

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной 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)

# Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 11

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

23

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	<b>11 (6.1)</b>		Итого	
	18			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	51	51	51	51
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	23	23	23	23
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.тн, профессор, Лысенко Андрей Павлович*

Рабочая программа

**Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния**

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	Цели освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также изучение студентами современных достижений в области ресурсо- и энергосберегающих технологий производства алюминия и магния
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.23
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Автоматизация машин и агрегатов ОМД	
2.1.2	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов	
2.1.3	Дизайн литого изделия	
2.1.4	Компьютерное проектирование и инжиниринг	
2.1.5	Материаловедческие основы производства твердых сплавов	
2.1.6	Мониторинг работы металлургического предприятия	
2.1.7	Основы теории сварки и пайки литых изделий	
2.1.8	Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей	
2.1.9	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы	
2.1.10	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.11	Производственная практика	
2.1.12	Производственная практика	
2.1.13	Производственная практика	
2.1.14	Производственная практика	
2.1.15	Производственная практика	
2.1.16	Производственная практика	
2.1.17	Производственная практика	
2.1.18	Промышленная экология и технологии декарбонизации	
2.1.19	Разливка стали и спецэлектрометаллургия	
2.1.20	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов	
2.1.21	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов	
2.1.22	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.1.23	СВС-технологии получения неорганических материалов	
2.1.24	Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы	
2.1.25	Технологии Big Data	
2.1.26	Технология промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов	
2.1.27	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД	
2.1.28	Экодизайн и зеленые технологии	
2.1.29	Экология литейного производства	
2.1.30	Защитные покрытия на металлопродукции	
2.1.31	Информационные технологии в деформационной обработке металлов	
2.1.32	Комплексное использование сырья и техногенных материалов	
2.1.33	Конструкционные порошковые материалы общемашиностроительного и специального назначения	
2.1.34	Материаловедение и термообработка металлов и сплавов	
2.1.35	Материаловедение неметаллических материалов	
2.1.36	Методы исследования технологических процессов и оборудования	
2.1.37	Методы оценки качества и исследования металлургических свойств техногенного сырья и вторичных ресурсов	
2.1.38	Моделирование процессов и объектов в металлургии	
2.1.39	Наилучшие доступные технологии в металлургии	
2.1.40	Оборудование литейных цехов	
2.1.41	Основы аддитивных технологий	
2.1.42	Основы процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	
2.1.43	Охрана труда и промышленная безопасность	
2.1.44	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов	
2.1.45	Производство благородных металлов	

2.1.46	Производство легких металлов
2.1.47	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.1.48	Производство редких металлов
2.1.49	Производство слитков из сплавов цветных металлов
2.1.50	Современные методы исследования металлических материалов
2.1.51	Современные процессы в металлургии и материаловедении и методы их исследования
2.1.52	Специальные способы литья
2.1.53	Теория металлургических процессов
2.1.54	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем
2.1.55	Технологии защиты оборудования и металлопродукции от коррозии
2.1.56	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.1.57	Технология композиционных материалов
2.1.58	Экология металлургического производства
2.1.59	Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях
2.1.60	Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза
2.1.61	Информационные технологии управления металлургическими печами
2.1.62	Конструирование литейной оснастки, раздел 2
2.1.63	Логистика вторичных ресурсов
2.1.64	Металловедение, часть 2
2.1.65	Металлургия благородных металлов
2.1.66	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов
2.1.67	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ
2.1.68	Модельное производство
2.1.69	Огнеупоры металлургического производства
2.1.70	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела
2.1.71	Пористые порошковые материалы. Порошковые материалы для узлов трения. Порошковые алмазосодержащие материалы.
2.1.72	Производство отливок из стали и чугуна
2.1.73	Производство тяжелых цветных металлов
2.1.74	Производство ферросплавов
2.1.75	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.1.76	Технологические линии и комплексы ОМД
2.1.77	Физико-механические свойства металлов
2.1.78	Химия окружающей среды
2.1.79	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.1.80	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов
2.1.81	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД
2.1.82	Конструирование литейной оснастки, раздел 1
2.1.83	Металловедение, часть 1
2.1.84	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.1.85	Металлургия тяжелых цветных металлов
2.1.86	Методы анализа структуры металлов и сплавов
2.1.87	Метрология и измерительная техника
2.1.88	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.1.89	Современные методы производства сплошных и полых изделий
2.1.90	Теория и технология производства стали в электропечах
2.1.91	Теплотехника и экодизайн металлургических печей
2.1.92	Технологии и оборудование для модификации поверхности
2.1.93	Технология композиционных материалов
2.1.94	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий
2.1.95	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии
2.1.96	Металлургия алюминия и магния
2.1.97	Многокомпонентные диаграммы состояния
2.1.98	Научные основы нанесения покрытий

2.1.99	Обогащение руд
2.1.100	Оборудование для процессов порошковой металлургии
2.1.101	Оборудование и технологии сталеплавильных цехов
2.1.102	Основы бизнеса в металлургии
2.1.103	Основы минералогии и петрографии
2.1.104	Основы электрометаллургического производства
2.1.105	Прикладная кристаллография
2.1.106	Проектирование технологии изготовления отливок
2.1.107	Производство стали в конвертерах
2.1.108	Процессы формования и спекания металлических порошков
2.1.109	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением
2.1.110	Рециклинг металлов
2.1.111	Теория промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.1.112	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента
2.1.113	Технология литейного производства
2.1.114	Физико-химические процессы в литейном производстве
2.1.115	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов
2.1.116	Инженерные расчеты в металлургии
2.1.117	Методы исследования свойств металлов и сплавов
2.1.118	Организация и математическое планирование эксперимента
2.1.119	Органическая химия в металлургии
2.1.120	Основы пиро- и гидрометаллургического производства
2.1.121	Основы теории литейных процессов
2.1.122	Потребительские свойства металлургической продукции
2.1.123	Процессы получения металлических порошков
2.1.124	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий
2.1.125	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации
2.1.126	Термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.1.127	Технологические измерения и приборы
2.1.128	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.1.129	ARTCAD
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Научно-исследовательская работа
2.2.2	Научно-исследовательская работа
2.2.3	Научно-исследовательская работа
2.2.4	Научно-исследовательская работа
2.2.5	Научно-исследовательская работа
2.2.6	Научно-исследовательская работа
2.2.7	Научно-исследовательская работа
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

**ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке**

**Знать:**

ПК-4-31 Теоретические и технологические основы процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений

<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-31 Теоретические и технологические основы прогрессивных технологий и новейших способов интенсификации металлургических процессов производства цветных, редких и благородных металлов.
<b>ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Анализ технологических схем получения цветных металлов и их соединений для выбора направления их совершенствования
<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 Определять цели выполняемой работы и последовательность действий при решении поставленных задач
<b>ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Навык обоснованного выбора процесса и/или технологической схемы производства цветных металлов и их соединений с учетом экологических требований и экономической целесообразности
<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Формирование и аргументация собственных суждений и научной позиции в области разработки и исследований процессов производства 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
	<b>Раздел 1. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия</b>							
1.1	Производство электродов и фтористых солей. Получение фтористых солей. Криолит, фториды натрия. Назначение и способы их получения. /Лек/	11	6	ПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.2	Оборудование: трубчатая вращающаяся печь, адсорбер. Производство электродных изделий. Оборудование: ретортные печи, дробилки, электрическая печь сопротивления. /Лек/	11	6		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.3	Теория электролиза криолитоглиноземных расплавов. Строение криолит-глиноземных расплавов. Диаграмма состояния NaF-AlF <sub>3</sub> . Диаграмма состояния Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . /Лек/	11	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.4	Физико-химические свойства криолитоглиноземных расплавов и влияние на них различных добавок. Теория электролитического способа получения алюминия. Модельные представления электролиза криолитоглиноземных расплавов. /Лек/	11	6		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	

1.5	Процессы на электродах. Анодный эффект Выход потока, расход электроэнергии и влияние на них различных факторов. /Лек/	11	3		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.6	Конструкция и расчет алюминиевой ванны. Оборудование: электролизер с обожженными анодами, электролизер с боковым и верхним подводом тока к самообжигающемуся аноду. Сравнительная характеристика ванн. Катодное, анодное устройства. Ошиновка. /Пр/	11	4		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9 Э10			Р1
1.7	Новые материалы и перспективные направления в конструировании электролизеров. Основы расчета алюминиевой ванны. /Лек/	11	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.8	Примеры материального, теплового и электрического балансов ванн. Тепловой и электрический КПД электролизеров и задачи их улучшения. /Пр/	11	4	ПК-2-У1 ПК-4 -В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э8 Э9 Э10			Р2
1.9	ГОСТ на алюминий. Анализ себестоимости алюминия Технико-экономические показатели электролиза.. Расположение ванн в корпусе и устройство цеха электролиза. Газоотсос и газоочистка. Регенерация фтористых солей. Экологические вопросы. /Пр/	11	2	ПК-4-У1 ПК-4 -В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э8 Э9 Э10			Р3
1.10	Расположение ванн в корпусе и устройство цеха электролиза. Газоотсос и газоочистка. Регенерация фтористых солей. Экологические вопросы. /Пр/	11	2	ПК-2-31 ПК-4- У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р4
1.11	Рафинирование алюминия. Теория электролитического рафинирования алюминия. Основные принципы рафинирования алюминия. Составы электролита и анодного сплава. Их физико-химические свойства и строение. Технология рафинирования алюминия. Оборудование: электролизер. Основные операции по их обслуживанию. Технико-экономические показатели процесса. /Пр/	11	6	ПК-2-В1 ПК-4 -В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р5

1.12	Металлические и неметаллические примеси в алюминиевых сплавах. Литейные и деформируемые сплавы и ГОСТ на них. Алюминиевые сплавы-раскислители. /Пр/	11	2	ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р6
1.13	Охрана труда и окружающей среды при переработке алюминиевых отходов и лома. Переработка «свежих» шлаков в центрифуге и прессе. Технологическая схема гидрометаллургической переработки «старых» шлаков. /Пр/	11	2	ПК-2-31 ПК-4-В1	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р7
1.14	Технология электролитического производства алюминия. Устройство электролизного цеха. Пуск и работа ванн в послепусковой период. Обслуживание ванн: обработка ванн и загрузка в них глинозема, извлечение металла и обслуживание анодов. Нарушения в работе электролизеров и их устранение: горячий ход, холодный ход, карбидообразование, трудноустраняемый анодный эффект, прорыв расплава из шахты. /Пр/	11	4	ПК-2-В1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р8
1.15	Домашнее задание №1. "Ресурсо- и энергосбережение в производстве алюминия" /Ср/	11	13	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9 Э10			Р12
	<b>Раздел 2. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства магния.</b>							
2.1	Подготовка магниевого сырья. Производство искусственного карналлита. Технологическая схема. Получение обезвоженного хлорида магния. Аппаратурно-технологическая схема первичного обезвоживания карналлита. /Лек/	11	6	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э8 Э9		КМ1	



2.2	Конструкция печи кипящего слоя. Трубчатая вращающаяся печь. Получение безводного хлорида магния. Конструкция хлоратора. Технико-экономические показатели печей. /Лек/	11	6	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.3Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
2.3	Физико-химические свойства электролитов магниевых ванн. Плавкость систем $MgCl_2 - KCl$ , $MgCl_2 - NaCl$ , $MgCl_2 - NaCl - KCl$ . Плотность, вязкость, электропроводность и поверхностное натяжение электролита. /Лек/	11	6	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
2.4	Теоретические основы получения магния электролизом. Напряжение разложение и процессы на электродах. Выход по току и расход электроэнергии. Технология электролитического производства магния. Конструкции магниевых электролизеров. Диафрагменный электролизер. Бездиафрагменный электролизер. Преимущества и недостатки. Обслуживание электролизеров. Технико-экономические показатели электролиза магния. /Пр/	11	4	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э7 Э8 Э9 Э10			Р9
2.5	Термические способы получения магния. Теоретические основы способов. Технология термического восстановления магния. Способ «Магнетерм». Способ «Пиджена». Способ «Бользано». Перспективные направления развития электрометаллургии магния. /Пр/	11	2	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.3Л2.1 Л2.2 Э2 Э3 Э4 Э5			Р10
2.6	Рафинирование магния. Флюсы для рафинирования магния. Металлотермические методы очистки магния. Рафинирование возгонкой. Электролитическое рафинирование. Содержание примесей в магнии до и после рафинирования в зависимости от способа очистки. /Пр/	11	2	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10			Р11

2.7	Домашнее задание №2. "Ресурсо- и энергосбережение в производстве магния" /Ср/	11	10	ПК-2-В1 ПК-4 -В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9 Э10			P13
-----	--	----	----	---------------------	--	--	--	-----

### 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		<p>Электрометаллургия Al</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.История создания технологии производства алюминия и конструкций электролизёров.</li> <li>2.Основные технико-экономические показатели электролиза. Их характеристика.</li> <li>3.Электронная конфигурация атома алюминия. Химические свойства алюминия и его соединений.</li> <li>4.Физические свойства алюминия и области его применения.</li> <li>5.Себестоимость алюминия сырца.</li> <li>6.Электролизёры с самообжигающимся анодом и верхним токоподводом. Распространённость данного типа электролизёра. Достоинства и недостатки конструкции. Техничко-экономические показатели его работы.</li> <li>7.Электролизёры с самообжигающимся анодом и боковым токоподводом. Распространённость данного типа электролизёра. Достоинства и недостатки конструкции. Техничко-экономические показатели его работы.</li> <li>8.Электролизёры с обожжёнными анодами. Распространённость данного типа электролизёра. Достоинства и недостатки конструкции. Техничко-экономические показатели его работы.</li> <li>9.Электролизёры с инертными анодами и смачиваемым катодом. Основной принцип работы. Конструкции электролизёров. Техничко-экономические показатели.</li> <li>10.Технология ТАС. Конструкция электролизёров. Техничко-экономические показатели.</li> <li>11.Законы термодинамики применительно к работе алюминиевого электролизёра. Теплота и работа. Уравнение энергетического баланса. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.</li> <li>12.Равновесная ЭДС. Уравнение Нернста. Влияние концентрации глинозёма на равновесную ЭДС.</li> <li>13.Катодный процесс. Катодные реакции. Стадии катодного процесса. Катодное перенапряжение.</li> <li>14.Совместный разряд ионов на катоде.</li> <li>15.Границы раздела: алюминий – электролит; настыль – электролит – металл; алюминий – электролит – угольный катод, анод – электролит.</li> <li>16.Анодные реакции. Стадии анодного процесса. Анодное перенапряжение.</li> <li>17.Состав электролита. Основные функции электролита.</li> <li>18.Диаграммы плавкости. Двойные системы NaF-AlF<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Тройная система Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- AlF<sub>3</sub>.</li> <li>19.Способы выражения концентрации электролита. Криолитовое отношение.</li> <li>20.Структура электролита. Основные ионы.</li> <li>21.Введение добавок в электролит. Критерии выбора добавок. Влияние добавок на процесс электролиза.</li> <li>22.Влияние состава электролита на температуру ликвидуса и плотность, электропроводность, растворимость глинозёма и упругость пара.</li> <li>23.Поверхностные явления в алюминиевом электролизёре.</li> <li>24.Растворимость алюминия в электролите. Растворимость карбида алюминия.</li> <li>25.Вязкость и теплопроводность электролита.</li> <li>26.Оптимальный состав электролита. Критерии оптимизации.</li> </ol>

		<p>27.Основные функции глинозёма в ванне. Физико-химические свойства глинозёма и их влияние на технологию электролиза.</p> <p>28.Скорость и механизм растворения глинозёма в электролите. Влияние различных факторов на скорость растворения.</p> <p>29.Криолито-глинозёмные корки. Функции и свойства корок. Механизм их образования.</p> <p>30.Вторичный глинозём. Свойства и поведение в ванне.</p> <p>31.Коржи и осадки. Механизм их образования. Свойства. Их влияние на процесс электролиза.</p> <p>32.Способы питания ванн глинозёмом. Расходные коэффициенты глинозёма.</p> <p>33.Зависимость напряжения на ванне от концентрации глинозёма. Псевдосопротивление. Основы регулирования работы АПГ.</p> <p>34.АПГ. Принцип работы. Конструкции.</p> <p>35.Свойства фторсолей и их поведение в ванне, основные статьи расхода и прихода фторсолей.</p> <p>36.Контроль и поддержание концентрации фторида алюминия в ванне.</p> <p>37.Гарниссаж и настыль. Состав и роль в работе электролизёра.</p> <p>38.Выход по току. Механизмы потерь металла.</p> <p>39.Выход по току. Влияние карбида алюминия и примесей электролита на выход по току.</p> <p>40.Влияние состава электролита, примесей, температуры, плотности тока и межполюсного расстояния на выход по току.</p> <p>41.Удельный расход электроэнергии. Составляющие напряжения на электролизной ванне.</p> <p>42.Самообжигающийся анод. Сырьё и технология приготовления анодной массы.</p> <p>43.Процессы, протекающие при коксовании анодной массы.</p> <p>44.Технология сухой анодной массы.</p> <p>45.Технология обслуживания анода Содерберга.</p> <p>46.Технологические нарушения при работе анода Содерберга.</p> <p>47.Расход анодной массы.</p> <p>48.Обожжённый анод. Сырьё и технология получения. Конструкция и монтаж анода.</p> <p>49.Основные статьи расхода анода.</p> <p>50.Основные свойства обожжённого анода. Их влияние на работу анода.</p> <p>51.Установка обожжённого анода в ванну. Защита обожжённого анода от окисления и коррозии.</p> <p>52.Термическая устойчивость обожжённого анода .</p> <p>53.Технологические нарушения, связанные с работой обожжённого анода.</p> <p>54.Анодный эффект. Механизм возникновения. Признаки АЭ. Гашение АЭ.</p> <p>55.Основные функции катода. Конструкция катодного устройства.</p> <p>56.Катодные блоки. Типы и устройство катодных блоков.</p> <p>57.Угольная подина и боковая футеровка. Материалы и устройство.</p> <p>58.Теплоизоляционная футеровка. Её назначение. Материалы.</p> <p>59.Огнеупорная футеровка. Её назначение. Материалы.</p> <p>60.Типы катодных кожухов. Конструкции.</p> <p>61.Основные причины разрушения катода. Срок службы электролизёра.</p> <p>62.Обжиг электролизёра. Цели обжига. Виды обжига.</p> <p>63.Пуск электролизёра. Особенности ухода за ванной.</p> <p>64.Послепусковой период. Вывод электролизёра на нормальный технологический режим.</p> <p>65.Технология обслуживания электролизёра. Контролируемые параметры.</p> <p>66.Ошиновка алюминиевого электролизёра. Её назначение и конструкция.</p> <p>67.Качество первичного алюминия. Марки алюминия.</p> <p>68.Взаимодействие металла с электролитом и подиной электролизёра.</p> <p>Электрометаллургия Mg.</p> <p>1.Свойства магнезия и его применение.</p>
--	--	--

			<p>2. Основные области применения магния.  3. История развития и мировое производство магния.  4. Магниевое сырьё.  5. Карналлитовая схема получения магния.  6. Получение магния из рассольного сырья.  7. Получение магния из морской воды и доломита.  8. Получение магния из озёрной рапы.  9. Получение хлорида магния из хлормagneиных щёлоков.  10. Технологическая схема процесса «Magnola».  11. Получение магния хлорированием магнезита.  12. Схема получение магния с использованием возвратного хлорида магния титанового производства.  13. Смешанные схемы получение магния.  14. Теоретические основы обезвоживания бишофита.  15. Технология обезвоживания бишофита.  16. Теоретические основы хлорирования магнезита.  17. Технология хлорирования магнезита.  18. Теоретические основы обезвоживания карналлита.  19. Технология обезвоживания карналлита (первая стадия обезвоживания).  20. Технология обезвоживания карналлита (вторая стадия обезвоживания).  21. Основные типы электролитов магниевое производство.  22. Плавкость расплавов систем <math>MgCl_2 - KCl</math>, <math>MgCl_2 - NaCl</math> и <math>MgCl_2 - NaCl - KCl</math>.  23. Плотность электролитов магниевое производство.  24. Вязкость электролитов магниевое производство.  25. Давление паров электролитов магниевое производство.  26. Поверхностное натяжение электролитов магниевое производство.  27. Электропроводность и числа переноса электролитов магниевое производство.  28. Строение расплавов хлоридов.  29. Напряжение разложения <math>MgCl_2</math> в расплавленных хлоридах.  30. Электродные реакции в магниевом электролизёре.  31. Образование шлама.  32. Склонность электролитов к гидролизу.  33. Хлорируемость оксидов в электролитах различного состава.  34. Растворимость оксидов в хлоридных электролитах.  35. Растворимость магния в расплавах хлоридов.  36. Растворимость хлора в расплавах хлоридов.  37. Конструкции диафрагменных электролизёров.  38. Конструкции бездиафрагменных электролизёров.  39. Конструкции магниевых электролизеров и технология электролиза за рубежом.  40. Влияние состава и физико-химических свойств электролита на электролиз.  41. Влияние циркуляции электролита на показатели электролиза.  42. Влияние геометрических параметров электролизёра и плотности тока на показатели электролиза.  43. Пуск магниевых электролизёров.  44. Обслуживание магниевых электролизёров.  45. Цех электролитического получения магния.  46. Отсос газов от электролизёров и их очистка.  47. Технологические нарушения при электролитическом производстве магния.  48. Техника безопасности и охрана окружающей среды при электролитическом производстве магния.  49. Энергетический и материальный балансы магниевое электролизёра.  50. Марки магния, наличие примесей.</p>
--	--	--	---

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

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
------------	-----------------	------------------------------------	-------------------

P1	Практические занятия 1	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Конструкция и расчет алюминиевой ванны. Оборудование: электролизер с обожженными анодами, электролизер с боковым и верхним подводом тока к самообжигающемуся аноду. Сравнительная характеристика ванн. Катодное, анодное устройства. Ошиновка.
P2	Практическое занятие 2	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Примеры материального, теплового и электрического балансов ванн. Тепловой и электрический КПД электролизеров и задачи их улучшения.
P3	Практическое занятие 3	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	ГОСТ на алюминий. Анализ себестоимости алюминия Технико-экономические показатели электролиза.. Расположение ванн в корпусе и устройство цеха электролиза. Газоотсос и газоочистка. Регенерация фтористых солей. Экологические вопросы.
P4	Практическое занятие 4	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Расположение ванн в корпусе и устройство цеха электролиза. Газоотсос и газоочистка. Регенерация фтористых солей. Экологические вопросы.
P5	Практические занятия 5	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Рафинирование алюминия. Теория электролитического рафинирования алюминия. Основные принципы рафинирования алюминия. Составы электролита и анодного сплава. Их физико-химические свойства и строение. Технология рафинирования алюминия. Оборудование: электролизер. Основные операции по их обслуживанию. Технико-экономические показатели процесса.
P6	Практическое занятие 6	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Металлические и неметаллические примеси в алюминиевых сплавах. Литейные и деформируемые сплавы и ГОСТ на них. Алюминиевые сплавы-раскислители.
P7	Практическое занятие 7	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Охрана труда и окружающей среды при переработке алюминиевых отходов и лома. Переработка «свежих» шлаков в центрифуге и прессе. Технологическая схема гидromеталлургической переработки «старых» шлаков.
P8	Практические занятия 8	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Технология электролитического производства алюминия. Устройство электролизного цеха. Пуск и работа ванн в послепусковой период. Обслуживание ванн: обработка ванн и загрузка в них глинозема, извлечение металла и обслуживание анодов. Нарушения в работе электролизеров и их устранение: горячий ход, холодный ход, карбидообразование, трудноустраняемый анодный эффект, прорыв расплава из шахты.
P9	Практические занятия 9	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Теоретические основы получения магния электролизом. Напряжение разложение и процессы на электродах. Выход по току и расход электроэнергии. Технология электролитического производства магния. Конструкции магниевых электролизеров. Диафрагменный электролизер. Бездиафрагменный электролизер. Преимущества и недостатки. Обслуживание электролизеров. Технико-экономические показатели электролиза магния.
P10	Практическое занятие 10	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Термические способы получения магния. Теоретические основы способов. Технология термического восстановления магния. Способ «Магнетерм». Способ «Пиджена». Способ «Бользано». Перспективные направления развития электрометаллургии магния.
P11	Практические занятия 11	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Рафинирование магния. Флюсы для рафинирования магния. Металлотермические методы очистки магния. Рафинирование возгонкой. Электролитическое рафинирование. Содержание примесей в магнии до и после рафинирования в зависимости от способа очистки.
P12	Домашнее задание №1. "Ресурсо- и энергосбережение в производстве алюминия"	ПК-2-В1;ПК-4-В1	Высказано предложение по замене питания алюминиевого электролизёра от источника постоянного тока импульсным генератором. Проанализировать возможность разработки ресурсо- и энергосберегающего процесса производства алюминия.

P13	Домашнее задание №2. "Ресурсо- и энергосбережение в производстве магния"	ПК-2-В1;ПК-4-В1	Проанализировать и обосновать возможность ресурсо- и энергосбережения в производстве магния по предлагаемому способу. "Выщелачивание магния из оксидного сырья с получением хлормagneйных растворов, их чистка и концентрирование, смешение раствора или гидрата хлорида магния с безводным электролитом, обезвоживание смеси с использованием хлорирующего агента, электролиз безводного хлорида магния с получением магния, анодного хлора и электролита, возврат анодного хлора и электролита в процесс подготовки сырья, конверсию хлора с получением хлороводорода. При этом очищенные хлормagneйные растворы и/или гидраты хлорида магния, полученные из оксидного сырья с использованием хлора и хлористого водорода, перед обезвоживанием дополнительно смешивают с твердым измельченным хлористым калием и/или твердым калиевым электролитом до соотношения в смеси $KCl:MgCl_2 = 0,5 - 1,0$ , нагревают до температуры менее 150°C и при постоянном перемешивании охлаждают с получением синтетического карналлита, содержащего не более 5% мас. жидкой фазы, который подвергают обезвоживанию."
-----	--	-----------------	---

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

#### Экзаменационный билет №1

1. Какие реакции протекают в рабочем пространстве магниевых электролизеров, который питается оксидно-угольной шихтой? (1 балл)
2. На какие показатели влияет конструкция обожженного анода (щелевая подошва или вертикальные отверстия) алюминиевого электролизера? (1 балл)
3. Серия из 150 непрерывно работающих алюминиевых электролизеров с силой тока 145 кА за 30 дней произвела 4700 тонн алюминия, содержащего 99,5% алюминия. Среднее напряжение на ваннах 695 В. Определить выход по току и удельный расход электроэнергии в расчете на 100% металла. (3 балла)

#### Экзаменационный билет №2

1. Какие реакции протекают в рабочем пространстве алюминиевого электролизера, который питается глиноземом? (1 балл)
2. В чем заключается отличие конструкции поточной линии магниевых электролизеров от стандартной цеховой компоновки? Как эта новизна может отразиться на технико-экономических показателях работы электролизера? (1 балл)
3. Магниевый электролизер на силу тока 140 кА, выход по току 80%, напряжение на ванне 5,5 В, чистого металла в магниевом сырье 99,5%. Определить сколько магний-сырца и хлора может быть получено за год с такого электролизера при его непрерывной работе? Удельный расход электроэнергии на получение магния и хлора? (2 балла)

### 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	Москвитин В. И., Николаев И. В., Фомин Б. А.	Металлургия легких металлов: учебник для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Интермет инжиниринг, 2005

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Николаев И. В., Москвитин В. И., Фомин Б. А.	Металлургия легких металлов: Учебник для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия', спец. 'Металлургия цвет. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1997
Л1.3	Гульдин Иван Тимофеевич, Сидорин Г. Н.	Металлургия легких металлов: Учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Зайков Ю. П., и др.	Электрохимия расплавленных солей: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л2.2	Булидорова Г. В., Галяметдинов Ю. Г., Ярошевская Х. М., Барабанов В. П.	Электрохимия и химическая кинетика: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014

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

Э1	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	www1.fips.ru
Э2	Esp@cenet (Европейская патентная организация)	https://worldwide.espacenet.com/
Э3	Базы данных Всемирной организации интеллектуальной собственности	https://www.wipo.int/portal/en/index.html
Э4	База данных патентов США (Ведомство по патентам и товарным знакам США)	https://www.uspto.gov/
Э5	Наукометрическая база данных Web of Science	https://apps.webofknowledge.com/
Э6	Наукометрическая база данных Scopus	https://www.scopus.com/
Э7	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://elibrary.ru/
Э8	Российская Государственная Библиотека	https://www.rsl.ru/
Э9	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/
Э10	Учебно-методическая литература для студентов	https://www.studmed.ru/

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office

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

И.1	НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА - eLIBRARY.RU - https://elibrary.ru/defaultx.asp?
И.2	Российская государственная библиотека им. В.И. Ленина - https://www.rsl.ru/
И.3	Государственная публичная научно-техническая библиотека России - http://www.gpntb.ru/
И.4	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС http://elibrary.misis.ru/
И.5	Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru/

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
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-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
М-102	Учебная аудитория	Комплект учебной мебели на 15 рабочих мест, ноутбуки с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели

#### **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint.
2. Семинарские занятия проводятся с использованием мультимедийных средств.
3. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, средств LMS CANVAS И и при личной явке.
4. Текущий контроль проводится в часы семинарских занятий.