

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ»

Направление: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Системы и средства автоматизации в металлургической промышленности

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Елшин Виктор
Владимирович
Дата подписания: 19.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Технология производства алюминия» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Способность анализировать технологический процесс с точки зрения его автоматизации и механизации, разрабатывать проект автоматизированной системы управления технологическими процессами с использованием современных информационных технологий, методов и средств автоматизированного проектирования	ПКС-1.3, ПКС-1.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.3	Демонстрирует знания в области теории и практики получения алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов	Знать современное состояние производства алюминия электролитическим способом и альтернативные способы получения алюминия; теоретические основы получения алюминия электролитическим способом; конструкции электролизеров для получения алюминия; технологию электролиза криолит-глиноземных расплавов Уметь применять полученные знания о строении криолит-глиноземных расплавов на практике; уметь проводить анализ влияния различных факторов на основные показатели электролиза; Владеть навыками расчетов основного металлургического оборудования, используемого при получении алюминия, и составления металлургических балансов
ПКС-1.5	Демонстрирует способность корректировать технологические процессы электролитического получения алюминия, обжига анодов и литья	Знать основные причины нарушений технологии при получения алюминия; способы регулирования осуществлением технологическим процессом; состав и характеристики анодов различного типа и схемы их получения; основы литейного производства: основное технологическое оборудование для

		обжига и литья Уметь применять полученные знания о параметрах получения алюминия из глинозема для обеспечения правильного ведения технологического процесса; использовать справочную литературу для выполнения расчетов; использовать принципы ресурсо- и энергосбережения, защиты окружающей среды в изучаемых технологических процессах Владеть навыками корректировки параметров технологии получения алюминия, обжига анодов и монтажа анодных блоков, литейной продукции в случаях их отклонений; навыками составления электрических, тепловых балансов электролитического процесса
--	--	--

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Технология производства алюминия» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Материаловедение», «Основы энерго- и ресурсосбережения», «Химия», «Физика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 8 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	288	108	180
Аудиторные занятия, в том числе:	136	64	72
лекции	68	32	36
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	68	32	36
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	116	44	72
Трудоемкость	36	0	36

промежуточной аттестации			
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет, Экзамен	Зачет	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение. Основы электрометаллург ии	1	4			8	2			
2	Современное состояние производства алюминия.	2	2					1	6	Эссе
3	Теоретические основы получения алюминия электролитически м способом	4, 5, 6	10			6, 7	6	2	8	Тест, Доклад
4	Конструкция электролизеров для получения алюминия. Технология электролиза	7, 8	10			1, 2, 3, 4, 5, 9	24	3, 4, 5, 6	25	Решение задач
5	Альтернативные способы получения алюминия	9	4					2	5	Тест
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		30				32		44	

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Аноды электролизеров производства алюминия	1, 2, 3, 4, 5	16			4, 5, 6, 7, 8	18	1, 4	18	Тест
2	Балансы процесса электролиза	6	2			2, 3	8	2, 5	28	Решение задач
3	Оборудование и технологии	7, 8	6			1, 9, 10	8	4	6	

	литейного производства алюминия									
4	Вопросы экологии при производстве алюминия	9, 10, 11, 12	12			11	2	1, 3, 4	20	Тест, Доклад
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		36				36		108	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Основы электрометаллургии	Электрометаллургией называется наука, изучающая закономерности получения металлов с помощью электрического тока. Теоретической основой электрометаллургии является электрохимия, рассматривающая закономерности взаимного превращения электрической и химической форм энергии. Электрохимия – часть химии, изучающая превращения веществ на границе раздела проводник электричества первого рода – проводник электричества второго рода, происходящее с участием свободных электронов. Электрохимия занимается изучением закономерностей, связанных с взаимным превращением химической и электрической форм энергии. Такое определение предмета основано на том, что в результате протекания химических реакций можно получить электрическую энергию. С другой стороны, затрачивая электрическую энергию от внешнего источника тока можно провести те же реакции, но в обратном направлении, т.е. осуществить химическое превращение. Электрохимия – строгая наука, устанавливающая количественные закономерности между химическими, поверхностными и электрическими свойствами различных систем. Особенности электрохимических реакций состоят в том, что эти реакции гетерогенны. Электрохимические реакции протекают не на любой гетерогенной границе, а на такой, где электронная проводимость электрического тока заменяется ионной проводимостью.
2	Современное состояние производства алюминия.	Алюминиевая промышленность является наиболее крупной отраслью цветной металлургии. Объем производства алюминия намного опережает выпуск всех остальных цветных металлов и уступает только производству стали. В России ОК "РУСАЛ" - крупнейшая и единственная компания

		по производству алюминия, глинозема, фтористых солей и продукции из алюминия. "РУСАЛ" конкурирует с китайской компанией "Chalko".
3	Теоретические основы получения алюминия электролитическим способом	Для производства алюминия применяют высшие сорта глинозема, производимого из бокситов. В настоящее время в промышленных масштабах для электролитического производства алюминия в качестве электролита применяют солевой расплав - расплав криолита, содержащий растворенный глинозем. Криолит Na_3AlF_6 - комплексная соль, состоящая из фторидов натрия и алюминия ($3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$). Фтористый алюминий (AlF_3) имеет кристаллическую решетку. Вводятся добавки для улучшения физико-химических свойств расплава (CaF_2 , MgF_2 , NaCl , LiF). Основные термодинамические и кинетические свойства электролита. Термодинамика основных реакций. Механизм катодного и анодного процессов. Строение криолит-глиноземных расплавов.
4	Конструкция электролизеров для получения алюминия. Технология электролиза	Любая электролизная ванна, в которой производят алюминий, независимо от ее конструкции и мощности, состоит из металлического кожуха, футерованного внутри огнеупорным кирпичом и углеродистыми материалами; - проводящей ток угольной подины, служащей катодом (катодное устройство); - анодного узла; - ошиновки (анодной и катодной); - механизма подъема анода; - специальных укрытий с системой отсоса для улавливания и удаления газов. Экологически более безопасными электролизерами являются ванны с предварительно обожженными анодами (ОА). Анодный эффект. Состав анодных газов, взаимодействие газов с электролитом. Выход по току, влияние различных факторов на выход по току. Влияние примесей и добавок в электролит на показатели электролиза. Конструктивный расчет электролизера, баланс фтора, материальный баланс. Основные технологические операции по обслуживанию электролизеров. Основные нарушения процесса электролиза. Разливка. Марки алюминия-сырца.
5	Альтернативные способы получения алюминия	Субгалогенидный процесс. Восстановление хлорида алюминия марганцем («ТОТН»- метод). Электролиз хлорида алюминия (метод фирмы «Алкоа»). Получение алюминия на галлиевом катоде. Рафинирование алюминия и получение сверхчистого алюминия. Электротермическое получение алюминиевокремниевых сплавов.

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
---	------	--------------------

1	Аноды электролизеров производства алюминия	Наиболее в качестве анода для получения алюминия электролизом подходящими по физико-химическим свойствам являются углеродистые материалы. Анодное устройство ванн с анодом Содерберга. Сырье для получения анодной массы, технологическая схема ее получения. Физико-химические процессы в теле анода при его формировании. Технология «сухого» анода. "ЭкоСодерберг". Требования к качеству ОА. Конструктивные особенности анодного узла электролизеров с ОА. Транспортно-технологическая схема производства ОА. Обжиговые печи. Монтаж анодных блоков.
2	Балансы процесса электролиза	Электрический и энергетический балансы. Значение удельного расхода электроэнергии W зависит от величины среднего напряжения на электролизёре. Определение величин потерь напряжения в основных узлах металлургического агрегата (греющее ($U_{гр}$), среднее ($U_{ср}$) и рабочее ($U_{раб}$) напряжения). Энергетические характеристики электролизёра обычно строятся по принципу соответствия расхода энергии её приходу.
3	Оборудование и технологии литейного производства алюминия	Дегазация алюминиевого расплава. Миксеры в алюминиевом производстве. Производство алюминиевой чушки. Производство алюминиевой катанки. Производство крупногабаритных слитков.
4	Вопросы экологии при производстве алюминия	Типы выбросов экологически вредных веществ при электролизе; пути их снижения. Твердые отходы производства алюминия. Утилизация отработанной футеровки электролизеров. Существуют различные способы переработки отходов отработанной футеровки и утилизации её в смежных отраслях промышленности, включающие нейтрализацию цианидов и водорастворимых фторидов. Имеются также способы, ориентированные на извлечение полезных веществ, например, фторидов и их использование в производстве алюминия. Вопросы экологии при производстве обожженных анодов. Инертный анод.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических
---	---	----------------------

		часов
1	Конструктивный расчет электролизера с предварительно обожженными анодами	6
2	Баланс фтора	4
3	Материальный баланс процесса электролиза	4
4	Решения задач по расчету основных показателей электролиза	2
5	Технологические операции при обслуживании электролизеров	4
6	Изучение физико-химических свойств электролита	4
7	Доклад по теме СРС с использованием презентационных материалов	2
8	Основные химические реакции электролиза криолит-глиноземных расплавов	2
9	Контроль качественных характеристик сырьевых материалов, поступающих в процесс электролиза	4

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Структура алюминиевых сплавов	2
2	Электрический расчет электролизера на ваннах с предварительно обожженными анодами	4
3	Тепловой баланс электролизера с предварительно обожженными анодами	4
4	Материальный и тепловой балансы прокаточных печей	4
5	Материальный и тепловой балансы открытой печи обжига	4
6	Дробильно-размольное оборудование. Конструкции смесительных машин	4
7	Расчет потребности корпуса электролиза в обожженных анодах	2
8	Расчет индукционной печи анодно-монтажного отделения	4
9	Дефекты при производстве продукции из алюминия и алюминиевых сплавов	2
10	Составление и расчёт шихты, материального и теплового баланса плавки алюминиевых слитков	4
11	Доклад по теме СРС с использованием презентационных материалов	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических
----------	----------------	-----------------------------

		часов
1	Выполнение письменных творческих работ (писем, докладов, сообщений, ЭССЕ)	6
2	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	13
3	Подготовка к зачёту	6
4	Подготовка к практическим занятиям	4
5	Подготовка презентаций	10
6	Проработка разделов теоретического материала	5

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	12
2	Подготовка к практическим занятиям	18
3	Подготовка презентаций	10
4	Проработка разделов теоретического материала	22
5	Решение специальных задач	10

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: тренинг, групповая дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Цель - формирование в ходе занятий компетенций, развитие навыков металлургических расчетов.

Задание на СРС

Изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего практического занятия.

Рекомендации к выполнению задания

При подготовке к практическому (семинарскому) занятию следует в первую очередь рассмотреть вопросы по теме занятия. При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать литературу, указанную преподавателем, в объеме изучаемой темы. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Выполнение письменной творческой работы (ЭССЕ)

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение письменной работы (Эссе) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемой литературы, информационных ресурсов. После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра обучающийся должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду самостоятельной

работы.

Вопросы для контроля (необходимо кратко отразить в Эссе):

1. Современное состояние алюминиевой отрасли России.
2. Компания «РУСАЛ» - крупнейший производитель алюминия.
3. Проблемы алюминиевой отрасли

Производство алюминия и магния и проектирование цехов [Электронный ресурс] : методические указания для самостоятельной работы / Н.В. Немчинова, А.А. Петровский / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 17 с.

Производство алюминия и магния и проектирование цехов [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению курсового проекта / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 60.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 5 | Эссе

Описание процедуры.

Тема (раздел)

№2 (7 семестр) «Современное состояние производства алюминия электролитическим способом»

Описание процедуры:

На последней неделе семестра обучающийся должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду самостоятельной работы (текст Эссе должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4, иметь титульный лист; объем - до 2-стр). Допускается сдача Эссе преподавателю в электронном виде.

Критерии оценивания.

Оформление Эссе в соответствии с СТО.005-2020. Полнота раскрытия предложенных вопросов. Обязательное личное мнение об отрасли

6.1.2 семестр 5 | Решение задач

Описание процедуры.

По данной тематике разделов дисциплины обучающимся после разбора примера решения задачи на практическом занятии выдается индивидуальное задание (согласно варианту по списку в группе) для самостоятельного выполнения задания..

В конце семестра обучающийся сдает преподавателю выполненное задание.

Критерии оценивания.

Правильность решения задачи (сходимость статей прихода и расхода, например)

6.1.3 семестр 5 | Тест

Описание процедуры.

При подготовке к тестированию самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и

прочитать конспект лекционного материала (презентации).

Пример теста (по разделу "Состав и свойства электролита электролизных ванн"):

Вариант

1. Найти неточность в требованиях к электролиту алюминиевых электролизеров:

А) плотность электролита в расплавленном состоянии должна быть выше, чем у жидкого алюминия;

Б) электролит не должен быть гигроскопичным;

В) компоненты электролита не должны химически взаимодействовать с футеровкой электролита.

2. Среди указанных компонентов электролита найти соединение, обладающее высоким давлением насыщенного пара:

А) NaF; Б) AlF₃; В) Na₃AlF₆.

3. Какое криолитовое отношение имеет электролит алюминиевых электролизеров большинства российских заводов:

А) 2,2-2,4; Б) 2,6-2,8; В) 3,0.

4. Какова должна быть скорость охлаждения криолито-глиноземного расплава при определении температуры начала его кристаллизации:

А) медленной;

Б) быстрой;

В) не имеет значение какой.

5. Какой из компонентов электролита является поверхностно-активным, т.е. обладает значениями краевого угла смачивания θ 90°:

А) AlF₃; Б) NaF; В) CaF₂.

6. Что происходит с коэффициентом диффузии D ионов F⁻ в системе «NaF - AlF₃» при переходе от чистого фторида натрия к криолиту:

А) почти не меняется;

Б) увеличивается;

В) уменьшается.

7. Найти неточность при описании строения криолит-глиноземных расплавов:

А) при переходе от моноклинной к кубической кристаллической решетке расстояние между ионами Na⁺ и F⁻ в криолите увеличивается, что приводит к его диссоциации;

Б) пример образования оксифторидного комплекса в системе «Na₃AlF₆ – Al₂O₃»:

Na₃AlF₆ + Al₂O₃ = 3NaAlOF₂;

В) образующиеся в системе «Na₃AlF₆ – Al₂O₃» оксифторидные комплексы имеют строго определенный состав.

8. Какова роль вводимого в электролит CaF₂:

А) снижает температуру плавления электролита;

Б) повышает электропроводность электролита;

В) снижает вязкость электролита.

Критерии оценивания.

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 50%.

6.1.4 семестр 5 | Доклад

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное подготовку доклада по предложенной тематике, с использованием перечня рекомендуемой литературы, информационных ресурсов. После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра

обучающийся должен представить доклад с использованием презентационного материала. Допускается подготовка презентации 2-4 обучающимися.

Примерная тематика докладов (презентаций):

1. Сырьевая база для получения алюминия.
2. Производство глинозема способом Байера.
3. Получение глинозема методом спекания нефелинов

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

Активная работа обучающегося на занятиях (участие в обсуждении). Ответы на вопросы при обсуждении доклада.

6.1.5 семестр 6 | Тест

Описание процедуры.

При подготовке к тестированию самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и прочитать конспект лекционного материала (презентации).

Пример теста (по разделу «Аноды электролизеров производства алюминия»):

Вариант

1. Какой тип анода имел первый в СССР алюминиевый завод (Волховский), пущенный в 1932 г.:
А) непрерывный самообжигающийся;
Б) непрерывный обожженный;
В) предварительно обожженный.
2. Найти неточность в требованиях к аноду алюминиевых электролизеров:
А) должен иметь по возможности высокое электросопротивление;
Б) должен иметь по возможности высокую механическую прочность;
В) должен иметь по возможности низкую стоимость.
3. Каким способом получают пиролизный кокс:
А) перегонкой нефти при высоком давлении и $t = 5000^{\circ}\text{C}$;
Б) перегонкой нефти при нормальном давлении и $t = 670-7200^{\circ}\text{C}$;
В) путем коксования каменноугольного пека.
4. Что составляет основу каменноугольного пека:
А) водород, углерод, кислород; Б) кислород и углерод; В) водород и углерод.
5. При каком условии может возрасти механическая прочность анодной массы:
А) при повышении содержания в шихте тонких фракций;
Б) при повышении содержания в шихте крупных фракций;
В) при увеличении пористости.

Критерии оценивания.

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 50%.

6.1.6 семестр 6 | Решение задач

Описание процедуры.

По данной тематике разделов дисциплины обучающимся после разбора примера решения задачи на практическом занятии выдается индивидуальное задание (согласно варианту по списку в группе) для самостоятельного выполнения задания..

В конце семестра обучающийся сдает преподавателю выполненное задание. Допускается сдача преподавателю в электронном виде.

Критерии оценивания.

Правильность решения задачи (сходимость статей прихода и расхода, допустимый % невязки и т.п.)

6.1.7 семестр 6 | Доклад

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное подготовку доклада по предложенной тематике, с использованием перечня рекомендуемой литературы, информационных ресурсов. После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра обучающийся должен представить доклад с использованием презентационного материала. Допускается подготовка презентации 2-4 обучающимися.

Примерная тематика докладов (презентаций):

1. Снижение углеродного следа в производстве алюминия.
2. Ресурсосберегающие технологии в литейном производстве .
3. Переработка отработанной футеровки алюминиевых электролизеров

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

Активная работа обучающегося на занятиях (участие в обсуждении). Ответы на вопросы при обсуждении доклада.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-1.3	Демонстрирует знания теории и практики получения алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов; способность выполнять расчеты материальных балансов	Тестирование, собеседование по вопросам к зачету
ПКС-1.5	Демонстрирует знания основных причин нарушения работы металлургического оборудования и технологии электролиза и способов их устранения, знания основных	Тестирование, устное собеседование по вопросам к экзамену

	параметров технологии получения анодов и литейной продукции	
--	---	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет по курсу (семестр №7) состоит из 2-х частей.

1 часть - раздел «Альтернативные способы получения алюминия» обучающийся сдает в виде теста.

2 часть - в виде устного собеседования по одному из теоретических вопросов, вынесенных на зачет.

1.Пример теста

Вариант

1. Выбрать реакцию, описывающую субгалогенидный способ получения алюминия:

А) $2Al + AlX_3 = 3AlX$; Б) $AlCl_3 + Mn = Al + MnCl_2$ В) $FeCl_3 + Al = Fe + AlCl_3$

2. Какой способ получения алюминия (или алюминиевого сплава) предложила фирма «Alcoa»:

А) электротермическое получение Al-Si сплавов;

Б) электролиз хлорида алюминия;

В) получение алюминия с помощью галлиевого катода.

3. На какую силу тока рассчитаны современные электролизеры для электролитического рафинирования алюминия:

А) до 75 кА; Б) до 150 кА; В) до 300 кА.

4. Найти неточность при описании процесса электролитического способа рафинирования алюминия:

А) В четверной системе Al—Cu—Fe—Si, к которой относится анодный сплав, образуется эвтектика с температурой плавления 520°C.

Б) плотность электролита - 2,3 г/см³.

В) В рафинировочном электролизере имеются три расплавленных слоя.

2. Перечень вопросов к зачету:

1. Свойства и применение алюминия.

2. Строение криолитоглиноземных расплавов.

3. Теория получения алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов

4. Напряжение разложения глинозема и фторидов алюминия и натрия.

5. Процессы на аноде и катоде.

6. Влияние добавок на свойства электролита.

7. Конструктивные особенности электролизеров различных типов и показатели их работы.

8. Параметры технологического процесса электролиза и численные их значения.

9. Назвать основные конструктивные узлы алюминиевого электролизера, их назначение.

10. Взаимодействие анодных газов с электролитом и металлом.

11. Баланс фтора: статьи прихода и расхода.

12. Материальный баланс: статьи прихода и расхода

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует знания теории и практики получения алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов; способность выполнять расчеты материальных балансов	Не знает теоретических основ и практики получения алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов; не умеет выполнять расчеты материальных балансов

6.2.2.2 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в виде тестирования по разделу курса и собеседованию по вопросам экзаменационного билета. Для успешной сдачи экзамена обучающемуся заранее выдаются контрольные вопросы.

- Какова должна быть удельная поверхность Al_2O_3 , используемого в системе «сухой» газоочистки на алюминиевых электролизерах с обожженными анодами:
А) не менее 40 м²/г; Б) менее 20 м²/г; В) 7-14 м²/г.
- Найти неточность при описании причин образования газообразных веществ и твердых отходов при производстве алюминия:
А) при анодном эффекте в отходящих газах может содержаться до 30% CF₄ и 1-2% C₂F₆;
Б) ПДК углекислого газа в воздухе рабочей зоны составляет 20 мг/м³;
В) повышенная концентрация цианидов в отработанной футеровке обнаружена вблизи блумсов.
- Как снизить содержание угарного газа в отходящих от алюминиевого электролизера газах:
А) ускорить операцию по перестановке анодов;
Б) применять инертный анод в процессе электролиза;
В) не повышать температуру процесса.
- Какая фирма предложила процесс «КОМПТОР» для разложения цианидов, содержащихся в отработанной футеровке алюминиевых электролизеров:
А) «Alcan»; Б) «Comalko»; В) «Procedair».

2. Примерный перечень вопросов:

- Сырьевые материалы для производства анодной массы.
- Технологическая схема производства анодной массы; параметры процесса, основные показатели.
- Показатели готовой анодной массы для производства обожженных анодов.. 4. Анодное устройство с обожженными анодами.
- Технологическая схема обжига при производстве обожженных анодов.
- Виды печей обжига, требования к готовым анодным блокам.
- Сформулируйте перечень и диапазон значений показателей процесса обжига.
- Требования к анодным блокам.
- Назначение анодно-монтажного отделения
- Инертный анод. "ЭкоСодерберг".
- Причины наиболее часто встречающихся технологических нарушений в работе анода и способы их устранения.
- Характеристика газообразных веществ, образующихся при электролизе криолит-глиноземных расплавов.
- Твердые отходы, образующиеся в процессе электролитического получения алюминия:

характеристики, химический состав.

12. Основные факторы, влияющие на срок службы электролизеров.

13. Пути утилизации отработанной футеровки электролизеров.

14. Тепловой баланс электролизера: статьи прихода и расхода.

15. Основные виды напряжений на электролизере. Греющее напряжение: составляющие.

16. Назовите основные причины нарушения работы металлургических агрегатов и значения технологических параметров, влияющих на эффективность работы предприятия.

17. Структура электролизного цеха.

18. Основное назначение анодно-монтажного отделения.

19. Назначение литейного отделения; марки алюминия, сплавов.

20. Основные принципы ресурсо- и энергосбережения в производстве алюминия.

6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Демонстрирует знания основных причин нарушения работы металлургического оборудования и технологии электролиза и способов их устранения, знания основных параметров технологии получения анодов и литейной продукции	Демонстрирует знания (не в полной мере) основных причин нарушения работы металлургического оборудования и технологии электролиза и способов их устранения, недостаточно глубокие знания, основных параметров технологии получения анодов и литейной продукции	Демонстрирует слабые знания основных причин нарушения работы металлургического оборудования и технологии электролиза и способов их устранения, неполные знания основных параметров технологии получения анодов и литейной продукции	Не знает основные причины нарушения работы металлургического оборудования и технологии электролиза и способов их устранения, не знает основные параметры технологии получения анодов и литейной продукции

7 Основная учебная литература

1. Воскобойников В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев, 2005. - 764.

2. Справочник металлурга по цветным металлам. Производство алюминия / А. А. Костюков [и др.], 1971. - 560.

3. Галевский Г. В. Металлургия алюминия : справочник по технологическим и конструктивным измерениям и расчетам / Г. В. Галевский, М. Я. Минцис, Г. А. Сиразутдинов, 2013. - 234.

4. Металлургия алюминия [Электронный ресурс] / Ю. В. Борисоглебский [и др.], 1999. - 438.
5. Электрометаллургия алюминия : учебное пособие для вузов по специальности "Металлургия цветных металлов" / И. С. Гринберг [и др.], 2009. - 403.
6. Теория металлургических процессов : учебник для вузов по направлению 150100 "Металлургия", специальность 150102 "Металлургия цветных металлов" / Г. Г. Минеев [и др.]; под общ. ред. Г. Г. Минеева, 2010. - 522.
7. Жучков И. А. Основы теории электрометаллургических процессов : учебное пособие для заочной формы обучения по специальности 110200 "Металлургия цветных металлов" / И. А. Жучков, 2000. - 106.
8. Исследование литейных процессов : учебное пособие по специальности 150104 "Литейное производство черных и цветных металлов" / А. А. Усольцев [и др.], 2013. - 194.
9. Кузьмина М. Ю. Физико-химические основы литейного производства : учебное пособие / М. Ю. Кузьмина, М. П. Кузьмин, 2018. - 175.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Троицкий И. А. Металлургия алюминия : учебное пособие для техникумов / И. А. Троицкий, В. А. Железнов, 1977. - 392.
2. Сандлер Роальд Александрович. Электрометаллургия алюминия и магния : учеб. пособие / Роальд Александрович Сандлер, Аркадий Хаимович Ратнер, 1983. - 94.
3. Троицкий И. А. Металлургия алюминия : учебное пособие для техникумов цветной металлургии / И. А. Троицкий, В. А. Железнов, 1984. - 398.
4. Ветюков Михаил Михайлович. Электро-металлургия алюминия и магния : учеб. для вузов по спец "Металлургия цветных металлов" / Михаил Михайлович Ветюков, Анатолий Михайлович Цыплаков, Сергей Николаевич Школьников, 1987. - 320.
5. Справочник металлурга. Производство алюминия и сплавов на его основе / И.С. Гринберг [и др.], 2005. - 691.
6. Янко Э. А. Аноды алюминиевых электролизеров / Э. А. Янко, 2001. - 670.
7. Колодин Э. А. Производство обожженных анодов алюминиевых электролизеров / Э. А. Колодин, В. А. Свердлин, Р. В. Свобода, 1980. - 84.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)
2. Microsoft Windows Seven Professional (Microsoft Windows Seven Starter) - Seven, Vista, XP_prof_64, XP_prof_32 - поставка 2010

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор "Epson EB-S18"