

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.03.2023 15:21:21

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98bc3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Технология твердых сплавов

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

6 ЗЕТ

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 8

аудиторные занятия

72

самостоятельная работа

144

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	12			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	34	24	34
Лабораторные	24	34	24	34
Практические	24	34	24	34
Итого ауд.	72	102	72	102
Контактная работа	72	102	72	102
Сам. работа	144	114	144	114
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

к.т.н., доцент, Зайцев Александр Анатольевич

Рабочая программа

Технология твердых сплавов

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 Е.А.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Научить основам научного подхода при создании различных марок твердых сплавов; обучить выбору составов твердых сплавов с учетом условий работы; дать навыки для дальнейшей практической деятельности.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.07
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.1.2	Научно-исследовательская работа	
2.1.3	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.1.4	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.1.5	Рециклинг металлов	
2.1.6	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий	
2.1.7	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.1.8	Металловедение цветных, редких и драгоценных металлов	
2.1.9	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.1.10	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.1.11	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.1.12	Метрология и измерительная техника	
2.1.13	Научно-исследовательская работа	
2.1.14	Научно-исследовательская работа	
2.1.15	Научно-исследовательская работа	
2.1.16	Научно-исследовательская работа	
2.1.17	Научно-исследовательская работа	
2.1.18	Научно-исследовательская работа	
2.1.19	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.1.20	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.1.21	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.1.22	Технологии и материалы СВС	
2.1.23	Технологическое оборудование литейных цехов	
2.1.24	Технология композиционных материалов	
2.1.25	Дизайн литого изделия	
2.1.26	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.1.27	Многокомпонентные диаграммы состояния	
2.1.28	Основы бизнеса в металлургии	
2.1.29	Основы электрометаллургического производства	
2.1.30	Производство алюминия и магния	
2.1.31	Производство стали в конвертерах	
2.1.32	Процессы и оборудование для формования и спекания металлических порошков	
2.1.33	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением	
2.1.34	Теория и технология покрытий	
2.1.35	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента	
2.1.36	Технология литейного производства	
2.1.37	Методы исследования свойств металлов и сплавов	
2.1.38	Основы пиро- и гидрометаллургического производства	
2.1.39	Основы теории литейных процессов	
2.1.40	Процессы и оборудование для получения металлических порошков	
2.1.41	Термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.42	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий

Знать:

ПК-3-32 технологические режимы получения твердых сплавов

ПК-3-31 физико-химические основы получения твердых сплавов применительно к основным технологическим процессам

ПК-3-34 основные физико-химические закономерности процессов смешивания, формования и спекания твердых сплавов

ПК-3-33 принципы оптимизации технологических режимов получения твердых сплавов с заданным уровнем свойств

ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

Знать:

ПК-2-31 общую характеристику строения твердых сплавов с учетом марки

ПК-2-32 основы материаловедения по спеченным твердым сплавам

ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий

Уметь:

ПК-3-У2 исследовать структуру, магнитные и механические свойства твердых сплавов

ПК-3-У1 корректировать технологические режимы получения порошков Co, W, WC, (Ti,W)C для получения необходимой дисперсности

ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

Уметь:

ПК-2-У1 анализировать структуру твердых сплавов

ПК-2-У2 прогнозировать свойства твердых сплавов по их составу и режимам получения

ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий

Владеть:

ПК-3-В2 навыками статистической обработки результатов измерения механических свойств твердых сплавов

ПК-3-В1 навыками анализа многокомпонентных фазовых диаграмм W-C-Co, W-Ti-C-Co, W-Ti-Ta-C-Co

ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

Владеть:

ПК-2-В2 навыками получения спеченных твердых сплавов

ПК-2-В3 навыками самостоятельной работы с литературой по твердым сплавам для поиска информации для решения технологических задач

ПК-2-В1 навыками проведения экспериментов по получению порошков кобальта, W и WC

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
	Раздел 1. История возникновения и этапы развития твердых сплавов							
1.1	История возникновения и этапы развития твердых сплавов. Классификация твердых сплавов: по составу, по областям применения, по ИСО 513. /Лек/	8	2	ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
1.2	Подготовка к контрольной работе №1. /Ср/	8	2	ПК-2-31 ПК-2-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			

	Раздел 2. Металловедческие основы твердых сплавов							
2.1	<p>Диаграммы состояния W-C, W-C-Co, W-Ni, W-Ni-C, W-Ta-C-Co, W-Co, W-Ti-C-Co, W-C-Ta-Ti-Co, Ti-C-Ni-Mo.</p> <p>Структура и свойства карбидных и связующих фаз твердых сплавов с учетом соответствующих диаграмм состояния.</p> <p>Закономерности взаимодействия основы и связки твердых сплавов при разных температурах.</p> <p>Контрольная работа №1 "Металловедческие основы твердых сплавов". /Лек/</p>	8	8	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2		КМ1	
2.2	<p>Расчеты фазового состава твердых сплавов на основе фазовых диаграмм W-C-Co, W-Ni-C, W-Ta-C-Co, W-Co, W-Ti-C-Co, W-C-Ta-Ti-Co. /Пр/</p>	8	5	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			P10,P11
2.3	<p>Подготовка к практическим занятиям и и контрольной работе №1. /Ср/</p>	8	14	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
	Раздел 3. Физико-химические основы процессов восстановления и карбидизации при производстве твердых сплавов							
3.1	<p>Восстановление оксидов вольфрама и молибдена водородом. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления оксидов газами-восстановителями.</p> <p>Механизм роста зерен вольфрама и молибдена.</p> <p>Восстановление оксидов вольфрама и титана углеродом. Контрольная работа №2 Физико-химические основы получения порошков для твердых сплавов. /Лек/</p>	8	4	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-33 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2		КМ2	
3.2	<p>Получение кобальтового порошка восстановлением его оксида водородом и определение его свойств.</p> <p>Получение вольфрамового порошка восстановлением его оксида водородом или сажей и определение его свойств.</p> <p>Получение порошка карбида вольфрама или титана из смеси металла и сажи, определение его свойств. /Лаб/</p>	8	18	ПК-2-В1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2			P1,P2,P3,P4,P5

3.3	Получение карбидов тугоплавких металлов IV – VI групп периодической системы. Кинетика образования и распада твердых растворов (Ti,W)C и (Ti,Ta,W)C. «Кольцевая» структура. /Пр/	8	4	ПК-3-31 ПК-3-У1	Л3.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			P12
3.4	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №2. /Ср/	8	16	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
	Раздел 4. Особенности приготовления и формования твердосплавных смесей							
4.1	Способы приготовления твердосплавных смесей. Сушка и замешивание смесей с пластификатором. Закономерности прессования твердосплавных смесей в стальной пресс-форме. /Лек/	8	4	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
4.2	Изучение процесса формования образцов из разных марок твердых сплавов и их спекания в различных средах. Изучение распределения плотности по объему твердосплавной прессовки различных твердых сплавов и определение затрат усилия прессования на преодоление внешнего и межчастичного трения частиц порошка при прессовании в стальной пресс-форме. /Лаб/	8	8	ПК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2			P6,P7
4.3	Различные методы формования твердосплавных смесей и их характеристика. /Пр/	8	4	ПК-2-32 ПК-2-В3 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			P13
4.4	Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	8	16	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-34 ПК-3-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
	Раздел 5. Физико-химические основы спекания твердых сплавов							

5.1	Теоретические основы жидкофазного спекания. Механизм уплотнения твердосплавного брикета при нагреве. Спекание твердых сплавов ВК (WC-Co), ТК (TiC-WC-Co), ТТК (TiC-TaC-WC-Co) с учетом диаграмм состояния. Практика спекания. Меры охраны труда и безопасности жизнедеятельности. /Лек/	8	6	ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
5.2	Спекание твердосплавных образцов в вакууме; металлографическое исследование шлифов разных марок и определение свойств спеченных твердых сплавов. /Лаб/	8	8	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В2 ПК-2-В3 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2			Р8,Р9
5.3	Особенности формирования структуры твердых сплавов при спекании. Виды брака при спекании твердых сплавов. /Пр/	8	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-3-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			Р14
5.4	Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	8	16	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
Раздел 6. Твердые сплавы различного назначения								
6.1	Режущий инструмент. Условия работы и характер износа при обработке различных материалов. Инструмент для разрушения горных пород, в том числе буровой инструмент. Условия работы и характер разрушения твердого сплава. /Лек/	8	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
6.2	Бесстружковая обработка металлов с применением твердосплавного инструмента. Виды обработки и условия работы инструмента. Измерительный инструмент с использованием твердого сплава. /Пр/	8	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-3-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			Р15
6.3	Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	8	16	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-3-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
Раздел 7. Физико-химические основы процессов получения безвольфрамовых твердых сплавов								

7.1	Причины появления и принципы создания безвольфрамовых твердых сплавов. Составы, технология, свойства, области применения безвольфрамовых твердых сплавов. /Лек/	8	2	ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
7.2	Современные безвольфрамовые твердые сплавы. /Пр/	8	5	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			P16,P17
7.3	Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	8	16	ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
Раздел 8. Многогранные неперетачиваемые пластины из твердых сплавов и износостойкие покрытия для них								
8.1	Роль многогранных неперетачиваемых пластин для металлообрабатывающей промышленности. Преимущества и недостатки перед напайным инструментом. Неперетачиваемые пластины с износостойкими покрытиями. Требования к материалу покрытия. /Лек/	8	4	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
8.2	Методы нанесения износостойких покрытий на твердосплавный инструмент. /Пр/	8	6	ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-3-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			P18,P19
8.3	Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	8	18	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			

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 "Металловедческие основы твердых сплавов".	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-3-31;ПК-3-32	<ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите маркировку спеченных твердых сплавов по составу, а также по размеру зерна. Приведите примеры. 2. Опишите маркировку спеченных твердых сплавов по ИСО 513. 3. Опишите характеристику твердых сплавов группы ВК по составу -назначению 4. Опишите характеристику твердых сплавов группы ТК по составу -назначению 5. Опишите характеристику твердых сплавов группы ТТК по составу-назначению 6. Опишите преимущества использования WC перед карбидами TiC, ZrC, HfC, NbC, TaC 7. Нарисуйте наиболее важные с точки зрения технологии производства твердых сплавов ВК фазовые области диаграммы W - C-Co. Обозначьте характерные температуры и структурные составляющие. 8. Нарисуйте псевдобинарную диаграмму WC –Co, обозначьте характерные температуры и фазовые области. 9. Нарисуйте характерную структуру и обозначьте структурные составляющие стандартных и литых твердых сплавов группы ВК при концентрации Co 10, 20, 50 % масс. 10. Нарисуйте наиболее важные с точки зрения технологии производства твердых сплавов ТК фазовые области диаграммы W-Ti-C-Co. Обозначьте характерные температуры и структурные составляющие. 11. Нарисуйте наиболее важные с точки зрения технологии производства твердых сплавов ТТК фазовые области диаграммы W-Ti-Ta-C-Co. Обозначьте характерные температуры и структурные составляющие. 12. Опишите свойства твердых растворов (Ti, W)C и (Ti, W, Ta)C
КМ2	Контрольная работа №2 "Физико-химические основы получения порошков для твердых сплавов".	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-33;ПК-3-34;ПК-3-У1;ПК-3-У2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Принципиальная технологическая схема производства твердых сплавов групп ВК, ТК и ТТК. 2. Принципиальная технологическая схема получения карбидных фаз для твердых сплавов различных групп. Основные требования к карбидным фазам. 3. Восстановление оксида вольфрама водородом (термодинамика процесса, стадийность). 4. Адсорбционно-каталитическая теория восстановления оксидов газами восстановителями. 5. Технология получения и основные требования к Co и C для производства твердых сплавов. 6. Физико-химические основы восстановления WO₃ углеродом. 7. Практика восстановления WO₃ сажей. 8. Особенности восстановления оксида вольфрама сажей. 9. Кольцевая структура карбида вольфрама и причины ее формирования. 10. Зернистость порошков WC в зависимости от условий карбидизации. Влияние примесей на рост зерна WC 11. Физико-химические условия получения карбида титана. 12. Получение карбида титана из металлического титана. 13. Преимущества использования двойных и тройных сложных карбидов для производства твердых сплавов групп ТК и ТТК. 14. Преимущества и недостатки различных способов получения (Ti, W)C. 15. Кинетика процесса образования твердого раствора (Ti, W)C из порошков TiC и WC. Кольцевая структура.

КМЗ	Зачет с оценкой по курсу «Технология твердых сплавов»	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-33;ПК-3-34;ПК-3-У1;ПК-3-У2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите маркировку спеченных твердых сплавов по составу, а также по размеру зерна.Приведите примеры. 2. Опишите маркировку спеченных твердых сплавов по ИСО 513. 3. Опишите характеристику твердых сплавов группы ВК по составу -назначению. 4. Опишите характеристику твердых сплавов группы ТК по составу -назначению. 5. Опишите характеристику твердых сплавов группы ТТК по составу-назначению. 6. Опишите преимущества использования WC перед карбидами TiC, ZrC, HfC, NbC, TaC. 7. Нарисуйте наиболее важные с точки зрения технологии производства твердых сплавов фазовые области диаграммы W-Co.Обозначьте характерные температуры и структурные составляющие. 8. Нарисуйте псевдобинарную диаграмму WC–Co, обозначьте характерные температуры и фазовые области. 9. Нарисуйте характерную структуру и обозначьте структурные составляющие стандартных и литых твердых сплавов группы ВК при концентрации Co 10, 20, 50 % масс. 10. Нарисуйте наиболее важные с точки зрения технологии производства твердых сплавов ТК фазовые области диаграммы W-Ti-C-Co. Обозначьте характерные температуры и структурные составляющие. 11. Нарисуйте наиболее важные с точки зрения технологии производства твердых сплавов ТТК фазовые области диаграммы W-Ti-Ta-C-Co. Обозначьте характерные температуры и структурные составляющие. 12. Опишите свойства твердых растворов(Ti, W)C и (Ti, W, Ta)C. 13. Принципиальная технологическая схема производства твердых сплавов групп ВК, ТК и ТТК. 14. Принципиальная технологическая схема получения карбидных фаз для твердых сплавов различных групп. Основные требования к карбидным фазам. 15. Восстановление оксида вольфрама водородом (термодинамика процесса, стадийность). 16. Адсорбционно-каталитическая теория восстановления оксидов газами восстановителями. 17. Технология получения и основные требования к Co и C для производства твердых сплавов. 18. Физико-химические основы восстановления WO₃ углеродом. 19. Практика восстановления WO₃ сажей. 20. Особенности восстановления оксида вольфрама сажей. 21. Кольцевая структура карбида вольфрама и причины ее формирования. 22. Зернистость порошков WC в зависимости от условий карбидизации. Влияние примесей на рост зерна WC. 23. Физико-химические условия получения карбида титана. 24. Получение карбида титана из металлического титана. 25. Преимущества использования двойных и тройных сложных карбидов для производства твердых сплавов групп ТК и ТТК. 26. Преимущества и недостатки различных способов получения (Ti, W)C. 27. Кинетика процесса образования твердого раствора (Ti, W)C из порошков TiC и WC. Кольцевая структура. 28. Способы получения твердосплавных смесей. Основные смесительные устройства. 29. Процессы, наблюдаемые при размоле смеси карбидов с кобальтом в шаровых мельницах и их влияние на свойства сплавов. 30. Пластифицирующие добавки к твердосплавным смесям. 31. Способы грануляции твердосплавных смесей. Виды порошков после грануляции. 32. Различные методы формования твердосплавных смесей. 33. Современные методы контроля свойств твердосплавных смесей и твердых сплавов. 34. Многогранные неперетачиваемые пластины. Методы нанесения покрытий на твердые сплавы.
-----	---	---	---

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	Получение кобальтового порошка восстановлением его оксида водородом и определение его свойств.	ПК-3-У1;ПК-2-В1	Изучение технологических факторов, влияющих на восстановление оксида кобальта водородом, а также аттестация технологических свойств восстановленного порошка кобальта (4 ч).
P2	Получение вольфрамового порошка восстановлением его оксида водородом и определение его свойств.	ПК-2-В1;ПК-3-У1	Изучение технологических факторов, влияющих на восстановление оксида вольфрама водородом, а также аттестация технологических свойств восстановленного порошка вольфрама (4 ч).
P3	Получение вольфрамового порошка восстановлением его оксида сажей и определение его свойств.	ПК-3-У1;ПК-2-В1	Изучение технологических факторов, влияющих на восстановление оксида вольфрама сажей, а также аттестация технологических свойств восстановленного порошка вольфрама (4 ч).
P4	Получение порошка карбида вольфрама или титана из смеси металла и сажи	ПК-3-У1;ПК-2-В1	Изучение технологических факторов, влияющих на процесс карбидизации вольфрама или титана (4 ч).
P5	Исследование свойств порошков карбида вольфрама или титана	ПК-2-В1;ПК-3-У1	Изучение технологических свойств порошков карбида вольфрама или титана, полученных из смеси металла и сажи (2 ч)
P6	Изучение процесса формования образцов из разных марок твердых сплавов и их спекания в различных средах.	ПК-2-В2	Изучение процесса формования твердосплавных смесей, а также изучение процесса спекания формовок из твердых сплавов в водороде (4 ч)
P7	Изучение распределения плотности по объему твердосплавной прессовки различных твердых сплавов и определение затрат усилия прессования на преодоление внешнего и межчастичного трения частиц порошка при прессовании в стальной пресс-форме	ПК-2-В2	Изучение факторов влияющих на распределения плотности по объему твердосплавной прессовки различных твердых сплавов (4 ч).
P8	Спекание твердосплавных образцов в вакууме	ПК-2-В2	Изучении технологии жидкофазного вакуумного спекания твердых сплавов (4 ч).

P9	Металлографическое исследование шлифов разных марок твердых сплавов и определение свойств спеченных твердых сплавов	ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В2;ПК-2-В3;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Изучение структуры, механических и магнитных свойств спеченных твердых сплавов (4 ч).
P10	Расчеты фазового состава твердых сплавов на основе фазовых диаграмм W-C-Co, W-C-Ni.	ПК-3-В1;ПК-2-32;ПК-3-31	Проведение численных расчетов фазового состава твердых сплавов на основе трехкомпонентных фазовых диаграмм W-C-Co, W-C-Ni.
P11	Расчеты фазового состава твердых сплавов на основе фазовых диаграмм W-Ta-C-Co, W-Co, W-Ti-C-Co, W-C-Ta-Ti-Co.	ПК-3-В1	Проведение численных расчетов фазового состава твердых сплавов на основе двух- четырехкомпонентных фазовых диаграмм W-Ta-C-Co, W-Co, W-Ti-C-Co, W-C-Ta-Ti-Co.
P12	Получение карбидов тугоплавких металлов IV – VI групп периодической системы. Кинетика образования и распада твердых растворов (Ti,W)C и (Ti,Ta,W)C. «Кольцевая» структура.	ПК-3-31;ПК-3-У1	Проведение термодинамических расчетов реакций получения карбидов тугоплавких металлов IV – VI групп периодической системы. Кинетические расчеты процесса получения сложных карбидов (Ti,W)C и (Ti,Ta,W)C (4 ч)
P13	Различные методы формования твердосплавных смесей и их характеристика.	ПК-2-В3;ПК-3-32;ПК-3-34;ПК-2-32;ПК-3-31;ПК-3-33	Изучение и сравнительный анализ различных методов формования твердосплавных смесей (4 ч).
P14	Особенности формирования структуры твердых сплавов при спекании. Виды брака при спекании твердых сплавов.	ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-3-У2;ПК-2-31	Изучение типичных структур твердых сплавов после спекания, а также видов брака (наличие нежелательных фаз, расслои, избыточная пористость, неоднородность структуры)
P15	Бесстружковая обработка металлов с применением твердосплавного инструмента. Виды обработки и условия работы инструмента. Измерительный инструмент с использованием твердого сплава.	ПК-2-У2;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-3-32;ПК-2-У1	Изучение марок твердых сплавов для бесстружковой обработки металлов. Изучение видов бесстружковой обработки и условий работы инструмента. Изучение марок твердых сплавов для измерительного инструмента (4 ч).
P16	Современные безвольфрамовые твердые сплавы: состав и структура	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У2;ПК-3-31;ПК-3-32	Изучение современных безвольфрамовых твердых сплавов на основе TiC и Ti(C,N), их состава и структуры (2 ч).

P17	Современные безвольфрамовые твердые сплавы: методы получения и области применения	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-33;ПК-3-34	Изучение методов получения и областей применения современных безвольфрамовых твердых сплавов на основе TiC и Ti(C,N) (3 ч).
P18	Методы нанесения износостойких покрытий на твердосплавный инструмент: изучение основных технологических процессов нанесения покрытий.	ПК-2-В2;ПК-2-В3;ПК-3-32	Изучение наиболее значимых методов нанесения покрытий на твердые сплавы (CVD, PVD) (3 ч)
P19	Методы нанесения износостойких покрытий на твердосплавный инструмент: структура и свойства покрытий.	ПК-2-В2;ПК-2-В3;ПК-3-32	Изучение структуры и свойств покрытий на твердых сплавах, в том числе изучение многослойных покрытий.

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

Пример типового билета к зачету с оценкой по курсу "Технология твердых сплавов"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"

Институт экотехнологий и инжиниринга

Направление подготовки "Металлургия", 22.03.02

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Технология твердых сплавов

БИЛЕТ №1

1. Опишите преимущества использования WC перед карбидами TiC, ZrC, HfC, NbC, TaC
2. Опишите свойства твердых растворов (Ti, W)C и (Ti, W, Ta)C
3. Кольцевая структура карбида вольфрама и причины ее формирования
4. Способы получения твердосплавных смесей. Основные смесительные устройства

" _____ " _____ 20__ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

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

Методика оценки обучающегося на зачете с оценкой

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 и дополнительные 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 на зачет не явился.

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	Панов В. С., Чувилин А. М., Фальковский В. А.	Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них: учеб. пособие для вузов спец. 110800 - Порошк. металлургия, композиц. материалы, покрытия	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2004
Л1.2	Панов В. С., Коняшин И. Ю., Левашов Е. А., Зайцев А. А.	Твердые сплавы: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2019

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Третьяков В. И.	Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1976

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Панов В. С., Нарва В. К., Погожев Ю. С., Зайцев А. А., Левашов Е. А.	Технология получения и свойства спеченных материалов и изделий из них: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Научная электронная библиотека e-library.	https://www.elibrary.ru/
Э2	База данных научной литературы сайта www.sciencedirect.com (издательство Elsevier).	https://www.sciencedirect.com/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	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-06	Лаборатория спекания и термообработки:	лабораторная вакуумная печь с вольфрамовым нагревателем, вакуумная печь, электропечь SNOL72/1200 2 шт., весы аналитические
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.
К-106	Лаборатория механических испытаний:	универсальная испытательная машина LF-100, гелиевый пикнометр АссиРус 1340, БКС-2х
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, ПКс 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

На зачете с оценкой обучающийся должен уметь связать основные общие процессы консолидации порошковых материалов с процессами получения твердых сплавов различных марок.