Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов (129)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры металлургии цветных металлов
Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«МЕТАЛЛУРГИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Электрометаллургия алюминия

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Немчинова Нина Владимировна Дата подписания: 29.05.2025	Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Немчинова Нина Владимировна Дата подписания: 29.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Металлургия тяжелых цветных металлов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-4 Способность осуществлять, анализировать и корректировать процессы металлургической переработки металлсодержащих руд и вторичного сырья, а также получения первичного алюминия и(или) производства обожженных анодов и(или) литейного производства	ПКС-4.7
ПКС-6 Готовность использовать физико-математический аппарат при решении задач, возникающих в ходе изучения процесса электролитического получения алюминия	ПКС-6.4

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-4.7	Демонстрирует способность осуществлять и корректировать процессы переработки руд тяжелых цветных металлов	**Знать** основные параметры, оказывающие влияние на эффективность металлургических процессов переработки руд тяжелых цветных металлов и диапазоны их оптимальных значений; основные причины нарушений работы технологических процессов в металлургии **Уметь** применять полученные знания об условиях протекания технологических процессов переработки руд тяжелых цветных металлов для обеспечения правильного ведения технологического процесса **Владеть** навыками корректировки технологических процессов получения тяжелых цветных металлов в случаях нарушения технологии производства
ПКС-6.4	Осуществляет расчеты плавильных и нагревательных печей	**Знать** математические приемы для расчета процессов и печей цветной металлургии **Уметь** проводить расчеты **Владеть** навыками использования основных методов математического аппарата при выполнении металлургических расчетов

		процессов и аппаратов, используемых в металлургии тяжелых цветных металлов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Металлургия тяжелых цветных металлов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Аналитическая и физическая химия», «Математика», «Металлургические технологии», «Металлургическая теплотехника», «Теория пирометаллургических процессов», «Теория электрометаллургических процессов», «Теория гидрометаллургических процессов», «Оборудование металлургического производства и защита металлов от коррозии», «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика»

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

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 5 ЗЕТ

Вид учебной работы	**Трудоемкость в академических часах** (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	80	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа	Экзамен, Курсовая работа

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ 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	Общие вопросы металлургии тяжелых цветных металлов: принципы и методы	1	4			6	2	2, 4, 5, 7	20	Реферат

	получения меди и никеля; свойства и применение									
2	Пирометаллургия сульфидных медных, медно-никелевых руд и концентратов, окисленных никелевых руд. Конвертирование медных, никелевых и медно-никелевых штейнов.	2, 3	14			1, 2, 3	10	5	10	Тест
3	Рафинирование меди.							8	4	Тест
4	Свойства, производство и применение цинка. Обжиг цинковых сульфидных концентратов. Гидрометаллургия цинка	4	2	1, 2, 3	12	4	2	3, 3, 5, 6, 6	14	Отчет по лабораторной работе
5	Свойства, сырьевая база, производство и применение свинца. Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов.	5	4					1, 9	24	Тест
6	Способы получения свинца	6	2	4	4			3, 6	4	Отчет по лабораторной работе
7	Рафинирование чернового свинца	7	6			5	2	5, 9	4	Тест
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая работа
	Всего		32		16		16		116	

4.2 **Краткое содержание разделов и тем занятий**

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие вопросы металлургии тяжелых цветных металлов: принципы и методы получения меди и никеля; свойства и применение	К тяжелым цветным металлам относятся металлы с плотностью 7-11 г/см3 – свинец, цинк, медь, никель, олово. Они являются наиболее массовыми по объемам производства металлами в мире. Сырьем для получения меди служат руды, продукты их обогащения – концентраты, а также амортизационный лом и отходы (вторичное сырье). Медные руды всегда полиметаллические. Ценными спутниками являются около 30 элементов. Никелевые заводы перерабатывают два

		типа руд: окисленные никелевые (ОНР) и сульфидные медно-никелевые. Вторичное сырье. Топливо (в металлургии стремятся использовать качественное топливо с высокой теплотворной способностью и низким содержанием золы: природный газ, мазут, кокс), огнеупорные материалы (классифицируют по огнеупорности, химико-минералогическому составу, химической стойкости), флюсы (используют, как правило, кварц, известняк, железную руду). Тяжелые цветные металлы получают пиро- и гидрометаллургическим способами. Для всех медных и никелевых предприятий характерны многоступенчатые технологические схемы. В основе любого металлургического процесса лежит принцип перевода обрабатываемого сырья в гетерогенную систему, состоящую из двух, трех, а иногда и более фаз, которые должны отличаться друг от друга составом и физическими свойствами. При этом одна из фаз должна обогащаться извлекаемым металлом и обедняться примесями, а другие фазы, наоборот, обедняться основным компонентом. В каждой из последовательно проводимых технологических операций постепенно повышают концентрацию меди в основном металлсодержащем продукте за счет отделения пустой породы и сопутствующих элементов, главным образом железа и серы. На практике удаление железа и серы осуществляют за счет их окисления в три (обжиг, плавка, конвертирование), в две (плавка, конвертирование) или в одну стадию. Медь - элемент I группы Периодической системы элементов; порядковый номер 29; атомная масса - 63,546; плотность - 8,92 г/см3; tпл =1083°С; tкип = 2595°С. Медь обладает высокой тепло- и злектропроводностью и легко подвергается пластической обработке. Никель – металл подгруппы железа. Устойчивая его валентность равна 2. Обладает высокой прочностью и пластичностью, хорошо обрабатывается и в холодном и в горячем состоянии. В химическом отношении малоактивен. tпл =1455°С, tкип = 2900°С. Плотность литого никеля - 8,8 г/см3.Медь применяется в электротехнике и электронике, машиностроении, транспорте, строительных материалах, химической промышленности, в изделиях и приборах бытового назначения, сельском хозяйстве. Ni - основной элемент, добавки которого улучшают свойства стали (ее

		прочность и вязкость при повышенной температуре). Сплавы никеля с железом (8-80% Ni) - нержавеющие и жаропрочные. Железо-медно-никелевые сплавы используют для изготовления нагревательных элементов электропечей. Никель используют для покрытия (никелирования) других металлов.
2	Пирометаллургия сульфидных медных, медно- никелевых руд и концентратов, окисленных никелевых руд. Конвертирование медных, никелевых и медно-никелевых штейнов.	Применяют следующие процессы плавки на штейн: отражательная плавка сырых (необожженных) концентратов или огарка; плавка в руднотермических электрических печах; плавка в шахтных печах руды или концентрата после предварительного окускования путем брикетирования или агломерации; процесс «Норанда»; процесс «Мицубиси»; кислородно-факельная плавка (КФП); взвешенная (финская) плавка (Оутокумпу); плавка Ванюкова. Цель шахтной плавки ОНР – максимальное извлечение никеля и кобальта в штейн и ошлакование пустойпороды. В шахтной печи при восстановительно- сульфидирующей плавке протекают следующие основные физико-химические процессы: сжигание топлива; восстановление и сульфидирование оксидов; штейно- и шлакообразование; разделение шлака и штейна. Наибольшее распространение в мире для переработки ОНР получила электроплавка на ферроникель. Конвертирование – окислительный процесс, заключающийся в обработке сульфидных расплавов кислородсодержащими газами (воздух, кислородно-воздушная смесь) с целью количественного удаления железа, а также частично или полностью и серы. при конвертировании медных штейнов удаляют примеси серы и получают черновую медь, содержащую менее 1 % примесей. При конвертировании медно-никелевых штейнов имеют другую цель – получение медно-никелевого файнштейна, представленного преимущественно сульфидами меди Cu2S и никеля Ni3S2. Никелевые штейны отличаются содержанием до 20 % никеля и железа в форме металлической фазы. Целью конвертирования является получение никелевого файнштейна с минимальным содержанием железа.
3	Рафинирование меди.	Более 95% выплавленной черновой меди в настоящее время подвергают двухстадийному рафинированию. Цель операции огневого рафинирования – подготовить черновую медь к электролитическому рафинированию:- удалить

		вредные примеси (кислород, серу, железо, никель, цинк, свинец, мышьяк, сурьму, растворенные газы); - получить отливки меди в форме плотных ровных пластин постоянной массы. В результате огневого рафинирования содержание меди в анодах повышается до 99,4-99,6 %. Цель электролитического рафинирования – получениемеди, удовлетворяющей по электропроводности требованиям международного стандарта (1,724 · 10-6 Ом·см). Такая медь содержит обычно более 99,96 % меди, около 0,02 % кислорода и 0,02 % нормируемых в сумме девяти примесей.
4	Свойства, производство и применение цинка. Обжиг цинковых сульфидных концентратов. Гидрометаллургия цинка	Цинк – элемент II группы периодической таблицы Д.И. Менделеева, металл синевато-белого цвета, атомный номер 30, атомная масса 65,38, валентность - 2. Zn =7,14 г/см3; tпл =419,4°С, tкип = 906°С.Холодный цинк хрупкий и не прокатывается. Цинк – сильно летучий металл. Стандартный электродный потенциал цинка = -0,763 В. Zn – самый электроотрицательный металл из тяжелых цветных металлов и вытесняет их из раствора. Сырьем являются полиметаллические руды, содержащие кроме Zn, медь, свинец, благородные металлы, редкие и рассеянные элементы, минералы железа, алюминия, кремния, кальция, магния и др. Различают сульфидные и окисленные цинксодержащие руды. Zn получают пиро- и гидрометаллургическим способами. Крупнейшими производителями цинка являются: Китай, Канада, Австралия. Крупнейшими потребителями цинка являются Китай; США; Япония; Германия; Великобритания; Франция; Бельгия, Канада, Италия, Австралия, Индия.Мировое потребление цинка по основным областям применения в среднем распределяется следующим образом (% от общего потребления): оцинкование стали – 36, производство латуни и бронзы – 26, фасонное литье под давлением – 26, цинковый прокат – 3, химические товары (в том числе цинковые белила) – 6,5. При окислительном обжиге окисление сульфидов металлов состоит из следующих основных стадий:1) внешней диффузии кислорода из газового объёма к поверхности сульфидов; 2) адсорбции молекулярного кислорода на поверхности сульфидов и диссоциации его при каталитическом действии поверхности на атомарный кислород; 3) диффузии кислорода внутрь решётки сульфида;4) образования первичных соединений при взаимодействии

		сульфида с атомарным кислородом; 5) химического взаимодействия образовавшегося промежуточного продукта (сульфата) с сульфидом с получением оксида и выделением (десорбции) SO2; 6) химического взаимодействия поверхностной плёнки оксида с сернистым ангидридом с образованием вторичного сульфата.Для обжига концентратов используют преимущественно печи «кипящего слоя (КС)». Этот способ обжига отличает высокая производительностью, стабильный режим обжига, высокое качеством огарка, автогенность процесса с высокой степенью утилизации технологического тепла, простотой обслуживания и большой длительностью кампании печей «КС», высокой концентрации SO2 в отходящих газах. Цель выщелачивания - максимальное извлечение в раствор цинка и некоторых сопутствующих ему ценных компонентов при минимальном загрязнении раствора примесями, вредными для последующих операций отделения твердого от жидкого и электроосаждания цинка. Выщелачивание цинкового огарка ведут разбавленным раствором серной кислоты (120-140 г/дм3 H2SO4) при температуре 65-70°C:ZnO + H2SO4 = ZnSO4 + H2O.Для выделения примесей из раствора сульфата цинка используют различные методы: гидролитический, цементационный, химический, электролитический.Для осуществления процессов выщелачивания цинкового огарка и очистки растворов от примесей используют стандартное гидрометаллургическое оборудование: агитаторы, пачуки, сгустители для разделения пульп и фильтры различной конструкции. Выделение цинка из очищенного раствора сульфата цинка с получением готового продукта осуществляют методом электролиза. Для осуществления процесса подводят электрический ток к электродам электролизной ванны: катодам (алюминиевым) и анодам (свинцовым). На катоде идет восстановление ионов Zn2+ из раствора до металлического состояния: Zn2+ + 2e → ZnO. На аноде электрическая энергия расходуется на разложение воды с образованием газообразного кислорода: H2O – 2e → 0,5O2 + 2H . Ванны для электролиза цинка изготовляют в основном из железобетона. Их располагают в здании цеха рядами по 20-30 ванн. Катодные Zn листы переплавляют в индукционных печах с добавкой флюса – хлористого аммония (0,5-0,6% от массы

		цинка). Выход чушкового цинка от массы загружаемого катодного осадка – около 98%. Разливку металла проводят на карусельных или прямолинейных разливочных машинах.
5	Свойства, сырьевая база, производство и применение свинца. Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов.	Свинец – элемент IV группы периодической таблицы, атомный номер 82, атомная масса 207,19, валентность 2 или 4. tпл свинца 327,4°С, tкип - 1745°С, плотность свинца - 11,336 г/см3. В химическом отношении свинец достаточно инертен. Сырьем являются полиметаллические руды, содержащие кроме Pb, медь, цинк,благородные металлы, редкие и рассеянные элементы, минералы железа, алюминия, кремния, кальция, магния и др. Различают сульфидные и окисленные свинецсодержащие полиметаллические руды. Основной способ получения свинца – пирометаллургический.Основными производителями Pb за рубежом являются: Китай, США, Перу, Канада, Швеция, Австралия, Мексика. Основные потребители свинца – США,Великобритания, Германия, Япония, Франция, Италия, Испания. Главный потребитель свинца - аккумуляторная промышленность. Для этой цели тратится 30-45% производимого Pb. 15-20% Pb идет на нужды электротехнической промышленности, хорошие антикоррозионные свойства Pb позволяют использовать его в химической и металлургической промышленности. В виде сплавов с другими металлами потребляются от 5 до 15 % Pb. Назначение агломерирующего обжига – подготовить свинцовый концентрат к шахтной плавке на черновой свинец. Цель: 1) удаление из концентрата серы путем окисления сульфидного сырья кислородом воздуха (оптимальная степень десульфуризации при обжиге колеблется от 60 до 85 % и зависит от химического состава свинцовых концентратов); 2) окускование мелкого материала и получение пористого, газопроницаемого, прочного агломерата пригодного для плавки в шахтной печи; 3) перевод ценных летучих компонентов концентрата в газовую фазу с последующим извлечением их из обжиговых газов (S, As, Sb, Cd и редкие металлы). Получаемый при обжиге агломерат должен обладать следующими качествами: высокой прочностью; хорошей пористостью (суммарный объем пор 65-75%); однородностью по химическому и гранулометрическому составу; содержание серы -

		1,5-2,5%, свинца 45-55%; иметь температурный интервал размягчения 950-1000°С.
6	Способы получения свинца	Пирометаллургические способы получения свинца (осадительная, реакционная плавка, КИВЦЭТ-процесс). Шахтная восстановительная плавка – универсальный способ получения свинца. Цели: получить максимальное количество свинца в виде чернового металла, содержащего Au, Ag, Cu, Bi, Sb, As, Sn, Te; ошлаковать пустую породу и перевести в шлак максимальное количество цинка. Исходными материалами для плавки являются свинцовый агломерат, кокс и воздух. Агломерат содержит свинец, сопутствующие металлы (медь, цинк, золото, серебро, висмут и т.д.) и все необходимые компоненты для образования шлака. Загрузка агломерата и кокса в печь осуществляется послойно. Продуктами шахтной восстановительной плавки являются: черновой свинец, шлак, штейн, шпейза и пыль. В черновом свинце может содержаться, %: 92-98 Pb; 1-5 Cu; 0,5-2 As; 0,5-2 Sb; 0,1-0,2 Bi; 0,01-0,05 Te; 1000-1500 г/т Ag; 50-100 г/т Au. Общее содержание примесей достигает от 2 до 10 %.
7	Рафинирование чернового свинца	Конечная степень очистки от основных примесей регламентируется ГОСТ 3778-98. Рафинирование чернового свинца от примесей проводят одним из двух методов: пирометаллургическим или электролитическим (в водных растворах).При пирометаллургическом рафинировании, осуществляемом в рафинировочных стальных котлах, из чернового свинца последовательно удаляют металлы: - медь ликвацией и с помощью обработки расплава элементарной серой; - теллур с помощью металлического натрия в присутствии едкого натра; - мышьяк, сурьму и олово в результате окислительных операций; - серебро и золото с помощью металлического цинка;- цинк окислением в свинцовой ванне или в щелочном расплаве, вакуумированием и другими способами; - висмут удаляют металлическим кальцием, магнием, сурьмой, при этом происходит загрязнение свинца этими металлами;- качественное рафинирование от кальция, магния и сурьмы.На каждой стадии рафинирования образуются съемы (промежуточные продукты), в которые переходят примеси и часть свинца. Их подвергают самостоятельной переработке.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Обжиг сульфидных цинковых концентратов	2
2	Выщелачивание цинкового огарка и очистка раствора от примесей	6
3	Электролитическое осаждение цинка из сернокислых растворов	4
4	Восстановительная плавка свинцового агломерата	4

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет рационального состава сульфидного медного концентрата	2
2	Расчет рационального состава штейна, кварцевого флюса при конвертировании медного штейна	4
3	Расчет рудотермической печи плавки медных и медно-никелевых руд	4
4	Задачи по гидрометаллургии цинка	2
5	Задачи по рафинированию чернового свинца	2
6	Экстракционная установка для выделения меди из растворов	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	22
2	Написание реферата	10
3	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	8
4	Подготовка к контрольным работам	2
5	Подготовка к практическим занятиям	16
6	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	8
7	Решение специальных задач	6
8	Тест (СРС)	4
9	Тестирование по разделам дисциплин	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: тренинг, компьютерная симуляция, 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 курсовому проектированию/работе:

Металлургия тяжелых цветных металлов : методические указания по выполнению курсовой работы / Н.В. Немчинова, С.С. Бельский/ Иркут. гос. техн. ун-т, 2015. - 30 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Металлургия тяжелых цветных металлов: метод. указании к практическим занятиям /сост. Н.В. Немчинова, С.С. Бельский. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 52 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Металлургия тяжелых цветных металлов : метод. указания по выполнению лабор. работ. /сост. Н.В. Немчинова. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001. – 49 с.
Металлургия тяжелых цветных металлов : метод. указания по выполнению лабораторных работ / сост. Н.В. Немчинова, С.С. Бельский. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 43 с.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Металлургия тяжелых цветных металлов : метод. указания по самостоятельной работе студентов / сост. Н.В. Немчинова, А.В. Аксенов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. – 16 с.

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 7 | Реферат

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение письменной работы (реферата) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемых литературы и информационных ресурсов. В начале семестра обучающийся выбирает одну из предложенных тем для написания реферата (согласно порядковому номеру в списке группы). После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра студент должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду самостоятельной работы в виде реферата (текст реферата должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4). Допускается подготовка реферата в соответствии с СТО.005-2020 и сдача его преподавателю в электронном виде.
Примерная тематика рефератов
1. Медные минералы и руды; комплексность медного сырья.
2. Отражательная плавка; особенности конструкции отражательной печи.
3. Химизм отражательной плавки; характеристика продуктов отражательной плавки.
4. Пиритная плавка медных руд, особенности полупиритной плавки.
5. Научные основы и практика автогенных процессов. Плавка во взвешенном состоянии на кислородном (подогретом) дутье; плавка в расплавах.
6. Сущность процессов огневого рафинирования меди (теория, практика). Производство вайербарсов.
7. Сущность электролитического рафинирования меди. Практика электролитического рафинирования меди.
8. Никелевые руды и минералы; комплексность медно-никелевых сульфидных руд.
9. Сущность восстановительно-сульфидирующей плавки никелевых окисленных руд.

10. Особенности шахтной плавки окисленных никелевых руд (конструкция печи, химизм процесса).
11. Теория и практика конвертирования никелевых штейнов.
12. Сущность и практика электролитического рафинирования никеля.
13. Очистка никелевого электролита от основных примесей (Fe, Cu, Co, Zn).
14. Цели и методы гидрометаллургического производства в металлургии никеля (сернокислотное и аммиачное выщелачивание).
15. Электролитическая переработка медно-никелевых сульфидных руд. Особенности конструкции рудно-термических печей.
16. Поведение благородных металлов при переработке медных и медно-никелевых сульфидных руд.
17. Плавка во взвешенном состоянии на подогретом дутье сульфидных медно-никелевых концентратов.
18. Гидрометаллургия меди – преимущества и недостатки.
19. Устройство экстракционной установки.
20. Характеристика различных флюсов, используемых в производстве меди и никеля. Их роль в процессах плавки.
21. Устройство автоклава.

Рекомендуемая литература по каждой теме реферата представлена в методических указаниях по СРС.

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для написания реферата; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления

6.1.2 семестр 7 | Тест

Описание процедуры.

Тематика тестов:
Пирометаллургия сульфидных медных, медно-никелевых руд и концентратов, окисленных никелевых руд, №5. Конвертирование медных, никелевых и медно-никелевых штейнов
Рафинирование меди
Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов
Рафинирование чернового свинца

При подготовке к тестированию самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и прочитать конспект лекционного материала.
Пример теста (по разделу «Рафинирование меди»):
Вариант
1. Найти неточность при описании процесса огневого рафинирования меди:
А) В результате огневого рафинирования содержание меди в анодах повышается до 99,96-99,98 %.
Б) Огневому рафинированию подвергают расплавленную медь.
В) Процессы окисления меди ведут при 1150-1170°С.
Г) Для огневого рафинирования черновой меди в основном применяют стационарные отражательные печи, наклоняющиеся печи конвертерного типа и вращающиеся печи барабанного типа.

2. Какова продолжительность огневого рафинирования меди:
А) 1-2 ч; Б) от 12 до 32 ч; В) 1,5-2 сут; Г) 9-10 ч.
3. Выберите материал, который не используют в качестве восстановителя Cu2O при осуществлении дразнения на ковкость:
А) водород; Б) твердый углерод; В) каменный уголь; Г) угарный газ.
4. Правильно выберите слово (из предлагаемых в скобках) в следующей фразе: «В ряду элементов, входящих в состав черновой меди, сродство к кислороду при температурах процесса … (убывает/возрастает) в направлении от алюминия к золоту».
5. Назовите продукт, в который при электролитическом рафинировании меди переходят примеси золота и серебра …
А) шлам; Б) электролит; В) катодный металл.
6. Найдите лишний материл, из которого изготавливают тонкие катодные основы для электролитического рафинирования Cu:
А) электролитная медь; Б) титан; В) нержавеющая сталь; Г) свинец.
7. Какой из элементов, являясь более электроотрицательным элементом по сравнению с медью, при рафинировании не переходит в электролит, а осаждается в шлам:
А) железо; Б) цинк; В) никель.

Критерии оценивания.

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

6.1.3 семестр 7 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Перед проведением лабораторных работ все обучающиеся обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и строго их выполнять. К выполнению лабораторных работ допускаются обучающиеся, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и сделав соответствующую запись в журнале по ТБ в аудитории, предназначенной для проведения лабораторных работ по данной дисциплине.
1. Задание на выполнение лабораторной работы обучающийся получает на предыдущем занятии. При подготовке к лабораторной работе обучающийся обязан ознакомиться с её содержанием, повторить или изучить теоретический материал, относящийся к работе, используя рекомендуемую литературу, понять цель и задачи работы.
2. К началу занятий должна быть подготовлен шаблон отчета по лабораторной работе, в который необходимо необходимые расчётные формулы, подготовить таблицы для наблюдений.
3. Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, схему установки и краткое описание методики проведения работы, таблицу с опытными и расчётными данными; графики (там, где это требуется), справочные данные, выводы по работе. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению лабораторных работ и требованиями СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ» (в рукописном виде)
4.На следующем занятии отчёт предоставляется преподавателю для проверки. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.
Вопросы для контроля (на примере лабораторной работы «Обжиг сульфидных цинковых

концентратов»):
1. Цель окислительного обжига цинковых концентратов.
2. Десульфуризация при обжиге.
3. Назовите основные химические реакции при окислительном обжиге цинковых концентратов.
4. Температура обжига и температура воспламенения сульфидов.
5. Условия проведения обжига.
6. Устройство печи кипящего слоя.
7. Результаты эксперимента.

Критерии оценивания.

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам, приведенным к каждой лабораторной работе в методических указаниях. Подробное описание лабораторных работ и вопросы к защите отчета представлены в методических указаниях

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-4.7	Демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей применяемых технологических процессов получения тяжелых цветных металлов и режимы проведения технологических операций, а также демонстрирует знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений.	Тестирование и устное собеседование по вопросам экзаменационного билета
ПКС-6.4	Демонстрирует владение навыками металлургических расчетов, составления балансов технологического процесса, расчетов параметров металлургического оборудования	Защита курсовой работы

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен по курсу состоит из 2-х частей.
1 часть - разделы курса «Пирометаллургия сульфидных медных, медно-никелевых руд и концентратов, окисленных никелевых руд» и «Рафинирование меди» обучающийся сдает в виде тестов в течение семестра на положительную оценку
2 часть – устное собеседование по одному из теоретических вопросов, вынесенных на экзамен.
Если обучающийся в течение семестра неуспешно сдал тест, данная тема также выносится на экзамен в виде теста.

Пример задания:

1.Пример теста
1.Найти соответствие группы в классификации цветных металлов ниже приведенным металлам:

1) малые тяжёлые	А) марганец, хром
2) благородные	Б) никель, медь
3) лёгкие	В) серебро, золото
4) основные тяжёлые	Г) магний, алюминий
	Д) кадмий, сурьма

2.Найти правильное окончание фразы: «Сплав меди с оловом называют …»:
А) силумин; Б) бронза; В) мельхиор.
3.Назовите сульфидный минерал меди:
А) халькопирит; Б) куприт; В) хризоколла.
4.Какое содержание (%) кислорода в технологическом кислороде:
А) 40-50;
Б) 75-80;
В) 94-96.
5. Назовите основные продукты отражательной плавки на штейн медных концентратов:
А) штейн; Б) файнштейн; В) шлак; Г) черновой металл; Д) шлам.
6.Найти правильное окончание фразы: «Температура при электроплавке медных и медно-никелевых концентратов поддерживается за счет тепла, полученного за счет …»:
А) экзотермических реакций;
Б) преобразования электрической энергии в тепловую;
В) преобразования потенциальной энергии в кинетическую.

7. Найти правильное окончание фразы: «Желательным химическим соединением железа, образующимся при окислении сульфидов железа в автогенной плавке, является …»:
А) FeO; Б) 2FeO·SiO2; В) Fe3O4.

2. Вопросы к экзамену
1. Способы получения меди из сульфидных руд.
2. Способы получения никеля из сульфидных медно-никелевых руд.
3. Способы получения никеля из окисленных никелевых руд.
4. Области применения меди, основные сплавы меди.
5. Области применения никеля.
6. Сущность отражательной плавки медных концентратов; основные технологические параметры, показатели процесса.

7. Практика шахтной плавки медного сырья; основные технологические параметры, показатели процесса.
8. Автогенные процессы переработки медьсодержащего сырья.
9. Процесс конвертирования медных штейнов; основные технологические параметры, показатели процесса.
10. Огневое электролитическое рафинирование меди.
11. Карбонильный процесс.
12. Физико-химические свойства цинка и свинца, применение цинка и свинца
13. Назвать типы свинецсодержащих руд, основные минералы.
14. Дать пояснение термину «агломерирующий обжиг», его назначение.
15. Виды агломерационных машин, их достоинства и недостатки.
16. Практика шахтной плавки. Продукты плавки, их состав.
17. Способы получения металлического цинка.
18. Технологическая схема получения цинка гидрометаллургическим способом.
19. Обжиг цинковых концентратов в печах «кипящего слоя».
20. Выщелачивание цинкового огарка серной кислотой, химизм процесса.
21. Анодный и катодный процессы, суммарная электрохимическая реакция получения цинка электролизом раствора сульфата цинка.
22. Переплавка катодного цинка.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	**Хорошо**	**Удовлетворительно**	**Неудовлетворительно**
Демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей применяемых технологических процессов получения тяжелых цветных металлов и режимы проведения технологических операций, а также демонстрирует знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность	Не в полной мере демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей применяемых технологических процессов получения тяжелых цветных металлов и режимы проведения технологических операций, а также демонстрирует неполные знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на	Слабо демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей применяемых технологических процессов получения тяжелых цветных металлов и режимы проведения технологических операций, а также демонстрирует незначительные знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность	Не демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей применяемых технологических процессов получения тяжелых цветных металлов (свинца, цинка) и режимы проведения технологических операций, а также демонстрирует знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных

работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений.	эффективность работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений.	работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений.	значений.

6.2.2.2 Семестр 7, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Для оценки сформированности компетенции необходимо выполнить курсовую работу (по вариантам).
Задания и пример расчета приведены в методических указаниях .
Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям СТО "005-2020 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических направлений подготовки и специальностей".
Содержание курсовой работы
Содержание курсовой работы определяется конкретным заданием, включающим в себя теоретический вопрос и металлургический расчет какого-либо процесса или отдельной операции.
В теоретической части курсовой работы студент должен:

описать химическую сущность процесса;

проанализировать термодинамические и кинетические особенности основных химических реакций изучаемого процесса;

рассмотреть вопросы, связанные с охраной окружающей среды при осуществлении данного металлургического процесса;

дать краткое описание аппаратурного оформления процесса.

В металлургическом расчете студенту необходимо представить таблицы состава исходных и конечных продуктов, материальных и тепловых балансов. Необходимо указать, какие разделы расчета были осуществлены с применением персонального компьютера (какая программа или приложение были использованы).
Рекомендации по выполнению разделов курсовой работы
1. Во введении пояснительной записки курсовой работы необхо-димо дать краткое описание исходного сырья и технологии его перера-ботки.
2. Основная часть курсовой работы – расчет технологического процесса применительно к металлургии тяжелых цветных металлов. Все расчеты проводят по отдельным операциям технологической схемы. Проведенные металлургические расчёты проверяют составлением материальных или тепловых балансов. Любой металлургический расчёт производится на 100 кг исходного сырья.
3. Пояснительная записка курсовой работы должна иметь заключение, в котором студент дает оценку полученным результатам расчета, сравнить расчетные данные с данными реального производственного процесса.

Пример задания:

Расчет агломерирующего обжига сульфидного свинцового концентрата
Все расчеты проводят по отдельным операциям технологической схемы. Проведенные металлургические расчёты проверяют составлением материальных или тепловых балансов. Любой металлургический расчёт производится на 100 кг исходного сырья.
На агломерирующий обжиг поступают свинцовый концентрат и флюсы следующего состава (таблица 1).
Таблица 1 Исходные данные

	Pb	Zn	Cu	Fe	SiO2	CaO	S	Al2O3	Пр.	Всего	
Концентрат	52,0	10,0	3,0	6,0	2,0	3,0	18,7	1,0	4,3	100,00	
Кварц ¬¬–	–	–	4,5	92,0	–	–	–	3,5	100,00		
Известняк	–	–	–	5,25	5,8	48,0	–	–	40,95	100,00	
Железная руда		–	–	–	60,0	9,6	2,0	–	–	28,4	100,00

На основании данных минералогического анализа компоненты в концентрате присутствуют в виде следующих минералов:

свинец – в виде PbS (галенит);
цинк – в виде ZnS (сфалерит);
медь – в виде CuFeS2 (халькопирит);
железо – в виде CuFeS2 , FeS2 (пирит), Fe7S8 (пирротин);
кальций – в виде CaCO3 (известняк);
SiO2, Al2O3 – в виде SiO2 (кварц), Al2O3 (глинозем).

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	**Хорошо**	**Удовлетворительно**	**Неудовлетворительно**
Демонстрирует владение навыками металлургических расчетов, составления балансов технологического процесса, расчетов параметров металлургического оборудования. Обучающийся дает правильные ответы на все вопросы к защите курсовой работы.	Демонстрирует владение навыками металлургических расчетов , составления балансов технологического процесса, расчетов параметров металлургического оборудования (курсовая работа выполнена с незначительными неточностями). Обучающийся дает правильные ответы практически на все вопросы к защите курсовой работы.	Демонстрирует слабое владение навыками металлургических расчетов , составления балансов технологического процесса, расчетов параметров металлургического оборудования (курсовая работа выполнена с неточностями). Обучающийся дает правильные ответы не на все вопросы к защите курсовой работы.	Не демонстрирует владение навыками металлургических расчетов, составления балансов технологического процесса, расчетов параметров металлургического оборудования. Обучающийся дает неточные ответы на вопросы к защите курсовой работы.

7 Основная учебная литература

1. Зайцев Владимир Яковлевич. Металлургия свинца и цинка : учеб. пособие по спец. "Металлургия цв. металлов" / Владимир Яковлевич Зайцев, Е.В. Маргулис, 1985. - 263.

2. Процессы и аппараты цветной металлургии : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" и специальности "Металлургия цв. металлов" / Под ред. С. С. Набойченко, 1997. - 655.

3. Лоскутов Ф. М. Металлургия свинца : учеб. пособие для металлург. специальностей вузов / Ф. М. Лоскутов, 1965. - 528.

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

5. Клёц В. Э. Основы пирометаллургических производств : учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия" / В. Э. Клёц; В. Э. Клец, Н. В. Немчинова, В. С. Кокорин, 2009. - 143.

6. Металлургия меди, никеля и кобальта. (Альтернативный курс) : учеб. пособие для металлург. вузов и фак.: в 2 ч. / В. И. Смирнов [и др.]. Ч. 1 : Металлургия меди, 1964. - 462.

7. Металлургия меди, никеля и кобальта. (Альтернативный курс) : учеб. пособие для металлург. вузов и фак.: в 2 ч. / В. И. Смирнов [и др.]. Ч. 2 : Металлургия никеля и кобальта, 1966. - 405.

8. Лоскутов Ф. М. Расчеты по металлургии тяжелых цветных металлов : учеб. пособие для металлург. вузов и фак. / Ф. М. Лоскутов, А. А. Цейдлер, 1963. - 591.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Цейдлер А. А. Металлургия меди и никеля : учебник для горно-металлургических вузов / А. А. Цейдлер, 1958. - 391.

2. Автогенные процессы в цветной металлургии / В.П. Быстров, А.В. Тарасов, В.В. Мечев, 1991. - 412.

3. Металлургия тяжелых цветных металлов : метод. указания по выполнению лаб. работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2001. - 49.

4. Романтеев Ю. П. Металлургия тяжелых цветных металлов : Свинец. Цинк. Кадмий / Ю. П. Романтеев, В. П. Быстров, 2010. - 574.

5. Металлургия тяжелых цветных металлов : методические указания по выполнению лабораторных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 43.

6. Металлургия тяжелых цветных металлов : методические указания для самостоятельной работы студентов / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2014 (обл. 2013). - 15 с., включ. обл.

7. Металлургия тяжелых цветных металлов : методические указания к практическим занятиям: по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия": программа бакалавриата / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 52.

8. Лисиенко. Оборудование промышленных предприятий : справочное издание: в 6 т. Т. 1 : Развитие цветной металлургии. Тяжелые цветные металлы, 2010. - 720.

9. Металлургия тяжелых цветных металлов : методические указания по выполнению курсовой работы / Иркут. гос. техн. ун-т, 2015. - 30.

10. Рафинирование меди [Электронный ресурс] : учебное пособие / под ред. В. П. Жукова, 2010. - 3.

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 Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2007

2. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор "Epson EB-S18"

2. Мешалка верхнепривадная JJ-5 220V

3. Весы технические лабораторные "ВТ-300"

4. Муфельная печь ЭКПС 10 (1100*С, 10л,материал камеры-волокно МКРВ)

5. Полупромышленная установка для экстракции в растворе SXK-1 Kinetics

6. Сушильный шкаф ШС-80-01 СПУ

7. Шахтная вертикальная муфельная печь СНОШ 0,9х2,5\12-2\220

8. Установка для электролиза (выпрямитель, ячейка, ошиновка, электроды)

9. Установка для титрования

10. Химический лабораторный автоклав

11. Реагенты, концентраты и т.п. для выполнения лабораторных работ