	оптический профилометр Veeco WYKO NT1100, твердомер по Виккерсу HVS-50, установка определения краевого угла смачивания KSV CAM-101, 5 персональных компьютеров (из них 1 моноблок), 3 принтера, комплект учебной мебели
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
К-107	Лаборатория прессования и формования:	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для успешного изучения дисциплины "Технологии и материалы СВС" студентам понадобится применить знания, полученные при изучении дисциплин "Процессы и оборудование для формования и спекания металлических порошков", "Термодинамика и кинетика металлургических процессов", "Материаловедение", "Физическая химия".