

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:17

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Производство тяжелых цветных металлов

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

119

самостоятельная работа

34

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	68	68	68	68
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	119	119	119	119
Контактная работа	119	119	119	119
Сам. работа	34	34	34	34
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

к.т.н., ст.преп., Быстров Сергей Валентинович

Рабочая программа

Производство тяжелых цветных металлов

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 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра цветных металлов и золота

Протокол от 16.05.2023 г., №14

Руководитель подразделения Тарасов В.П.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоения дисциплины - формирование у обучающегося компетенций в области технологических процессов производства тяжелых цветных металлов на основе анализа физико-химических превращений, протекающих в металлургических агрегатах.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.10
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.1.2	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.1.3	Конструирование литейной оснастки, раздел 1	
2.1.4	Металловедение, часть 1	
2.1.5	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.1.6	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.1.7	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.1.8	Метрология и измерительная техника	
2.1.9	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.1.10	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.1.11	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.1.12	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.1.13	Технологии и оборудование для модификации поверхности	
2.1.14	Технология композиционных материалов	
2.1.15	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.1.16	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.1.17	Металлургия алюминия и магния	
2.1.18	Многокомпонентные диаграммы состояния	
2.1.19	Научные основы нанесения покрытий	
2.1.20	Основы бизнеса в металлургии	
2.1.21	Основы электрометаллургического производства	
2.1.22	Производство стали в конвертерах	
2.1.23	Процессы формования и спекания металлических порошков	
2.1.24	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением	
2.1.25	Рециклинг металлов	
2.1.26	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента	
2.1.27	Технология литейного производства	
2.1.28	Физико-химические процессы в литейном производстве	
2.1.29	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов	
2.1.30	Инженерные расчеты в металлургии	
2.1.31	Методы исследования свойств металлов и сплавов	
2.1.32	Организация и математическое планирование эксперимента	
2.1.33	Органическая химия в металлургии	
2.1.34	Основы пиро- и гидрометаллургического производства	
2.1.35	Основы теории литейных процессов	
2.1.36	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.1.37	Процессы получения металлических порошков	
2.1.38	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий	
2.1.39	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации	
2.1.40	Термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.41	Технологические измерения и приборы	
2.1.42	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
2.1.43	ARTCAD	
2.1.44	Обогащение руд	
2.1.45	Оборудование для процессов порошковой металлургии	

2.1.46	Оборудование и технологии сталеплавильных цехов
2.1.47	Основы минералогии и петрографии
2.1.48	Прикладная кристаллография
2.1.49	Проектирование технологии изготовления отливок
2.1.50	Теория промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Защитные покрытия на металлопродукции
2.2.2	Информационные технологии в деформационной обработке металлов
2.2.3	Комплексное использование сырья и техногенных материалов
2.2.4	Конструкционные порошковые материалы общемашиностроительного и специального назначения
2.2.5	Материаловедение и термообработка металлов и сплавов
2.2.6	Материаловедение неметаллических материалов
2.2.7	Методы исследования технологических процессов и оборудования
2.2.8	Методы оценки качества и исследования металлургических свойств техногенного сырья и вторичных ресурсов
2.2.9	Моделирование процессов и объектов в металлургии
2.2.10	Наилучшие доступные технологии в металлургии
2.2.11	Оборудование литейных цехов
2.2.12	Основы аддитивных технологий
2.2.13	Основы процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза
2.2.14	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов
2.2.15	Производство благородных металлов
2.2.16	Производство легких металлов
2.2.17	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.2.18	Производство редких металлов
2.2.19	Производство слитков из сплавов цветных металлов
2.2.20	Современные методы исследования металлических материалов
2.2.21	Современные процессы в металлургии и материаловедении и методы их исследования
2.2.22	Специальные способы литья
2.2.23	Теория металлургических процессов
2.2.24	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем
2.2.25	Технологии защиты оборудования и металлопродукции от коррозии
2.2.26	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.2.27	Технология композиционных материалов
2.2.28	Экология металлургического производства
2.2.29	Автоматизация машин и агрегатов ОМД
2.2.30	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов
2.2.31	Дизайн литого изделия
2.2.32	Инновационные технологии и оборудование ферросплавного производства
2.2.33	Компьютерное проектирование и инжиниринг
2.2.34	Материаловедческие основы производства твердых сплавов
2.2.35	Методы аттестации наноструктурированных поверхностей
2.2.36	Моделирование технологических процессов
2.2.37	Мониторинг работы металлургического предприятия
2.2.38	Основы теории сварки и пайки литых изделий
2.2.39	Особенности получения высокоточных отливок
2.2.40	Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей
2.2.41	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы
2.2.42	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.2.43	Производство прямовосстановленного железа
2.2.44	Промышленная экология и технологии декарбонизации
2.2.45	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.46	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов

2.2.47	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов
2.2.48	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.2.49	СВС-технологии получения неорганических материалов
2.2.50	Современные производственные технологии
2.2.51	Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы
2.2.52	Технологии Big Data
2.2.53	Технология промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.2.54	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.55	Экодизайн и зеленые технологии
2.2.56	Экология литейного производства
2.2.57	Аддитивные технологии в литейном производстве
2.2.58	Анализ данных и аналитика в принятии решений
2.2.59	Аффинаж благородных металлов
2.2.60	Защита интеллектуальной собственности и патентование
2.2.61	Инженерия биоповерхностей
2.2.62	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов
2.2.63	Конструирование и моделирование металлических материалов
2.2.64	Материалы на основе углерода
2.2.65	Металловедение, часть 3
2.2.66	Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов
2.2.67	Методы и инструменты бережливого производства
2.2.68	Моделирование литейных процессов
2.2.69	Обеспечение единства измерений трибологических и механических свойств
2.2.70	Обращение со шлаками и шламами
2.2.71	Планирование эксперимента
2.2.72	Разработка и реализация предпринимательских проектов
2.2.73	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния
2.2.74	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов
2.2.75	Совмещенные процессы деформационно-термической обработки
2.2.76	Термодинамические расчеты многокомпонентных диаграмм состояния
2.2.77	Техногенное сырье и вторичные ресурсы
2.2.78	Технологические основы аддитивного производства и специальной электрометаллургии
2.2.79	Экологическая экспертиза
2.2.80	Научно-исследовательская работа
2.2.81	Научно-исследовательская работа
2.2.82	Научно-исследовательская работа
2.2.83	Научно-исследовательская работа
2.2.84	Научно-исследовательская работа
2.2.85	Научно-исследовательская работа
2.2.86	Научно-исследовательская работа
2.2.87	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.88	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.89	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.90	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.91	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.92	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.93	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.94	Комплексное использование сырья и отходов глиноземной промышленности

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

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

Знать:

ПК-3-31 правила оформления заявок на объекты промышленной собственности (изобретения, полезные модели, промышленные образцы и др.); основы авторского и смежных прав; понятие и содержание авторского договора и его виды.
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов
Знать:
ПК-2-31 Теоретические и технологические основы прогрессивных технологий и новейших способов интенсификации металлургических процессов производства тяжелых цветных металлов
ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий
Уметь:
ПК-3-У1 практически использовать полученные знания в сфере создания и защиты интеллектуальной собственности, оформления заявочной документации на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, программы для ЭВМ и базы данных к ним, а также на другие объекты промышленной собственности.
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов
Уметь:
ПК-2-У1 Определять цели выполняемой работы и последовательность действий при решении поставленных задач
ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий
Владеть:
ПК-3-В1 навыками практически использовать полученные знания в сфере создания и защиты интеллектуальной собственности, оформления заявочной документации на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, компьютерные программы и базы данных к ним, а также на другие объекты промышленной собственности
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов
Владеть:
ПК-2-В1 Формирование и аргументация собственных суждений и научной позиции в области разработки и исследований процессов производства тяжелых цветных металлов и их соединений

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. Производство меди и никеля							
1.1	Роль меди и никеля в экономике государства, уровень производства и структура потребления меди. Схема комплексной переработки медных руд и концентратов. Обжиг медных концентратов. Переработка сырья в отражательных, электрических и шахтных печах. Автогенные процессы плавки на штейн, разновидности, показатели, достоинства и недостатки. Переработка штейна на черновую медь, пути совершенствования конвертирования. Огневое и электролитическое рафинирование черновой меди, производство медной катанки. Гидрометаллургический способ переработки медного сырья, экстракционная технология. /Лек/	8	20	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.6 Л2.7 Э1 Э2		КМ1	

1.2	Масштабы производства и области потребления никеля. Переработка окисленных никелевых руд плавкой на штейн и ферроникель, технико-экономические показатели методов. Технологическая схема переработки сульфидных медно-никелевых руд, процессы плавки на штейн, конвертирования, особенности физико-химических превращений. Методы разделение медно-никелевого фанштейна. Обжиг богатого никелевого концентрата, электроплавка огарка, Электролитическое рафинирование никелевых анодов. Характеристика гидрометаллургических способов переработки никелевых руд. /Лек/	8	14	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.6Л2.1 Л2.6 Э1		КМ1	
1.3	Технологические расчеты в металлургии меди: Расчет рационального состава концентрата; расчет рационального состава огарка; расчет рационального состава штейна; расчет обжига концентрата; расчет плавки концентрата на штейн; расчет конвертирования штейна. /Пр/	8	10	ПК-3-У1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.9 Л2.11 Э1 Э2 Э3			Р3
1.4	Технологические расчеты в металлургии никеля: Расчет рационального состава руды; расчет рационального состава агломерата; расчет агломерации руды; расчет шахтной плавки агломерата; расчет конвертирования никелевого штейна. /Пр/	8	7	ПК-3-У1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.6 Э3			Р11
1.5	Окислительный обжиг сульфидного медного концентрата /Лаб/	8	4	ПК-2-У1 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5Л2.2 Л2.6 Л2.10 Э1			Р6
1.6	Плавка медного концентрата на штейн /Лаб/	8	4	ПК-2-У1 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5Л2.1 Л2.6 Л2.10 Э1			Р7
1.7	Конвертирование медного штейна. /Лаб/	8	4	ПК-2-У1 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5Л2.2 Л2.6 Л2.10 Э1			Р8
1.8	Подготовка к лабораторным работам, практическим занятиям, защите лабораторных работ. /Ср/	8	7	ПК-2-В1 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.6 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3			

1.9	Домашнее задание 1. /Ср/	8	10	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.9 Л2.11 Э1 Э2 Э3			Р1
	Раздел 2. Производство свинца и цинка							
2.1	Сырье для получения свинца и цинка, способы обогащения руд. Технологические схемы производства свинца, их сущность. Назначение и цели обжига, устройство агломерационных машин. Восстановительная плавка свинцового агломерата. Теоретические основы автогенных процессов, прямые (автогенные) способы переработки свинцовых концентратов на черновой свинец. Рафинирование черного свинца, последовательность и характеристика стадий удаления различных примесей. /Лек/	8	18	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.5 Л2.6 Э1		КМ1	
2.2	Технологические схемы переработки цинковых концентратов пирометаллургическим и гидрометаллургическим способами. Особенности окислительно-сульфатизирующего обжига для каждого способа переработки огарка. Получение черного цинка по дистилляционной технологии, существующие разновидности. Выщелачивание цинкового огарка, разновидности технологических схем и способов выщелачивания, методы очистки цинковых растворов. Электроосаждение цинка, теоретические основы, показатели процесса, конструктивное оформление процесса. Переплавка катодного цинка. /Лек/	8	16	ПК-3-31 ПК-2-31	Л1.3 Л1.4Л2.5 Л2.6 Э1		КМ1	
2.3	Технологические расчеты по металлургии свинца: Расчет рационального состава концентрата; расчет рационального состава агломерата; расчет состава цинковистого шлака; расчет шахтной плавки агломерата; расчет фьюмингования шлака. /Пр/	8	10	ПК-3-У1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.8 Л2.9 Э1 Э3			Р4

2.4	Технологические расчеты по металлургии цинка: Расчет рационального состава концентрата; расчет рационального состава огарка; расчет состава цинкового кека; расчет обжига концентрата; расчет выщелачивания огарка и промывки кека. /Пр/	8	7	ПК-3-В1 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.5 Л2.8 Э1 Э3			P5
2.5	Восстановительная плавка обожженных свинцовых концентратов /Лаб/	8	2	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1			P9
2.6	Выщелачивание обожженного цинкового концентрата /Лаб/	8	3	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.4Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2			P10
2.7	Домашнее задание 2. /Ср/	8	10	ПК-3-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.3 Л2.8 Э1 Э2 Э3			P2
2.8	Подготовка к лабораторным работам, практическим занятиям, защите лабораторных работ /Ср/	8	7	ПК-3-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Э1 Э2 Э3			

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	Экзамен	ПК-3-31;ПК-2-31	<p>Раздел "Производство меди и никеля"</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Механизм плавления сульфидной шихты в рудно-термических печах. Достоинства и недостатки процессов плавления в электрических печах по сравнению с отражательными. 2. При эксплуатации руднотермических печей бывают случаи обрыва самообжигающихся электродов. Каковы причины обрывов электродов, к каким последствиям это может привести и каковы пути выхода из этой серьезной аварийной ситуации? 3. Рудно-термическая печь была рассчитана на работу со шлаками, содержащими, %: 45 SiO₂ и 20 FeO. Вследствие изменения состава перерабатываемого сырья содержание FeO в шлаках возросло до 40 %. Какие изменения в работе печи можно ожидать? 4. На заводе, перерабатывающем необоженную сульфидную шихту (состав концентрата, %: 16 Cu, 37 Fe, 32 S, 9 SiO₂, 3 CaO, 3 прочие), конвертерные шлаки были выведены на самостоятельную переработку и не стали поступать в отражательные печи. Какие изменения в показателях отражательной плавки это может вызвать? 5. Какой состав шлака Вы рекомендовали бы при плавке в отражательной печи сырого концентрата с возвратом в нее конвертерного шлака, если исходный концентрат имеет следующий состав, %: 30 Cu, 25 FeO, 20 S, 25 SiO₂? 6. Как и почему должно отличаться содержание магнетита и меди в отвальных шлаках при плавке на штейн в рудно-термических и отражательных печах необоженного сульфидного сырья одного и того же химического состава? 7. Чем определяется верхний предел обогащения дутья кислородом при использовании го-ризонтальных конвертеров для переработки медных штейнов на черновую медь? 8. Какие реальные технические возможности имеются для дополнительной переработки в горизонтальных конвертерах (при

конвертировании медных штейнов) кремнистых руд, золотосодержащего кварца и рудных сульфидных концентратов? Какого из перечисленных материалов конвертер может дополнительно переработать в большем количестве?

9. Технология и аппаратное оформление процесса конвертирования медных штейнов в горизонтальных аппаратах Пирса- Смита. Основные показатели процесса.

10. Сопоставьте между собой процесс «Айзасмелт» и процесс Ванюкова применительно к переработке сульфидного медного сырья. Отличия в механизмах протекания плавок, конструктивном оформлении процессов и ожидаемых показателях при переработке сырья одного и того же состава.

11. Какие изменения в работе печи Ванюкова может вызвать увеличение уровня установки фурм над подиной (в период реконструкции печи) и изменение (увеличение или уменьшение во время ее эксплуатации) расстояния от «поверхности» штейна в горне печи до свода переточного канала из горна в шлаковый сифон? Ответ поясните эскизами.

12. Основные стадии процесса огневого рафинирования черновой меди, их назначение и технологическая длительность.

13. Почему при совместном присутствии мышьяка, сурьмы и никеля их удаление при огневом рафинировании черновой меди становится затруднительным? Какие технологические приемы (способы) Вы можете предложить для более полного удаления из меди этих примесей?

14. По каким внешним признакам можно определить окончание стадии окисления при огневом рафинировании черновой меди и почему?

15. Какая существует взаимосвязь между процессами сульфидирования и восстановления при восстановительно-сульфидирующей шахтной плавке окисленных никелевых руд на штейн?

16. Какие реальные способы экономии кокса применимы при восстановительно-сульфидирующей шахтной плавке окисленных никелевых руд? Какие из них Вы считаете наиболее перспективными?

17. Какой путь интенсификации работы шахтных печей восстановительно-сульфидирующей плавки окисленных никелевых руд Вы считаете наиболее эффективным и почему?

18. Почему при обогащении дутья кислородом при восстановительно-сульфидирующей шахтной плавке окисленных никелевых руд в отходящих газах возрастает отношение CO_2/CO , в то время, как в кислородной зоне (в фокусе печи) это отношение падает?

19. Каковы основные отличия в организации технологий электролитического рафинирования меди и никеля и их показателях? Чем они обусловлены?

20. От каких основных примесей проводят очистку никелевого электролита (анолита)? От чего зависит последовательность удаления примесей из анолита? Химизм процессов очистки.

21. Обоснуйте изменение содержания меди в шлаке от содержания серы в черновой меди при непрерывном получении черновой меди из штейнов.

22. Объясните, чем и почему отличается конвертирование никелевого штейна от медного? Основные способы переработки конвертерного шлака никелевого конвертирования и медного конвертирования.

23. В какой последовательности и почему очищают анолит при электролитическом рафинировании никеля. Принципы очистки анолита от основных примесей.

24. Какие требования предъявляются к подготовке никелевой шихты для различных видов их пирометаллургической переработки и почему?

25. Шахтная плавка окисленных никелевых руд. Химизм, аппаратное оформление, достоинства и недостатки, пути совершенствования.

Раздел "Производство свинца и цинка"

			<ol style="list-style-type: none"> 1. Полиметаллические руды и концентраты, основные минералы свинца, химические составы свинцовых концентратов. 2. Классическая (традиционная) схема производства товарного свинца из сульфидных концентратов. 3. Теоретические основы агломерирующего обжига свинцовых сульфидных концентратов. 4. Кинетика и механизм процессов, протекающих при агломерирующем обжиге свинцовых концентратов. 5. Технологические схемы организации агломерирующего обжига сульфидных свинцовых концентратов. 6. Технология агломерирующего обжига сульфидных свинцовых концентратов. 7. Аппаратурное оформление агломерирующего обжига сульфидных свинцовых концентратов. 8. Плавка сульфидных свинцовых концентратов на черновой металл по способу Ванюкова. 9. Принципиальная технологическая схема рафинирования черного свинца огневым способом. 10. Методы переработки цинксодержащих промпродуктов свинцового производства. 11. Полиметаллические руды и концентраты, основные минералы цинка, химические составы цинковых концентратов. 12. Принципиальная технологическая схема получения цинка пирометаллургическим способом. 13. Основные стадии пирометаллургической схемы переработки сульфидных цинковых концентратов на чушковой металл. 14. Обжиг цинковых концентратов перед пирометаллургической переработкой. 15. Промышленные способы дистилляции цинка из агломератов. 16. Рафинирование черного цинка. 17. Принципиальная технологическая схема получения цинка гидromеталлургическим способом. 18. Технология очистки сульфатных цинковых растворов методом цементации. 19. Методы очистки сульфатных цинковых растворов от кобальта. 20. Электролиз цинка, анодный и катодный процессы, влияние основных параметров процесса на технико-экономические показатели 21. Какие химические реакции составляют основу шахтной плавки свинцового агломерата на черновой металл? 22. На каких принципах построена технологическая схема огневого рафинирования черного свинца? 23. В каком случае целесообразно проводить операцию очистки свинца от мышьяка, сурьмы и олова с получением твердых съёмов? 24. Какими критериями необходимо руководствоваться при выборе места размещения нового цинкового производства по гидromеталлургическому способу? 25. Какому виду товарной продукции, производимой из отходящих сернистых газов, Вы бы отдали предпочтение при строительстве нового свинцово-цинкового производства,
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	Домашнее задание 1	ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-2-31	<p>Вариант домашнего задания:</p> <p>1. Рассчитать рациональный состав концентрата, содержащего: Cu – 18 %, Fe – 33,9 %, Zn – 1,7 %, S – 44,5 %, SiO₂ – 0,8 %, CaO – 0,2 %, Al₂O₃ – 0,2 %, прочие (в т. ч. CO₂) – 0,7 %.</p> <p>В концентрате присутствуют следующие минералы: халькопирит, халькозин, ковеллин, сфалерит, пирит, известняк, 1/4 часть меди присутствует в форме халькопирита, а остальная медь распределена между ковеллином и халькозином.</p> <p>2. Рассчитать количество и состав штейна и отвального шлака и расход флюсов (на 100 кг сухой массы концентрата) при плавке концентрата заданного состава с конвертерным шлаком в ПВ (печи Ванюкова) при следующих данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расход конвертерного шлака – 10 кг на 100 кг концентрата; - состав конвертерного шлака, %: Cu – 3,5; Fe – 52, SiO₂ – 22, концентрация магнетита в конвертерном шлаке равна 23 %; - извлечение меди в штейн из концентрата – 97 %, меди из конвертерного шлака – 85 %, цинка в штейн – 30 %, а цинка в шлак – 45 %; - требуемое содержание меди в штейне 50 %; - содержание в отвальном шлаке SiO₂ – 32 %, CaO – 8 %; - отношение FeO к Fe₃O₄ в отвальном шлаке 10:1; - химический состав флюсов: кварца: SiO₂ – 85 %, CaO – 3 %, Al₂O₃ – 4 %, остальное - прочие (в т.ч. CO₂); известняка: CaO – 48 %, SiO₂ – 5 %, Al₂O₃ – 1,2 %, остальное - прочие (в т.ч. CO₂). <p>3. Рассчитать количество и состав отходящих газов при плавке концентрата на обогащенном до 70 % (об.) O₂ дутье, необходимое количество воздуха и технического кислорода на плавку при условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 % серы в газах связано в SO₃, а 90 % серы в SO₂; - коэффициент использования кислорода в расплаве – 98 %; - содержание кислорода в техническом кислороде – 94 % (об.); - влажность концентрата – 6 %, флюсов – 5 %; - подсосы воздуха в печь составляют 50 % от объема дутья. <p>4. Составить материальный баланс процесса плавки медного концентрата на обогащенном дутье.</p>
----	-----------------------	-------------------------	---

P2	Домашнее задание 2	ПК-3-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	<p>Вариант домашнего задания:</p> <p>1. Рассчитать состав шихты агломерирующего обжига для концентрата, содержащего: Pb – 48,6 %, Zn – 6,5 %, Cu – 3,5 %, Fe – 10,8 %, S – 17,7 %, SiO₂ – 4,5 %, CaO – 1,5 %, прочих – 6,9 %, исходя из следующих условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - извлечение меди в штейн – 80 %, содержание меди в штейне принять – 22 %; - состав образующегося при плавке штейна: Pb – 10 %, Zn – 7 %, S – 23%; - расход кокса на плавку – 9 %, (состав: C – 85 %, H₂O – 4 %, зола – 11 %); - химический состав флюсов и золы кокса (в %): кварца: SiO₂ – 90, CaO – 2, FeO – 4, пр.+ CO₂ – 4; известняка: SiO₂ – 2, CaO – 50, FeO – 1, пр.+ CO₂ – 47; железной руды: SiO₂ – 3, CaO – 4, FeO – 80, пр.+ CO₂ – 13; золы: SiO₂ – 65, CaO – 15, FeO – 10, пр. – 10; - состав шлака: ZnO – 18 %, SiO₂ – 22 %, CaO – 12 %, FeO – 42 %; - содержание серы в шихте – 7 %, в оборотном агломерате – 1,5 %. <p>2. Рассчитать рациональный состав свинцового агломерата и составить материальный баланс процесса агломерации при условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - степень десульфуризации обжига – 85 %; - влажность шихты – 8 %; - расход воздуха от теоретически необходимого – 8-кратный. <p>3. Рассчитать выход и состав продуктов восстановительной шахтной плавки агломерата состава, рассчитанного в п.2, а также количество дутья и состав отходящих газов при условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выход пыли (% от агломерата) – 1,0; - степень десульфуризации при плавке – 20 %; - переход цинка в шлак – 80 %; - соотношение CO₂/CO при сгорании углерода кокса – 65/35; - содержание кислорода в дутье – 26 % об. <p>4. Составить развернутый материальный баланс процесса шахтной плавки.</p>
P3	Практическое занятие 1	ПК-3-У1;ПК-2-У1	Технологические расчеты в металлургии меди.
P4	Практическое занятие 3	ПК-3-У1;ПК-3-В1	Технологические расчеты по металлургии свинца
P5	Практическое занятие 4	ПК-3-У1;ПК-3-В1	Технологические расчеты по металлургии цинка
P6	Лабораторная работа 1	ПК-2-31;ПК-2-У1	Окислительный обжиг сульфидного медного концентрата
P7	Лабораторная работа 2	ПК-2-31;ПК-2-У1	Плавка медного концентрата на штейн
P8	Лабораторная работа 3	ПК-2-31;ПК-2-У1	Конвертирование медного штейна
P9	Лабораторная работа 4	ПК-2-31;ПК-2-У1	Восстановительная плавка обожженных свинцовых концентратов
P10	Лабораторная работа 5	ПК-2-31;ПК-2-У1	Выщелачивание обожженного цинкового концентрата
P11	Практическое занятие 2	ПК-2-У1;ПК-3-У1	Технологические расчеты в металлургии никеля

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

По дисциплине предусмотрен экзамен. Экзаменационный билет состоит из 4-х теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре.

Пример экзаменационного билета:

1. При проектировании завода по переработке медного флотационного концентрата, содержащего 20 % Cu и 30 % S, какому из процессов: автогенной шахтной плавке (по пиритному способу с использованием кислородно-воздушного дутья) или процессу «Айзасмелт» следует отдать предпочтение? Сравните достоинства и недостатки этих процессов.
2. От каких основных примесей проводят очистку никелевого электролита (анолита)? От чего зависит последовательность удаления примесей из анолита? Химизм процессов очистки.
3. Теоретические основы агломерирующего обжига свинцовых сульфидных концентратов перед восстановительной шахтной плавкой.
4. Принципиальная технологическая схема получения цинка из сульфидных концентратов пирометаллургическим способом.

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

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

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

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ванюков А. В., Уткин Н. И.	Комплексная переработка медного и никелевого сырья: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	Челябинск: Metallurgy, 1988
Л1.2	Романтеев Юрий Павлович, Федоров Александр Николаевич, Быстров Сергей Валентинович, Комков Алексей Александрович, Быстров Валентин Петрович	Металлургия свинца: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Металлургия', спец. 'Металлургия цв. металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2005
Л1.3	Романтеев Ю. П., Быстров В. П.	Металлургия тяжелых цветных металлов. Свинец. Цинк. Кадмий	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010
Л1.4	Романтеев Юрий Павлович, Федоров Александр Николаевич, Быстров Сергей Валентинович, Быстров Валентин Петрович	Металлургия цинка и кадмия: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Металлургия', спец. 'Металлургия цветных металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.5	Худяков И. Ф., Тихонов А. И., Деев В. И., Набойченко С. С.	Т.1: Metallургия меди	Библиотека МИСиС	, 1977
Л1.6	Худяков И. Ф., Тихонов А. И., Деев В. И., Набойченко С. С.	Т.2: Metallургия никеля и кобальта	Библиотека МИСиС	, 1977
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Лоскутов Ф. М., Цейдлер А. А.	Расчеты по metallургии тяжелых цветных металлов: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной metallургии, 1963
Л2.2	Мечев В. В., Быстров В. П., Тарасов А. В., др.	Автогенные процессы в цветной metallургии	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1991
Л2.3	Лоскутов Ф. М.	Metallургия свинца: Учеб. пособие для metallург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1965
Л2.4	Романтеев Юрий Павлович, Быстров Сергей Валентинович, Быстров Валентин Петрович	Metallургия свинца и цинка: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Metallургия цв. металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л2.5	Зайцев В. Я., Маргулис Е. В.	Metallургия свинца и цинка: Учеб. пособие для вузов по спец. 'Metallургия цветных металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1985
Л2.6	Тарасов А. В., Уткин Н. И.	Общая metallургия: Учебник для студ. вузов, обуч. по напр. 'Metallургия'	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1997
Л2.7	Ванюков А. В., Быстров В. П., Васкевич А. Д., др., Ванюков А. В.	Плавка в жидкой ванне	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1988
Л2.8	Романтеев Юрий Павлович, Комков Алексей Александрович, Федоров Александр Николаевич, др., Быстров Валентин Петрович	Расчеты в metallургии свинца, цинка и кадмия: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Metallургия', спец. 'Metallургия цв. металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л2.9	Гудима Н. В., Карасев Ю. А., Кистяковский Б. Б., др., Гудима Н. В.	Технологические расчеты в metallургии тяжелых цветных металлов: учеб. пособие для техникумов цв. metallургии	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1977

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.10	Федоров Александр Николаевич, Комков Алексей Александрович, Быстров Сергей Валентинович	Металлургия меди и никеля (N 3526): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
Л2.11	Федоров Александр Николаевич, Быстров Сергей Валентинович, Криволапова Ольга Николаевна	Технологические расчеты в металлургии меди (N 3466): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС	http://elibrary.misis.ru/
Э2	Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн	http://biblioclub.ru/
Э3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://www.elibrary.ru

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ИВТАН ТЕРМО
П.3	Therm_DZ
П.4	Microsoft Office
П.5	LMS Canvas
П.6	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС http://elibrary.misis.ru/login.php
И.2	Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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 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
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
К-211	Аудитория для самостоятельной работы	14 рабочих мест, персональный ЭВМ, подключенных к корпоративной сети НИТУ «МИСиС», сетевой принтер, столы, стулья
К-233	Лаборатория	доска маркерная; дистиллятор GFL; печь муфельная - 2 шт.; весы лабораторные - 2 шт.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Лекционные занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами и интерактивными досками, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Лекции и семинарские занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint.
2. Практические занятия проводятся в учебной аудитории, оборудованных компьютерами, электронными проекторами и интерактивными досками, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий.
3. Текущий контроль знаний проводится на основе использования специальных компьютерных программ тестирования знаний навыков и умений студентов.
4. Для самостоятельной работы и текущего контроля в системе «смешанного обучения» студенты используют специальные базы данных (электронные учебники).
5. Консультации по дисциплине проводятся с использованием e-mail, образовательных платформ и при личной явке.
6. Текущий контроль проводится в часы практических занятий.