



**Негосударственное частное образовательное
учреждение высшего образования
«Технический университет УГМК»**



29.06.2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ
Современные пирометаллургические процессы
комплексной переработки сырья**

Закреплена за кафедрой **металлургии**

Учебный план 22.04.02 **Металлургия**

Квалификация **магистр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **7 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	252
в том числе:	
аудиторные занятия	46
самостоятельная работа	193
часов на контроль	13

Виды контроля на курсах:
экзамены 2
зачеты 2
курсовые работы 2

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	1		2		Итого	
	уп	рп	уп	рп		
Лекции	4	4	12	12	16	16
Практические	6	6	24	24	30	30
Итого ауд.	10	10	36	36	46	46
Контактная работа	10	10	36	36	46	46
Сам. работа	26	26	167	167	193	193
Часы на контроль			13	13	13	13
Итого	36	36	216	216	252	252

Разработчик программы:

д-р техн. наук, доц. кафедры, Мاستюгин Сергей Аркадьевич _____

Рабочая программа дисциплины

Современные пирометаллургические процессы комплексной переработки сырья

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallургия

утвержденного учёным советом вуза от 20.09.2018 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

металлургии

Протокол методического совета университета от 15.04.2021 г. № 3

Зав. кафедрой Лебедь А.Б., д-р техн. наук

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
Сформировать у магистранта знания навыки и умения экспериментального подтверждения качественных характеристик и количественных показателей пирометаллургических процессов комплексной переработки сырья.	
1.1 Задачи	
<p>Задачами освоения дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> -способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий; -способность решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии; -способность находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности; -способность применять ИТ-технологии в профессиональной деятельности; -способность обрабатывать и анализировать результаты мониторинга технологического процесса; -способность управлять технологическими процессами обогащения и переработки сырья, получения цветных металлов и сплавов, а также изделий из них; -способность прогнозировать работоспособность объектов металлургического производства в различных условиях эксплуатации; -способность анализировать технологические процессы для выбора путей, мер и средств внедрения наукоемких, экологичных и безопасных технологий -способность проводить экономический анализ затрат и результативности технологического процесса 	
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Гидрометаллургические и электрохимические процессы комплексной переработки сырья
2.1.2	Современные ионообменные процессы в металлургии
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Преддипломная практика
2.2.3	Гидрометаллургические и электрохимические процессы комплексной переработки сырья
2.2.4	Современные ионообменные процессы в металлургии
2.2.5	Государственная итоговая аттестация
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии	
ИОПК 1.3: Владеет: навыками поиска и устранения причин появления нестандартных ситуаций в ограниченных временем условиях	
ИОПК 1.1: Знает: физико-химические основы металлургических процессов, характеристики и принципы действия оборудования, используемого в технологических процессах получения цветных металлов и их сплавов, а также сопряжённых процессов	
ИОПК 1.2: Умеет: выявлять причины несоответствия параметров технологического процесса, корректировать их в соответствии с ТУ	
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	
ИОПК 4.1: Знает: принципы и подходы к поиску, хранению и обработке информации с использованием ИТ-технологий; технологию получения цветных металлов и сплавов, перечень технологических параметров	
ИОПК 4.2: Умеет: использовать современное программное обеспечение и математический аппарат для анализа, контроля и управления технологическими процессами получения цветных металлов и сплавов	
ИОПК 4.3: Владеет: методами и приемами управления металлургическими процессами с использованием информационных технологий; методикой структурирования задачи в условиях нестандартных ситуаций	
ПК-1.1: Способен применять ИТ-технологии в профессиональной деятельности	
ИПК 1.1.1: Знает: особенности применения ИТ-технологий в производстве получения цветных металлов; алгоритмы и структуру формирования информационных потоков	
ИПК 1.1.3: Владеет: навыками получения и обработки информации о процессах получения цветных металлов; методиками выбора критериев оценки результатов изучения объекта	
ИПК 1.1.2: Умеет: выбирать необходимый инструментарий для анализа характеристик объекта	
ПК-1.2: Способен обрабатывать и анализировать результаты мониторинга технологического	

процесса
ИПК 1.2.3: Владеет: навыками обработки и анализа информационных потоков цеха, участка
ИПК 1.2.2: Умеет: анализировать информацию о технологическом процессе, объекте по результатам мониторинга
ИПК 1.2.1: Знает: концептуальные положения и требования к организации технологического процесса; методику обработки результатов
ПК-1.3: Способен управлять технологическими процессами обогащения и переработки сырья, получения цветных металлов и сплавов, а также изделий из них
ИПК 1.3.3: Владеет: навыками оперативного принятия решения в различных условиях эксплуатации объекта
ИПК 1.3.1: Знает: Особенности металлургических операций получения цветных металлов и их характеристики; устройство и принцип работы оборудования
ИПК 1.3.2: Умеет: контролировать характеристики процесса и готовить рекомендации по улучшению качества продукции
ПК-1.4: Способен прогнозировать работоспособность объектов металлургического производства в различных условиях эксплуатации
ИПК 1.4.1: Знает: Физико-химические основы и практику металлургических операций получения цветных металлов; математическое моделирование
ИПК 1.4.2: Умеет: Выбирать необходимый математический аппарат для прогнозирования работы металлургических объектов
ИПК 1.4.3: Владеет: навыками формализованного представления исследуемой задачи, анализа адекватности полученных результатов
ПК-1.6: Способен анализировать технологические процессы для выбора путей, мер и средств внедрения наукоемких, экологичных и безопасных технологий
ИПК 1.6.1: Знает: технологию производства цветных металлов; мировые тенденции развития в области наукоемких, экологичных и безопасных технологий производства цветных металлов
ИПК 1.6.2: Умеет: анализировать и готовить предложения по выбору путей, мер и средств внедрения перспективных технологий
ИПК 1.6.3: Владеет: навыками работы в команде для достижения поставленных целей при разработке и внедрении перспективных технологий
ПК-1.7: Способен проводить экономический анализ затрат и результативности технологического процесса
ИПК 1.7.2: Умеет: анализировать экономические показатели металлургических технологий; проводить укрупненные расчеты затрат на производство цветных металлов
ИПК 1.7.1: Знает: основы экономической теории, методы анализа экономической эффективности процессов производства цветных металлов
ИПК 1.7.3: Владеет: навыками подготовки предложений, снижающих расходы при разработке и внедрении перспективных технологий
УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
ИУК 1.2: Определяет этапы решения проблемы на основе анализа противоречий и абстрактного мышления
ИУК 1.1: Раскрывает сущность проблемы как системы противоречий на основе имеющейся информации
ИУК 1.4: Аргументировано проводит анализ оптимального решения проблемной ситуации и принимает обоснованное решение
ИУК 1.3: Рассматривает альтернативы решения проблемы на основе системного подхода, оценивает их преимущества и недостатки

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	1. Физико-химические закономерности важнейших металлургических процессов, составляющих основу комплексного извлечения цветных металлов из разнообразного сырья;
3.1.2	2. Особенности термодинамики, кинетики, макромеханизма образования конечных и промежуточных продуктов пирометаллургических процессов;
3.1.3	3. Принципы построения диаграмм парциальных давлений в системах Me-S-O, Me-C (H)-O;
3.1.4	4. Условия автогенности переработки рудного сульфидного сырья и серу-содержащих промпродуктов цветной металлургии.
3.2	Уметь:
3.2.1	1. Использовать методологию расчета равновесного состава продуктов металлургических реакций с участием многокомпонентных расплавов методами химической термодинамики и экспериментального определения лимитирующих стадий пирометаллургических процессов;

3.2.2	2. Формулировать рекомендации по выбору режимов процессов плавки и рафинирования для достижения заданных технико-экономических показателей.
3.3	Владеть:
3.3.1	1. Применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды;
3.3.2	2. Применять методы термодинамики и кинетики, стадийности процесса для определения последовательности химических превращений и поиска законно-мерностей распределения цветных металлов между продуктами металлургических операций;
3.3.3	3. Проводить анализ технико-экономических показателей пирометаллургических процессов, принимать технологически обоснованные решения.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Ресурсы	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Металлургические расплавы							
1.1	Общая характеристика металлургических расплавок. Особенности жидкого состояния вещества. Строение жидких металлов и бинарных расплавок. Термодинамические свойства. Физико-химические свойства металлов (плотность, вязкость, поверхностное натяжение). Диффузия в металлах и сплавах. Тепло- и электропроводность. Шлаковые расплавы цветной металлургии. Строение шлаков (положения молекулярной и ионной теории). Диаграммы состояния важнейших шлаковых систем (FeO-CaO-SiO ₂ , FeO-Fe ₂ O ₃ -SiO ₂ , FeO-Fe ₂ O ₃ -CaO). Физико-химические свойства шлаков (плотность и мольные объемы, вязкость, поверхностное натяжение, электропроводность и полупроводниковые свойства, диффузия в шлаковых расплавах). Теплофизические свойства шлаков. Штейновые расплавы. Структура штейновых расплавок. Диаграммы состояния важнейших сульфидных систем (Cu-Fe-S, Cu-Fe-Zn-S, Fe-Pb (Zn) - S, Cu-Fe-Pb-S). Физико-химические свойства штейновых расплавок (активность компонентов, плотность и мольные объемы, поверхностное натяжение, электропроводность и полупроводниковые свойства). Теплофизические свойства штейнов. Оксисульфидные системы. Характеристика диаграмм состояния (Pb-S-O, Cu-Fe-S-O, FeS-FeO-SiO ₂ , FeS-FeO-SiO ₂ -CaO, Cu-Ni-Fe-S-O). Активность компонентов и равновесие в оксисульфидных системах. Физико-химические свойства расплавок. /Лек/	1	4	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

1.2	<p>Общая характеристика металлургических расплавов. Особенности жидкого состояния вещества. Строение жидких металлов и бинарных расплавов. Термодинамические свойства. Физико-химические свойства металлов (плотность, вязкость, поверхностное натяжение). Диффузия в металлах и сплавах. Тепло- и электропроводность. Шлаковые расплавы цветной металлургии. Строение шлаков (положения молекулярной и ионной теории). Диаграммы состояния важнейших шлаковых систем (FeO-CaO-SiO₂, FeO-Fe₂O₃-SiO₂, FeO-Fe₂O₃-CaO). Физико-химические свойства шлаков (плотность и мольные объемы, вязкость, поверхностное натяжение, электропроводность и полупроводниковые свойства, диффузия в шлаковых расплавах). Теплофизические свойства шлаков. Штейновые расплавы. Структура штейновых расплавов. Диаграммы состояния важнейших сульфидных систем (Cu-Fe-S, Cu-Fe-Zn-S, Fe-Pb (Zn) - S, Cu-Fe-Pb-S). Физико-химические свойства штейновых расплавов (активность компонентов, плотность и мольные объемы, поверхностное натяжение, электропроводность и полупроводниковые свойства). Теплофизические свойства штейнов. Оксисульфидные системы. Характеристика диаграмм состояния (Pb-S-O, Cu-Fe-S-O, FeS-FeO-SiO₂, FeS-FeO-SiO₂-CaO, Cu-Ni-Fe-S-O). Активность компонентов и равновесие в оксисульфидных системах. Физико-химические свойства расплавов. /Пр/</p>	1	6	<p>ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3</p>	<p>Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3</p>	0	
-----	--	---	---	--	--	---	--

1.3	<p>Общая характеристика металлургических расплавов. Особенности жидкого состояния вещества. Строение жидких металлов и бинарных расплавов. Термодинамические свойства. Физико-химические свойства металлов (плотность, вязкость, поверхностное натяжение). Диффузия в металлах и сплавах. Тепло- и электропроводность. Шлаковые расплавы цветной металлургии. Строение шлаков (положения молекулярной и ионной теории). Диаграммы состояния важнейших шлаковых систем (FeO-CaO-SiO₂, FeO-Fe₂O₃-SiO₂, FeO-Fe₂O₃-CaO). Физико-химические свойства шлаков (плотность и мольные объемы, вязкость, поверхностное натяжение, электропроводность и полупроводниковые свойства, диффузия в шлаковых расплавах). Теплофизические свойства шлаков. Штейновые расплавы. Структура штейновых расплавов. Диаграммы состояния важнейших сульфидных систем (Cu-Fe-S, Cu-Fe-Zn-S, Fe-Pb (Zn) - S, Cu-Fe-Pb-S). Физико-химические свойства штейновых расплавов (активность компонентов, плотность и мольные объемы, поверхностное натяжение, электропроводность и полупроводниковые свойства). Теплофизические свойства штейнов. Оксисульфидные системы. Характеристика диаграмм состояния (Pb-S-O, Cu-Fe-S-O, FeS-FeO-SiO₂, FeS-FeO-SiO₂-CaO, Cu-Ni-Fe-S-O). Активность компонентов и равновесие в оксисульфидных системах. Физико-химические свойства расплавов. /Ср/</p>	1	26	<p>ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3</p>	<p>Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3</p>		0	
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Ресурсы	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 2. Термодинамика реакций и механизм фазовых превращений в пирометаллургических системах							

2.1	Использование правила Гиббса для описания 2-х и 3-х компонентных систем. Сущность Р-Т-Х диаграмм. Принципы построения и термодинамического анализа потенциальных диаграмм системы «Me-S-O» с участием двухвалентных и одновалентных металлов. Общий вид диаграмм ; . Анализ потенциальных диаграмм вида систем Fe-S-O, Cu-S-O, Zn-S-O применительно к твердофазным процессами окислительного, сульфатизирующего и окислительно-сульфатизирующего обжига сульфидных концентратов. Фазовые превращения в системе Cu-Fe-S-O. Термодинамические и температурные условия образования и диссоциации сульфатов. Условия реализации окислительного и сульфатизирующего обжига. /Лек/	2	3	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
2.2	Использование правила Гиббса для описания 2-х и 3-х компонентных систем. Сущность Р-Т-Х диаграмм. Принципы построения и термодинамического анализа потенциальных диаграмм системы «Me-S-O» с участием двухвалентных и одновалентных металлов. Общий вид диаграмм. Анализ потенциальных диаграмм вида систем Fe-S-O, Cu-S-O, Zn-S-O применительно к твердофазным процессами окислительного, сульфатизирующего и окислительно-сульфатизирующего обжига сульфидных концентратов. Фазовые превращения в системе Cu-Fe-S-O. Термодинамические и температурные условия образования и диссоциации сульфатов. Условия реализации окислительного и сульфатизирующего обжига. /Пр/	2	6	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

2.3	Использование правила Гиббса для описания 2-х и 3-х компонентных систем. Сущность Р-Т-Х диаграмм. Принципы построения и термодинамического анализа потенциальных диаграмм системы «Me-S-O» с участием двухвалентных и одновалентных металлов. Общий вид диаграмм. Анализ потенциальных диаграмм вида систем Fe-S-O, Cu-S-O, Zn-S-O применительно к твердофазным процессами окислительного, сульфатизирующего и окислительно-сульфатизирующего обжига сульфидных концентратов. Фазовые превращения в системе Cu-Fe-S-O. Термодинамические и температурные условия образования и диссоциации сульфатов. Условия реализации окислительного и сульфатизирующего обжига. /Ср/	2	42	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Ресурсы	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 3. Макромеханизм и кинетика гетерогенных твердофазных взаимодействий							

3.1	<p>Тепловой баланс горения (окисления) одиночной сульфидной частицы. Взаимосвязь скорости окисления сульфидов и условий тепло-массопередачи на контактной поверхности MeS-O₂. Понятие о температуре воспламенения сульфидов. Факторы, влияющие на ТВ. Характеристика основных кинетических этапов процесса окисления сульфидов кислородсодержащей газовой фазой. Модель массопередачи кислорода из объема газового потока к реакционной поверхности MeS для барботажных процессов. Нестационарная диффузия. Вид уравнения для оценки диффузионного потока и коэффициента массоотдачи. Основные положения адсорбционно-диссоционной теории Маргулиса для процесса окисления сульфидов. Особенности макромеханизма окисления сульфидов в новых интенсивных пирометаллургических процессах. Характеристика основных кинетических этапов процесса окисления сульфидов кислородсодержащей газовой фазой. Особенности кинетики окисления при образовании твердой пленки оксидов металла на поверхности MeS. Особенности макромеханизма окисления сульфидов в шихтовом факеле промышленных печей КФП и ПВС.</p> <p>/Лек/</p>	2	3	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3	0	
-----	--	---	---	--	--	---	--

3.2	<p>Тепловой баланс горения (окисления) одиночной сульфидной частицы. Взаимосвязь скорости окисления сульфидов и условий тепло-массопередачи на контактной поверхности MeS-O₂. Понятие о температуре воспламенения сульфидов. Факторы, влияющие на ТВ. Характеристика основных кинетических этапов процесса окисления сульфидов кислородсодержащей газовой фазой. Модель массопередачи кислорода из объема газового потока к реакционной поверхности MeS для барботажных процессов. Нестационарная диффузия. Вид уравнения для оценки диффузионного потока и коэффициента массоотдачи. Основные положения адсорбционно-диссоционной теории Маргулиса для процесса окисления сульфидов. Особенности макромеханизма окисления сульфидов в новых интенсивных пирометаллургических процессах. Характеристика основных кинетических этапов процесса окисления сульфидов кислородсодержащей газовой фазой. Особенности кинетики окисления при образовании твердой пленки оксидов металла на поверхности MeS. Особенности макромеханизма окисления сульфидов в шихтовом факеле промышленных печей КФП и ПВС.</p> <p>/Пр/</p>	2	6	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3	0	
-----	---	---	---	--	--	---	--

3.3	Тепловой баланс горения (окисления) одиночной сульфидной частицы. Взаимосвязь скорости окисления сульфидов и условий тепло-массопередачи на контактной поверхности MeS-O ₂ . Понятие о температуре воспламенения сульфидов. Факторы, влияющие на ТВ. Характеристика основных кинетических этапов процесса окисления сульфидов кислородсодержащей газовой фазой. Модель массопередачи кислорода из объема газового потока к реакционной поверхности MeS для барботажных процессов. Нестационарная диффузия. Вид уравнения для оценки диффузионного потока и коэффициента массоотдачи. Основные положения адсорбционно-диссоционной теории Маргулиса для процесса окисления сульфидов. Особенности макромеханизма окисления сульфидов в новых интенсивных пирометаллургических процессах. Характеристика основных кинетических этапов процесса окисления сульфидов кислородсодержащей газовой фазой. Особенности кинетики окисления при образовании твердой пленки оксидов металла на поверхности MeS. Особенности макромеханизма окисления сульфидов в шихтовом факеле промышленных печей КФП и ПВС. /Ср/	2	42	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Ресурсы	Инте-ракт.	Примечание
	Раздел 4. Теоретические основы восстановительных процессов							

4.1	<p>Классификация восстановительных процессов. Особенности термодинамики восстановления оксидов газами. Сопоставимый анализ эффективности восстановления различных оксидов цветных металлов и железа. Восстановление оксидов железа газовыми смесями (CO-CO₂) и (H₂-H₂O). Диаграммы равновесий. Восстановление оксидов металлов твердым углеродом. Термодинамические особенности процесса. Восстановление оксидов в системах с образованием взаимных растворов (термодинамика). Кинетические закономерности углетермического восстановления оксида цинка. Особенности термодинамики и кинетики высокотемпературного восстановления высших оксидов железа газообразными и твердыми восстановителями применительно к процессам обеднения и шлаков, фьюмингования и вельцевания. Металлотермия. /Лек/</p>	2	3	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
4.2	<p>Классификация восстановительных процессов. Особенности термодинамики восстановления оксидов газами. Сопоставимый анализ эффективности восстановления различных оксидов цветных металлов и железа. Восстановление оксидов железа газовыми смесями (CO-CO₂) и (H₂-H₂O). Диаграммы равновесий. Восстановление оксидов металлов твердым углеродом. Термодинамические особенности процесса. Восстановление оксидов в системах с образованием взаимных растворов (термодинамика). Кинетические закономерности углетермического восстановления оксида цинка. Особенности термодинамики и кинетики высокотемпературного восстановления высших оксидов железа газообразными и твердыми восстановителями применительно к процессам обеднения и шлаков, фьюмингования и вельцевания. Металлотермия. /Пр/</p>	2	6	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

4.3	Классификация восстановительных процессов. Особенности термодинамики восстановления оксидов газами. Сопоставимый анализ эффективности восстановления различных оксидов цветных металлов и железа. Восстановление оксидов железа газовыми смесями (CO-CO ₂) и (H ₂ -H ₂ O). Диаграммы равновесий. Восстановление оксидов металлов твердым углеродом. Термодинамические особенности процесса. Восстановление оксидов в системах с образованием взаимных растворов (термодинамика). Кинетические закономерности углетермического восстановления оксида цинка. Особенности термодинамики и кинетики высокотемпературного восстановления высших оксидов железа газообразными и твердыми восстановителями применительно к процессам обеднения и шлаков, фьюмингования и вельцевания. Металлотермия. /Ср/	2	42	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Ресурсы	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 5. Распределение цветных металлов в системе «Металл (штейн) -шлак-газ»							
5.1	Равновесие в системе «Черновая медь-шлак-газовая фаза», «Черновой свинец-штейн-шлак-газовая фаза». Равновесие в системе «Медный штейн (белый матт)-шлак-газ». Формы нахождения цветных металлов в жидких шлаках. Строение и свойства границы металл (штейн)-шлак. Потенциальная диаграмма Язавы, ее использование для анализа автогенных плавок. Анализ причин нахождения цветных металлов в шлаках классических (ОП, ЭП, ШП, конвертирование) и автогенных процессах. Пути снижения потерь цветных металлов со шлаками. Теоретические положения процессов обеднения шлаков. Термодинамика. Макромеханизм и кинетика процессов испарения, конденсации. Дистилляция, сублимация, ректификация металлов и их соединений. /Лек/	2	3	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3		0	

5.2	Равновесие в системе «Черновая медь-шлак-газовая фаза», «Черновой свинец-штейн-шлак-газовая фаза». Равновесие в системе «Медный штейн (белый матт)-шлак-газ». Формы нахождения цветных металлов в жидких шлаках. Строение и свойства границы металл (штейн)-шлак. Потенциальная диаграмма Язавы, ее использование для анализа автогенных плавов. Анализ причин нахождения цветных металлов в шлаках классических (ОП, ЭП, ШП, конвертирование) и автогенных процессах. Пути снижения потерь цветных металлов со шлаками. Теоретические положения процессов обеднения шлаков. Термодинамика. Макромеханизм и кинетика процессов испарения, конденсации. Дистилляция, сублимация, ректификация металлов и их соединений. /Пр/	2	6	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3	0	
5.3	Равновесие в системе «Черновая медь-шлак-газовая фаза», «Черновой свинец-штейн-шлак-газовая фаза». Равновесие в системе «Медный штейн (белый матт)-шлак-газ». Формы нахождения цветных металлов в жидких шлаках. Строение и свойства границы металл (штейн)-шлак. Потенциальная диаграмма Язавы, ее использование для анализа автогенных плавов. Анализ причин нахождения цветных металлов в шлаках классических (ОП, ЭП, ШП, конвертирование) и автогенных процессах. Пути снижения потерь цветных металлов со шлаками. Теоретические положения процессов обеднения шлаков. Термодинамика. Макромеханизм и кинетика процессов испарения, конденсации. Дистилляция, сублимация, ректификация металлов и их соединений. /Ср/	2	41	ИУК 1.1 ИУК 1.2 ИУК 1.3 ИУК 1.4 ИОПК 1.1 ИОПК 1.2 ИОПК 1.3 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2 ИОПК 4.3 ИПК 1.1.1 ИПК 1.1.2 ИПК 1.1.3 ИПК 1.2.1 ИПК 1.2.2 ИПК 1.2.3 ИПК 1.3.1 ИПК 1.3.2 ИПК 1.3.3 ИПК 1.4.1 ИПК 1.4.2 ИПК 1.4.3 ИПК 1.6.1 ИПК 1.6.2 ИПК 1.6.3 ИПК 1.7.1 ИПК 1.7.2 ИПК 1.7.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л 2.1 Л2.2 Л2.3	0	

4.1 Образовательные технологии

5. КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Комплект оценочных средств

Комплект оценочных средств по дисциплине, состоящий из материалов для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации обучающихся, включая порядок проведения промежуточной аттестации, систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок представлен в КОС дисциплины.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1. Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл.адрес
Л1.1	Бигеев В. А., Вдовин К. Н., Колокольцев В. М., Салганик В. М.	Основы металлургического производства	Санкт-Петербург: Лань, 2017	https://e.lanbook.com/book/90165
Л1.2	Коршунов В. В., Шибеев Е. А., Павлов В. П.	Расчет шихты для плавки металлов: учебное пособие	Омск: Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493338
Л1.3	Богданович К. И.	Серебро, свинец и цинк: монография	Петроград: б.и., 1919	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469180
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл.адрес
Л2.1	Тимофеев К. Л.	Очистка промышленных стоков и загрязненных вод горно-металлургических предприятий. Опыт ООО "УГМК-Холдинг": учебное пособие	М.: Юнити-Дана, 2019	
Л2.2	Грызунов В. И., Фирсова Н. В., Крылова С. Е., Приймак Е. Ю., Клецова О. А., Грызунова Т. И.	Металлургическая теплотехника: учебное пособие	Москва: ФЛИНТА, 2014	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461092
Л2.3	Летовальцев А. О., Решетникова Е. А.	Химическая технология: металлургия, коррозия металлов и способы защиты от нее, сырьевое и энергетическое обеспечение химических производств, химическое материаловедение: учебное пособие	Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2019	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577873
6.3.1 Перечень программного обеспечения				
6.3.1.1	Microsoft Visual Studio			
6.3.1.2	PTC Mathcad Prime 5			
6.3.1.3	Microsoft Windows			
6.3.1.4	Microsoft Office (Access, Excel, Word, OneNote, Outlook, PowerPoint, Publisher, Skype for business)			
6.3.1.5	Google Chrome			
6.3.1.6	Mozilla Firefox			
6.3.1.7	7-Zip			
6.3.2 Перечень информационных справочных систем				
6.3.2.1	Единое окно доступа к информационным ресурсам			
6.3.2.2	Консультант-плюс			
7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
Ауд. №	Назначение	Оснащение		
225	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной	Учебные места (столы и стулья). Рабочее место преподавателя в составе стол, стул, тумба. Компьютер преподавателя с доступом в интернет, интерактивный проектор с магнитно-маркерной доской. Моторизованный экран с потолочным проектором. Потолочная камера. Документ-камера. Настольный микрофон. Звуковая система.		

228	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной	Учебные места (столы и стулья). Рабочее место преподавателя в составе стол, стул, тумба. Компьютер преподавателя с доступом в интернет, интерактивная LCD-панель. Моторизованный экран с потолочным проектором. Потолочная камера. Документ-камера. Настольный микрофон. Звуковая система.
426	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Учебные места (столы и стулья). Рабочее место преподавателя в составе стол, стул, тумба, трибунка. Трансформируемая перегородка. Компьютер преподавателя с доступом в интернет, интерактивный проектор с магнитно-маркерной доской. Моторизованный экран с потолочным проектором. Потолочная камера. Документ-камера. Настольный микрофон. Звуковая система. Маркерная доска.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Изучение рабочей программы дисциплины.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к практическим занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы, интернет-источников.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы.

Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы. Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети "Интернет" организован в читальном зале библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Задания и методические указания к выполнению практических занятий составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины "Современные пирометаллургические процессы комплексной переработки сырья" и представлены в УМК дисциплины.

Практические занятия включают в себя освоение действий, обсуждение проблем по основным разделам курса и направлены на углубление изученного теоретического материала и на приобретение умений и навыков.

При подготовке к практическим занятиям используются методические указания, в которых описаны содержание и методы их проведения, условия выполнения, сформулированы вопросы к результатам выполнения заданий.

Методические рекомендации к организации и выполнению самостоятельной работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины "Современные пирометаллургические процессы комплексной переработки сырья" и представлены в УМК дисциплины.

Самостоятельная работа студентов включает освоение теоретического материала, подготовку к выполнению заданий практических занятий, и подготовку к зачету, экзамену.

Задания и методические указания к выполнению курсовой работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины "Современные пирометаллургические процессы комплексной переработки сырья".

Курсовая работа структурно являются заключительным этапом изучения дисциплины, а организационно проверкой знаний студентов их умения решать практические инженерные задачи. При подготовке работы систематизируются, закрепляются и углубляются навыки лабораторных работ, поиска и анализа технической информации в специальной литературе.

Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости программа дисциплины может быть адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и необходимых специальных условий их обучения.

При наличии в группе студентов с ограниченными возможностями здоровья возможно использовать адаптивные

технологии.

Для студентов с ограниченным слухом:

- использование разнообразных дидактических материалов (карточки, рисунки, письменное описание, схемы и т.п.) как помощь для понимания и решения поставленной задачи;
- использование видеоматериалов, которые дают возможность понять тему занятия и осуществить коммуникативные действия;
- выполнение проектных заданий по изучаемым темам.

Для студентов с ограниченным зрением:

- использование фильмов с возможностью восприятия на слух даваемой в них информации для последующего ее обсуждения;
- использование аудиоматериалов по изучаемым темам, имеющимся на кафедре;
- индивидуальное общение с преподавателем по изучаемому материалу;
- творческие задания по изучаемым темам или по личному желанию с учетом интересов обучаемого.