

**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

«МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Немчинова Нина Владимировна Дата подписания: 09.05.2026

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Немчинова Нина Владимировна Дата подписания: 09.05.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Металлургические технологии» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-1 Способность решать задачи в области профессиональной деятельности, применяя методы математического анализа и естественнонаучные знания	ОПК ОС-1.5
ОПК ОС-11 Способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными документами металлургической отрасли	ОПК ОС-11.2, ОПК ОС-11.4, ОПК ОС-11.7
ОПК ОС-7 Способность проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК ОС-7.5
ОПК ОС-9 Способность принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные металлургические технологии	ОПК ОС-9.1, ОПК ОС-9.3, ОПК ОС-9.4

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-1.5	Применяет основные математические методы при расчете рационального состава минерального сырья	Знать основные процессы и способы получения цветных металлов для обеспечения возможности использования математических методов при решении профессиональных задач Уметь проводить расчеты рационального состава шихты и отдельных ее компонентов для процессов плавки при получении металлов с использованием математических методов Владеть навыками выполнения металлургических расчетов с использованием математических методов
ОПК ОС-11.2	Способен анализировать техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области металлургии, в соответствии с действующими	Знать методы анализа технической документации, связанной с основными технологическими процессами в области металлургии, в соответствии с действующими нормативными

	нормативными документами	документами Уметь анализировать техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области металлургии, в соответствии с действующими нормативными документами. Владеть навыками анализа технической документации, связанной с основными технологическими процессами в области металлургии, в соответствии с действующими нормативными документами.
ОПК ОС-11.4	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с металлообработкой, в соответствии с действующими нормативными документами	Знать нормативные показатели металлообработки. Уметь анализировать техническую документацию, связанную с термо- и металлообработкой. Владеть навыками анализа технической документации технологий, связанных с термо- и металлообработкой.
ОПК ОС-11.7	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с гидрометаллургическими процессами, в соответствии с действующими нормативными документами	Знать Уметь Владеть
ОПК ОС-7.5	Демонстрирует способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных металлургических процессов	Знать методы обработки и представления экспериментальных данных. Уметь обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных металлургических процессов и свойств технологических материалов. Владеть навыками обработки и представления экспериментальных данных, полученных при практическом изучении основных металлургических процессов и свойств материалов.
ОПК ОС-9.1	Демонстрирует знания основ металлургической переработки минерального и техногенного	Знать основы металлургической переработки минерального и техногенного сырья.

	сырья	Уметь систематизировать знания основ металлургической переработки минерального и техногенного сырья. Владеть навыками практического применения основ металлургической переработки минерального и техногенного сырья
ОПК ОС-9.3	Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии при получении и обработке металлов	Знать физико-химические процессы, протекающие при производстве и рафинировании цветных металлов, при получении заготовок и изделий различными методами, при термической и термохимической обработке деталей. Уметь рассчитывать практические задачи технологических процессов производства цветных металлов и изделий из них. Владеть методами анализа технологических процессов и их влияния на качество получаемой продукции.
ОПК ОС-9.4	Демонстрирует способность выбирать обоснованные технические решения при осуществлении гидрометаллургических процессов	Знать гидрометаллургические способы получения цветных металлов, виды выщелачивания, способы осаждения металлов из растворов Уметь осуществлять и корректировать гидрометаллургические процессы получения цветных металлов, составлять металлургические балансы Владеть навыками анализа и корректировки гидрометаллургических процессов производства цветных металлов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Металлургические технологии» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Химия», «Физика», «Математика», «Аналитическая и физическая химия»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика», «Металлургия редких металлов», «Металлургия тяжелых цветных металлов», «Металлургия легких металлов», «Металлургия благородных металлов»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 18 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)			
	Всего	Учебный год № 2	Учебный год № 3	Учебный год № 4
Общая трудоемкость дисциплины	648	252	180	216
Аудиторные занятия, в том числе:	66	18	28	20
лекции	28	10	8	10
лабораторные работы	10	0	10	0
практические/семинарские занятия	28	8	10	10
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	565	225	148	192
Трудоемкость промежуточной аттестации	17	9	4	4
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет с оценкой, Зачет с оценкой, Курсовая работа, Экзамен	Экзамен	Зачет с оценкой, Курсовая работа	Зачет с оценкой

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Учебный год № 2

№ 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	Металлы, их свойства и производство	1, 2, 3	10			1, 2	8	1, 2, 3, 4, 5	225	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация								9	Экзамен
	Всего		10				8		234	

Учебный год № 3

№ 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	Основы производства и рафинирования металлов	1, 2, 3, 4	6	1, 2	8	1, 2, 3	10	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	135	Отчет по лабораторной работе, Тест, Решение задач
2	Обработка металлов	5	2	3	2			3, 5	13	Реферат
	Промежуточная аттестация								4	Зачет с оценкой, Курсовая работа
	Всего		8		10		10		152	

Учебный год № 4

№ 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
2	Оборудование и технологии литейного производства					1, 2	2			Тест, Контрольная работа
2	Технологии и оборудование гидрометаллургического производства	1, 2, 3	10			3, 4, 5, 6, 7	8	1, 2, 3, 4, 5	192	Контрольная работа, Тест
	Промежуточная аттестация								4	Зачет с оценкой
	Всего		10				10		196	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Учебный год № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Металлы, их свойства и производство	Определение и свойства металлов. Классификация металлов. Формы нахождения металлов в природе. Понятие руда и месторождение. Тяжелые цветные металлы. Легкие цветные металлы. Благородные металлы. Редкие металлы. Черные металлы и кремний. Способы производства металлов. Черная и цветная металлургия. Современные направления развития металлургических производств. Обжиг. Плавка. Выщелачивание металлов. Процессы разделения твердой и жидкой фаз пульпы. Способы концентрирования металлов и очистки растворов. Способы повышения чистоты металлов и улучшения их физико-химических свойств в металлургии.

Учебный год № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Основы производства и рафинирования металлов	Рудоподготовка. Назначение флотации; машины и аппараты. Виды основных и вспомогательных пирометаллургических операций (прокалка, обжиг, плавка, металлотермия), основное оборудование. Рафинирование металлов. Комплексная переработка отходящих газов.
2	Обработка металлов	Термическая обработка металлов: назначение и виды (отжиг, закалка, отпуск, нормализация, старение, снятие напряжений, цементация). Порошковая металлургия. Нормативные показатели основных технологических процессов в области гидро-, пирометаллургии. Назначение методов металлообработки: механическая и термическая обработка, лазерная резка, сварка, ковка и штамповка. Техническая документация при термо- и металлообработке.

Учебный год № 4

№	Тема	Краткое содержание
2	Оборудование и технологии литейного производства	Классификация алюминиевых сплавов по химическому составу и назначению. Литейные свойства и характеристики алюминиевых сплавов. Особенности плавки литейных и деформируемых сплавов. Миксера алюминиевого производства. Производство алюминиевой чушки. Производство катанки алюминиевой. Производство крупногабаритных слитков.
2	Технологии и оборудование гидрометаллургического производства	Назначение и основные операции гидрометаллургического извлечения металлов. Практика выщелачивания металлов. Виды и способы выщелачивания. Методы интенсификации процессов выщелачивания. Фазовые переходы. Способ Байера. Строение и природа щелочно-алюминатных растворов. Кремнийсодержащие минералы боксита и их поведение при выщелачивании. Гидрометаллургические процессы и основное оборудование в металлургии золота, цинка, меди и никеля.

4.3 Перечень лабораторных работ

Учебный год № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических
---	----------------------------------	----------------------

		часов
1	Изучение твердости материалов	4
2	Окислительный обжиг сульфидных медных концентратов	4
3	Микроскопическое исследование материалов	2

4.4 Перечень практических занятий

Учебный год № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет рационального состава полиметаллической руды	4
2	Примеры расчетов по металлургической переработке сырья и решение задач	4

Учебный год № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет рационального состава цинкового концентрата	4
2	Расчеты по металлургии тяжелых цветных металлов	4
3	Расчет материального баланса окислительного рафинирования кремния	2

Учебный год № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Литье алюминиевой чушки, производство алюминиевой катанки. Дефекты при производстве продукции из алюминия и алюминиевых сплавов. Нормативные показатели, технические условия и ГОСТы при получении сплавов на основе алюминия.	1
2	Физико-химические основы рафинирования алюминиевых сплавов	1
3	Способы выражения концентраций растворов	1
4	Расчеты при производстве глинозема из бокситов	2
5	Моделирование процесса агитационного выщелачивания золота	2
6	Расчеты по извлечению золота из руды	1
7	Определение параметров процессов и оборудования гидрометаллургического производства меди, никеля и цинка	2

4.5 Самостоятельная работа

Учебный год № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов в дистанционном режиме	30
2	Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	10
3	Подготовка к практическим занятиям	30
4	Проработка разделов теоретического материала	125
5	Решение специальных задач	30

Учебный год № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	10
2	Написание курсового проекта (работы)	40
3	Написание реферата	8
4	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	10
5	Подготовка к зачёту	15
6	Подготовка к практическим занятиям	10
7	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	10
8	Подготовка к сдаче и защите отчетов	10
9	Проработка разделов теоретического материала	25
10	Решение специальных задач	10

Учебный год № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	15
2	Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	10
3	Подготовка к зачёту	15
4	Подготовка к практическим занятиям	65
5	Проработка разделов теоретического материала	87

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 курсовому проектированию/работе:

Металлургические технологии: метод. указания для студентов заочной формы обучения / сост. : Н.В. Немчинова, А.А. Васильев, А.А. Тютрин. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2015. – 19 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практические занятия предназначены для закрепления навыков решения практических технологических задач при рассмотрении наилучших доступных технологий в области металлургии.

За время, отведенное на подготовку к практическим занятиям, студент должен изучить материал по теме практического занятия и предварительно к нему подготовиться. При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо работать с источниками, указанными в списке рекомендуемой литературы, интернет-ресурсами, презентациями.

План занятий

1. Ознакомление с теоретическими аспектами темы, вынесенной на занятие.
2. Разбор конкретных примеров решения задач, обсуждение, выявление положительных и отрицательных аспектов обсуждаемой проблемы; решение задач по вариантам (по списку группы).

3. Формулировка предложений и рекомендаций.

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.

1. Металлургические технологии : методические указания для практической работы: по направлению подготовки бакалавров 22.03.02 "Металлургия" очной и заочной форм обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т; сост. А. А. Васильев. Разд. 1, 2017. - 18 с

2. Металлургические технологии [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению практических работ по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия" / Тютрин А.А., Никаноров А.В. Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. – 11 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Цель работы: перед проведением лабораторной работы - ознакомление обучающихся с методикой проведения лабораторных работ, основными приборами и оборудованием, используемыми во время проведения лабораторных работ; ознакомление с соответствующими теоретическими вопросами, что способствует активному участию обучающихся в проведении лабораторных работ и успешной защите отчетов.

Задание на СРС.

Перед началом каждой лабораторной работы обучающиеся проходят инструктаж по технике безопасности.

За время, отведённое на подготовку и защиту лабораторных работ обучающийся должен изучить материал по теме лабораторной работы и предварительно ознакомиться с порядком её выполнения.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать цель работы, список используемого оборудования, краткое описание хода работы, необходимые схемы процессов и оборудования, выполненные расчёты, таблицы и графики, выводы. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению каждой лабораторной работы и требованиями стандарта СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая

деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ».

Рекомендации по выполнению задания.

Главной целью лабораторных работ по дисциплине «Металлургические технологии» является ознакомление обучающихся с основными процессами, применяемыми в металлургии, методиками изучения свойств, структуры материалов, выполнение экспериментальных исследований и расчет основных характеристик изучаемых технологических стадий.

Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Допускается оформление одного отчета на подгруппу обучающихся, выполнявших лабораторную работу. 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.

Контрольные вопросы (на примере лабораторной работы "Окислительный обжиг сульфидных медных концентратов"):

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

Металлургические технологии: метод указания для выполнения лабораторных работ/ост. В.В. Жмурова. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 12 с.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Металлургические технологии : методические указания по самостоятельной работе обучающихся / сост. : А.А. Васильев. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2017. – 22 с.

Металлургические технологии : методические указания для студентов заочной формы обучения / А.В. Никаноров/ Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2015. - 18 с.

Петровский А. А. Металлургические технологии. Гидрометаллургия : электронный курс / А. А. Петровский, 2023

Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для контрольных работ студентов по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»: профиль подготовки «Металлургия цветных, редких и благородных металлов» / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т ; сост. А. В. Никаноров. — Иркутск : ИРНИТУ, 2017. — 10 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 учебный год 2 | Контрольная работа

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение работы, выполненной в Microsoft Word (раскрытие теоретического вопроса) 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 (текст должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4; допускается сдача контрольной работы преподавателю в электронном виде).

2 курс

Пример задания на контрольную работу для студентов заочной формы обучения (тема "Металлы, их свойства и производство"):

1 часть. Варианты теоретического вопроса:

1. Металлургическая переработка окисленных медных руд.
2. Получение меди из сульфидного сырья.
3. Производство цинка пирометаллургическим способом.
4. Производство цинка гидрометаллургическим способом.
5. Производство алюминия.
6. Металлургия золота и серебра.
7. Производство никеля.
8. Металлургия свинца.
9. Получение металлов особой чистоты.
10. Металлургия титана.
11. Получение вольфрама из руд.
12. Металлургические схемы производства молибдена.
13. Анализ мирового производства и потребления цветных металлов.
14. Производство металлов из вторичного сырья.

2 часть - Решить задачу по металлургической переработке сырья.

Пример задачи: Золотоизвлекающая фабрика работает по технологии сорбционного цианирования всего объема руды. В качестве сорбента используют активированный уголь.

Производительность фабрики – 350 т/ч. Содержание золота в исходной руде 2,1 г/т.

Выщелачивание проводится при отношении Ж:Т в пульпе на уровне 1,5:1. В результате работы предприятия получается пульпа хвостов выщелачивания с содержанием золота в твердой фазе 0,31 г/т и в жидкой фазе 0,12 мг/дм³ и золотосодержащий сорбент с емкостью 1,5 мг/г. Учитывая, что уровень извлечения золота с активированного угля на стадии десорбции составляет 95% рассчитать уровень извлечения золота на активированный уголь, производительность предприятия по насыщенному сорбенту, а также количество золота, извлекаемого в товарную продукцию за 1 час работы предприятия. Потерями металла на стадии десорбции и плавки пренебречь.

По результатам расчетов сделать вывод о эффективности работы предприятия.

Предложить пути снижения технологических потерь золота.

Решение и ход обсуждения:

Рассчитывают часовой поток по золоту с исходной рудой

Рассчитывают часовой поток по раствору на стадии цианирования

Рассчитывают потери золота с хвостами цианирования:

- с кеком:

- с раствором:

Определяют емкость обезметалленного сорбента, поступающего в процесс выщелачивания,

Приняв поток сорбента на стадии выщелачивания за составляем уравнение баланса

золота на стадии выщелачивания Отсюда равен 0,395 т/ч.

Определяют поток металла с сорбентом:

- поступает в процесс:

- выходит из процесса:

Приняв поток золота с исходной рудой за 100% рассчитывают долю металла в остальных продуктах процесса. Результаты расчета заносят в таблицу.

Результаты расчета процесса сорбционного цианирования сводятся в таблицу.

По результатам расчетов проводится обсуждение следующих вопросов:

1. уровень извлечения золота в товарную продукцию;
2. оценка потерь золота с хвостами цианирования;
3. пути повышения извлечения золота в товарную продукцию.

4 курс

Пример задания к контрольной работе для студентов заочной формы обучения (тема "Технологии и оборудование гидрометаллургического производства"):

Подготовить ответ реферативного характера на предложенную тему (по вариантам):

1. Основные технологические показатели процесса выщелачивания
2. Вспомогательные операции в гидрометаллургии
3. Эффективные методы разделения близких по физико-химическим свойствам металлов
4. Физические, химические и физико-химические способы извлечения благородных металлов из растворов гидрометаллургической переработки
5. Технология производства глинозема из бокситов
6. Технологические схемы гидрометаллургического производства цинка и меди
7. Способы извлечения золота из элюата
8. Нормативные показатели основных технологических процессов в области гидрометаллургии.
9. Аппараты основных и вспомогательных операций в гидрометаллургии
10. Оценка параметров распределений и доверительного интервала выборочной характеристики при моделировании гидрометаллургических процессов.

Для выполнения контрольной работы по разделу "Оборудование и технологии литейного производства" обучающийся знакомится с методическими указаниями, в которых выбирает свой вариант для подготовки: *Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для контрольных работ студентов по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»: профиль подготовки «Металлургия цветных, редких и благородных металлов» / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т ; сост. А. В. Никаноров. — Иркутск : ИРНТУ, 2017. — 10 с.*

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия теоретического вопроса, правильность решения задачи (при наличии) и обсуждение полученных результатов расчета. Перечень используемых литературных и информационных источников. Оформление контрольной работы для студентов заочной формы обучения в соответствии с СТО.005-2020.

6.1.2 учебный год 3 | 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. 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. Допускается оформление одного отчета на подгруппу обучающихся, выполнявших лабораторную работу. 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».
4. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Критерии оценивания.

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по теоретическим вопросам и вопросам методики, связанной с выполнением работы

6.1.3 учебный год 3 | Тест

Описание процедуры.

Пример теста (3 курс):

1. Какой принцип уменьшения размера частиц рудного материала в операции измельчения?

а) Раскалывание и изгиб б) Раздавливание и излом в) Удар и истирание.

2. Выражение для расчета критической скорости вращения мельницы:

а) $n_{кр} =$

$$/(8 \sqrt{2 m D})$$

$$б) n_{кр} = V_m / (2 \sqrt{r})$$

$$в) n_{кр} = 42,3 / \sqrt{D}$$

3. Укажите выражение для расчета силы сопротивления среды при свободном падении минерала:

$$а) R = K \cdot S \cdot W^2 / 2$$

$$б) R = d^3/6 \cdot g \cdot (\tau_{тв} - \tau_{сп})$$

$$в) R = d^3 g / \tau_{сп}^2 \cdot (\tau_{тв} - \tau_{сп}) / \tau_{сп}$$

4. На чем основано флотационное обогащение?

а) На различной силе тяжести падающих минералов б) На различной растворимости минералов

в) На различной величине смачиваемости поверхности минералов.

5. Каково значение теплотворной способности так называемого “условного” топлива?

а) 29260 кДж /кг б) 41800 кДж /кг в) 1880 кДж /кг.

6. Какой вид каменного угля используется в отражательных печах? а) Любые угли

б) “Тощие” угли

- в) “Длиннопламенные” угли.
7. Какой должен быть минимальный температурный предел термической стойкости огнеупорного материала?
- а) 1580 оС
б) 1800 оС
в) 2000 оС.
8. Какова вещественная основа шамотного огнеупора? а) Оксид кремния
б) Глина
в) Смешанные карбонаты кальция и магния.
9. Задачи, решаемые прокалкой рудного материала:
- а) Разложение сложного минерала на простые составляющие б) Химическое видоизменение исходного минерала
в) Удаление кристаллизационной влаги.
10. Что понимается под “физическими потерями” металла в шлаке при плавке?
- а) Растворение металла и штейна в шлаке и образование коллоидных растворов б) Потери, связанные с неполнотой протекания основных процессов плавки
в) Потери из-за неполного осаждения капель металла и штейна, их флотации всплывающими пузырьками газа и стабилизации эмульсий поверхностными зарядами адсорбированных ионов.
11. Какого способа выщелачивания не существует:
А) агитационное Б) флотационное В) перколяционное Г) автоклавное
12. Назовите самый распространенный способ выщелачивания цинксодержащего сырья:
А) агитационное противоточное выщелачивание Б) кучное выщелачивание
В) бактериальное выщелачивание Г) кюветное выщелачивание
13. Назовите основной способ очистки медьсодержащих растворов:
А) сорбция
Б) гидролитическая очистка
В) химическая очистка
Г) жидкостная экстракция
14. Какие металлы не получают методом кучного или подземного выщелачивания: А) золото
Б) медь В) свинец Г) уран
15. Назовите основной растворитель, используемый в гидрометаллургии для извлечения золота и серебра из минерального сырья:
А) «царская водка» Б) цианид натрия
В) гидроксид натрия Г) тиокарбамид

Пример теста (4 курс, тема "Оборудование и технологии литейного производства"):

1. В каких агрегатах осуществляется производство алюминиевой катанки:
А) разливочных конвейерах; Б) литейно-прокатных; В) прокатных станах.
2. К какой системе относятся сплавы называемые дуралюминами: А) Al – Mg – Si; Б) Al – Mg; В) Al – Cu – Mg.
3. Какой дефект поверхности слиткане возникает при литье мелкой алюминиевой чушки:
А) оксидные плены; Б) окалина; В) трещины.
4. Назовите принцип нагрева и расплавления шихты в миксерах алюминиевого производства:
А) Лучистый; Б) Конвекция; В) Горение дуги; Г) Теплообмен.
5. Для чего используется бериллий при плавке алюминиевых сплавов:
А) снижение окисляемости поверхности расплава; Б) улучшение жидкотекучести

расплава;

В) снижение температуры плавления расплава.

6. Назовите основную операцию удаления неметаллических примесей из расплава:

А) фильтрация; Б) продувка газами; В) обработка флюсами.

7. Какой газ обладает наибольшей растворимостью в расплавленном алюминии:

А) азот; Б) водород; В) кислород.

8. Какими цветными металлами осуществляется модифицирование деформируемых алюминиевых сплавов:

А) тугоплавкими; Б) редкоземельными; В) тяжелыми.

9. Каковы основные источники потерь алюминия при плавке: взаимодействие с футеровкой; Б) возгонка; В) окисление.

Пример теста (4 курс, тема "Технологии и оборудование гидromеталлургического производства"):

Студенту предлагается вариант теста. Необходимо сделать выбор правильного варианта ответа в тесте из 2-4 предложенных. Тест проводится на платформе Moodle.

1. Расставьте в правильном порядке пять стадий процесса ионного обмена:

перемещение вытесняемого иона от поверхности в раствор;

химическая реакция двойного обмена;

перемещение вытесняющего иона внутри зерна к точке обмена;

перемещение вытесняющего иона из раствора к поверхности зерна;

перемещение вытесняемого иона внутри зерна от точки обмена к поверхности;

2. Какой метод не используется для выделения примесей из раствора сульфата цинка:

а) гидролитический

б) цементационный

в) электролитический

г) пирометаллургический

д) химический

2. Рассчитать объем воды, который необходимо удалить при выпарке одного кубометра маточного раствора для увеличения концентрации каустической щелочи с {a} до {b} г/дм³. Ответ в дм³

3. При декомпозиции алюминатного раствора его каустический модуль увеличился с {x} до {y}. Определите с точностью до одной сотой выход оксида алюминия

4. Определить содержание твердого в 1 дм³ пульпы, поступающей на автоклавное выщелачивание, если Ж:Т в пульпе {c}, плотность пульпы {d} г/см³

Критерии оценивания.

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 60%.

6.1.4 учебный год 3 | Решение задач

Описание процедуры.

Цель

Проверить усвоение методики металлургических расчетов как способность выполнять

элементы проектов при проектировании металлургических предприятиях по производству металлов.

Задание на СРС

Обучающийся после практических занятий по тематике задач самостоятельно решает свой вариант задачи и сдает преподавателю в течение семестра на проверку.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов

Задача решается по отдельности, оформляется как обычный текстовый документ в рукописной или компьютерной форме.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов

Задача решается по отдельности, оформляется как обычный текстовый документ в рукописной или компьютерной форме.

Критерии оценки:

Правильное решение задачи.

Критерии оценивания.

Правильное решение задачи.

6.1.5 учебный год 3 | 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, оформленный в соответствии с СТО.005-2020). Допускается сдача реферата преподавателю в электронном виде.

Примерная тематика рефератов:

1. Основные операции технологического процесса изготовления изделий методом порошковой металлургии
2. Композитные порошковые материалы
3. Методы получения порошков металлов, их формирования и процесс спекания
4. Физико-механические основы обработки металлов давлением
5. Нагрев металла для обработки давлением и нагревательные устройства
6. Прокатное производство
7. Производство распространенных видов проката
8. Производство бесшовных и сварных труб
9. Производство специальных видов проката
10. Волочение
11. Прессование
12. Разделительные операции листовой штамповки
13. Формоизменяющие операции листовой штамповки
14. Оборудование и инструмент для листовой штамповки
15. Другие способы листовой штамповки

Критерии оценивания.

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

6.1.6 учебный год 4 | Тест

Описание процедуры.

Пример теста (3 курс):

- Какой принцип уменьшения размера частиц рудного материала в операции измельчения?
а) Раскалывание и изгиб б) Раздавливание и излом в) Удар и истирание.
- Выражение для расчета критической скорости вращения мельницы:
а) $\text{пкр} = \frac{1}{\sqrt{8 \cdot m \cdot D}}$
б) $\text{пкр} = \sqrt{V_m / (2 \cdot r)}$
в) $\text{пкр} = 42,3 / \dots$
- Укажите выражение для расчета силы сопротивления среды при свободном падении минерала:
а) $R = K \cdot S \cdot W^2 / 2$
б) $R = d^3 / 6 \cdot g \cdot (\tau_v - \tau_{cp})$
в) $R = d^3 g / \tau_{cp}^2 \cdot (\tau_v - \tau_{cp}) / \tau_{cp}$
- На чем основано флотационное обогащение?
а) На различной силе тяжести падающих минералов б) На различной растворимости минералов
в) На различной величине смачиваемости поверхности минералов.
- Каково значение теплотворной способности так называемого “условного” топлива?
а) 29260 кДж /кг б) 41800 кДж /кг в) 1880 кДж /кг.
- Какой вид каменного угля используется в отражательных печах? а) Любые угли
б) “Тощие” угли
в) “Длиннопламенные” угли.
- Какой должен быть минимальный температурный предел термической стойкости огнеупорного материала?
а) 1580 оС
б) 1800 оС
в) 2000 оС.
- Какова вещественная основа шамотного огнеупора? а) Оксид кремния
б) Глина
в) Смешанные карбонаты кальция и магния.
- Задачи, решаемые прокалкой рудного материала:
а) Разложение сложного минерала на простые составляющие б) Химическое видоизменение исходного минерала
в) Удаление кристаллизационной влаги.
- Что понимается под “физическими потерями” металла в шлаке при плавке?
а) Растворение металла и штейна в шлаке и образование коллоидных растворов б) Потери, связанные с неполнотой протекания основных процессов плавки
в) Потери из-за неполного осаждения капель металла и штейна, их флотации всплывающими пузырьками газа и стабилизации эмульсий поверхностными зарядами адсорбированных ионов.
- Какого способа выщелачивания не существует:

- А) агитационное Б) флотационное В) перколяционное Г) автоклавное
12. Назовите самый распространенный способ выщелачивания цинксодержащего сырья:
 А) агитационное противоточное выщелачивание Б) кучное выщелачивание
 В) бактериальное выщелачивание Г) кюветное выщелачивание
13. Назовите основной способ очистки медьсодержащих растворов:
 А) сорбция
 Б) гидrolитическая очистка
 В) химическая очистка
 Г) жидкостная экстракция
14. Какие металлы не получают методом кучного или подземного выщелачивания: А) золото
 Б) медь В) свинец Г) уран
15. Назовите основной растворитель, используемый в гидрометаллургии для извлечения золота и серебра из минерального сырья:
 А) «царская водка» Б) цианид натрия
 В) гидроксид натрия Г) тиокарбамид

Пример теста (4 курс, тема "Оборудование и технологии литейного производства"):

1. В каких агрегатах осуществляется производство алюминиевой катанки:
 А) разливочных конвейерах; Б) литейно-прокатных; В) прокатных станах.
2. К какой системе относятся сплавы называемые дуралюминами: А) Al – Mg – Si; Б) Al – Mg; В) Al – Cu – Mg.
3. Какой дефект поверхности слиткане возникает при литье мелкой алюминиевой чушки:
 А) оксидные плены; Б) окалина; В) трещины.
4. Назовите принцип нагрева и расплавления шихты в миксерах алюминиевого производства:
 А) Лучистый; Б) Конвекция; В) Горение дуги; Г) Теплообмен.
5. Для чего используется бериллий при плавке алюминиевых сплавов:
 А) снижение окисляемости поверхности расплава; Б) улучшение жидкотекучести расплава;
 В) снижение температуры плавления расплава.
6. Назовите основную операцию удаления неметаллических примесей из расплава:
 А) фильтрация; Б) продувка газами; В) обработка флюсами.
7. Какой газ обладает наибольшей растворимостью в расплавленном алюминии:
 А) азот; Б) водород; В) кислород.
8. Какими цветными металлами осуществляется модифицирование деформируемых алюминиевых сплавов:
 А) тугоплавкими; Б) редкоземельными; В) тяжелыми.
9. Каковы основные источники потерь алюминия при плавке: взаимодействие с футеровкой; Б) возгонка; В) окисление.

Пример теста (4 курс, тема "Технологии и оборудование гидрометаллургического производства"):

Студенту предлагается вариант теста. Необходимо сделать выбор правильного варианта ответа в тесте из 2-4 предложенных. Тест проводится на платформе Moodle.

1. Расставьте в правильном порядке пять стадий процесса ионного обмена:
 перемещение вытесняемого иона от поверхности в раствор;
 химическая реакция двойного обмена;

перемещение вытесняющего иона внутри зерна к точке обмена;
перемещение вытесняющего иона из раствора к поверхности зерна;
перемещение вытесняемого иона внутри зерна от точки обмена к поверхности;

2. Какой метод не используется для выделения примесей из раствора сульфата цинка:

- а) гидролитический
- б) цементационный
- в) электролитический
- г) пирометаллургический
- д) химический

2. Рассчитать объем воды, который необходимо удалить при выпарке одного кубометра маточного раствора для увеличения концентрации каустической щелочи с $\{a\}$ до $\{b\}$ г/дм³. Ответ в дм³

3. При декомпозиции алюминатного раствора его каустический модуль увеличился с $\{x\}$ до $\{y\}$. Определите с точностью до одной сотой выход оксида алюминия

4. Определить содержание твердого в 1 дм³ пульпы, поступающей на автоклавное выщелачивание, если Ж:Т в пульпе $\{c\}$, плотность пульпы $\{d\}$ г/см³

Критерии оценивания.

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 60%.

6.1.7 учебный год 4 | Контрольная работа

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение работы, выполненной в Microsoft Word (раскрытие теоретического вопроса) 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 (текст должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4; допускается сдача контрольной работы преподавателю в электронном виде).

2 курс

Пример задания на контрольную работу для студентов заочной формы обучения (тема "Металлы, их свойства и производство"):

1 часть. Варианты теоретического вопроса:

- 1.Металлургическая переработка окисленных медных руд.
- 2. Получение меди из сульфидного сырья.
- 3. Производство цинка пирометаллургическим способом.
- 4. Производство цинка гидрометаллургическим способом.
- 5. Производство алюминия.
- 6. Metallургия золота и серебра.
- 7. Производство никеля.
- 8. Metallургия свинца.

9. Получение металлов особой чистоты.
10. Металлургия титана.
11. Получение вольфрама из руд.
12. Metallургические схемы производства молибдена.
13. Анализ мирового производства и потребления цветных металлов.
14. Производство металлов из вторичного сырья.

2 часть - Решить задачу по металлургической переработке сырья.

Пример задачи: Золотоизвлекающая фабрика работает по технологии сорбционного цианирования всего объема руды. В качестве сорбента используют активированный уголь. Производительность фабрики – 350 т/ч. Содержание золота в исходной руде 2,1 г/т.

Выщелачивание проводится при отношении Ж:Т в пульпе на уровне 1,5:1. В результате работы предприятия получается пульпа хвостов выщелачивания с содержанием золота в твердой фазе 0,31 г/т и в жидкой фазе 0,12 мг/дм³ и золотосодержащий сорбент с емкостью 1,5 мг/г. Учитывая, что уровень извлечения золота с активированного угля на стадии десорбции составляет 95% рассчитать уровень извлечения золота на активированный уголь, производительность предприятия по насыщенному сорбенту, а также количество золота, извлекаемого в товарную продукцию за 1 час работы предприятия. Потерями металла на стадии десорбции и плавки пренебречь.

По результатам расчетов сделать вывод о эффективности работы предприятия.

Предложить пути снижения технологических потерь золота.

Решение и ход обсуждения:

Рассчитывают часовой поток по золоту с исходной рудой

Рассчитывают часовой поток по раствору на стадии цианирования

Рассчитывают потери золота с хвостами цианирования:

- с кеком:

- с раствором:

Определяют емкость обезметалленного сорбента, поступающего в процесс выщелачивания,

Приняв поток сорбента на стадии выщелачивания за составляем уравнение баланса золота на стадии выщелачивания Отсюда равен 0,395 т/ч.

Определяют поток металла с сорбентом:

- поступает в процесс:

- выходит из процесса:

Приняв поток золота с исходной рудой за 100% рассчитывают долю металла в остальных продуктах процесса. Результаты расчета заносят в таблицу.

Результаты расчета процесса сорбционного цианирования сводятся в таблицу.

По результатам расчетов проводится обсуждение следующих вопросов:

1. уровень извлечения золота в товарную продукцию;
2. оценка потерь золота с хвостами цианирования;
3. пути повышения извлечения золота в товарную продукцию.

4 курс

Пример задания к контрольной работе для студентов заочной формы обучения (тема "Технологии и оборудование гидрометаллургического производства"):

Подготовить ответ реферативного характера на предложенную тему (по вариантам):

1. Основные технологические показатели процесса выщелачивания
2. Вспомогательные операции в гидрометаллургии
3. Эффективные методы разделения близких по физико-химическим свойствам металлов
4. Физические, химические и физико-химические способы извлечения благородных металлов из растворов гидрометаллургической переработки
5. Технология производства глинозема из бокситов

6. Технологические схемы гидрометаллургического производства цинка и меди
7. Способы извлечения золота из элюата
8. Нормативные показатели основных технологических процессов в области гидрометаллургии.
9. Аппараты основных и вспомогательных операций в гидрометаллургии
10. Оценка параметров распределений и доверительного интервала выборочной характеристики при моделировании гидрометаллургических процессов.

Для выполнения контрольной работы по разделу "Оборудование и технологии литейного производства" обучающийся знакомится с методическими указаниями, в которых выбирает свой вариант для подготовки: *Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для контрольных работ студентов по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»: профиль подготовки «Металлургия цветных, редких и благородных металлов» / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т ; сост. А. В. Никаноров. — Иркутск : ИРНТУ, 2017. — 10 с.*

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия теоретического вопроса, правильность решения задачи (при наличии) и обсуждение полученных результатов расчета. Перечень используемых литературных и информационных источников. Оформление контрольной работы для студентов заочной формы обучения в соответствии с СТО.005-2020.

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
ОПК ОС-1.5	Применяет основные математические методы при расчете рационального состава минерального сырья Демонстрирует знания об основных способах получения металлов.	Защита курсовой работы
ОПК ОС-11.2	Демонстрирует способность анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами	Экзамен в виде тестирования в дистанционном режиме (в системе Moodle)
ОПК ОС-11.4	Усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством металлов и термо- и металлообработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.	Устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету

ОПК ОС-11.7		
ОПК ОС-7.5	После практического изучения основных металлургических процессов демонстрирует знания о процессах и характеристиках материалов и способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные	Устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету
ОПК ОС-9.1	Демонстрирует владение терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов.	Экзамен в виде тестирования в дистанционном режиме (в системе Moodle)
ОПК ОС-9.3	Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии получения и рафинирования металлов, термо- и материалобработки	Устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету.
ОПК ОС-9.4	Демонстрирует способность выбирать обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки.	Тестирование, устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Учебный год 2, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в виде тестирования. При неудачной сдаче теста (после 3 неудачных попыток) - устное собеседования по вопросам к экзамену.

Пример задания:

Пример теста (2 курс, в дистанционном формате):

1. Что называется “элементом”?
 - а) Твердые вещества с определенной кристаллической решеткой.
 - б) Совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.
 - в) Вещества, добываемые из земной коры.
2. Что называется “минералом”?
 - а) Твердые природные элементы и их природные химические соединения. б) Любые химические соединения.
 - в) Сложные природные химические соединения.

3. Какой химический элемент присутствует в земной коре в преобладающем количестве?
 - а) Алюминий
 - б) Железо
 - в) Кислород.
4. Что называется “рудой”?
 - а) Любое природное скопление минералов.
 - б) Природный материал, добываемый из земной коры.
 - в) Материал такого месторождения полезных ископаемых, который экономически выгодно перерабатывать для извлечения ценных компонентов.
5. Какие элементы относятся к группе “металлов”?
 - а) Имеющие высокую температуру плавления
 - б) Обладающие особым типом кристаллической решетки и высокими значениями электропроводности и теплопроводности .
6. Какие из перечисленных металлов относятся к “тяжелым”?
 - а) Zn, Co, Ni
 - б) Au, Ag, Pt
 - в) Be, Ba, Mg .
7. Каково значение кларка для кремния?
 - а) 50 %
 - б) 8,8 %
 - в) 29,5 %.
8. Каких минералов больше всего в земной коре?
 - а) Сульфидов и сульфатов
 - б) Оксидов и гидроксидов
 - в) Силикатов и алюмосиликатов.
9. Каков максимальный диаметр кусков руды, поступающей на металлургическое предприятие при шахтном способе добычи полезного ископаемого?
 - а) 1500 мм
 - б) 75 мм
 - в) 300 мм >
10. Что называется “технологией”?
 - а) Совокупность процессов переработки рудного сырья в орудия и средства производства и потребления
 - б) Процессы с использованием механизации и автоматизации
 - в) Способы вторичной переработки отвалов и другого техногенного сырья.

Вопросы к экзамену:

1. Определение и свойства металлов.
2. Классификация металлов.
3. Формы нахождения металлов в природе.
4. Понятие «руда» и «месторождение».
5. Назовите металлы, относящиеся к группе тяжелых, легких, благородных, редких цветных металлов.
6. Назовите металлы, относящиеся к группе «Черные металлы»..
7. Способы производства металлов.
8. Назовите крупные месторождения руд цветных металлов в России, за рубежом..
9. Какие процессы рудоподготовки вы знаете?.
10. Понятие «выщелачивание металлов».
11. Процессы разделения твёрдой и жидкой фаз пульпы.
12. Способы концентрирования металлов и очистки растворов.

13. Дать описание понятий «обжиг», «плавка».
14. Какими способами можно повысить чистоту получаемых металлов?.
15. Особенности нормативных показателей основных технологических процессов в металлургии тяжелых, легких и благородных металлов.
16. Какая техническая документация регламентирует производство цветных металлов?.
17. Какая техническая документация связана с гидрометаллургическим производством цветных металлов?.
18. Какая техническая документация связана с применением плавильных агрегатов?.
19. Что дает анализ технической документации в металлургии?_

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
<p>Демонстрирует владение терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов. Демонстрирует способность анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>Демонстрирует владение (но не в полной мере) терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов. Демонстрирует способность (но не в полной мере) анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>Слабо демонстрирует владение терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов. Демонстрирует слабую способность анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>Не демонстрирует владение терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов. Не способен анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>

6.2.2.2 Учебный год 3, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Курсовая работа выполняется на 3 курсе. Необходимо выполнить расчетную курсовую работу (по вариантам) и ответить на контрольные вопросы при ее защите. Задания и пример расчета приведены в методических указаниях. Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям СТО 005–2020 «Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей».

Пример задания:

При выполнении курсовой работы необходимо рассчитать рациональный состав минерального сырья, поступающего на металлургическую переработку. В качестве исходных данных для расчета следует использовать один из вариантов качественного минерального и химического состава металлургического сырья, а также информацию по массовому соотношению минералов железа и ценного компонента в руде или концентрате.

Вопросы к защите курсовой работы:

1. Назовите основные формы нахождения металлов в природе.
2. Назовите основные промышленные минералы меди.
3. Назовите основные минералы свинца.
4. Назовите основные способы обогащения полезных ископаемых.
5. Назовите основные минералы цинка.
6. Предложите технологию переработки для сырья, рациональный состав которого вы рассчитали.
7. Дайте оценку пригодности предложенного в курсовой работе сырья к металлургической переработке.
8. Назовите виды минералов, содержащие ценные металлы и входящие в состав концентрата.
9. Что такое «флюс»? Назовите основные флюсы, используемые в металлургии тяжелых цветных металлов.
10. Назовите минералы пустой породы.

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Применяет основные математические методы при расчете рационального состава минерального сырья	Осуществляет расчеты рационального состава минерального сырья с незначительными ошибками. Демонстрирует	Осуществляет расчеты рационального состава минерального сырья со значительными ошибками. Демонстрирует слабые знания об	Неверно осуществляет расчеты рационального состава минерального сырья. Не демонстрирует знания об основных способах получения металлов.

Демонстрирует знания об основных способах получения металлов.	знания об основных способах получения металлов (но не в полной мере).	основных способах получения металлов.	
---	---	---------------------------------------	--

6.2.2.3 Учебный год 3, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Дифференцированный зачет на 3-ем курсе проводится в виде устного собеседования по вопросам, вынесенным на зачет.

Пример задания:

1. Дробление и измельчение. Аппаратное обеспечение процессов дробления.
2. Назначение флотации; машины и аппараты.
3. Виды основных (обжиг, плавка, рафинирование) пирометаллургических операций; основное оборудование.
4. Виды вспомогательных пирометаллургических операций (прокалка, обжиг, плавка, металлотермия), основное оборудование.
5. Виды рафинирования металлов.
6. Теоретические основы пирометаллургического рафинирования металлов.
7. Кристаллизационные способы рафинирования.
8. Газо- и пылеулавливание. Комплексная переработка отходящих газов.
9. Термическая обработка металлов: назначение и виды (отжиг, закалка, отпуск, нормализация, старение, снятие напряжений, цементация).
10. Порошковая металлургия.
11. Нормативные показатели основных технологических процессов в области гидро-, пирометаллургии.
12. Методы металлообработки: назначение и виды (механическая обработка, термическая обработка, лазерная резка, сварка, ковка и штамповка).
13. Какую нормативную документацию при термо- и металлообработке вы знаете?
14. Что дает анализ технической документации при термо- и металлообработке?
15. Примеры применения технической документации, связанной с термо- и металлообработкой.

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Демонстрирует знания о	Не в полной мере демонстрирует	Демонстрирует слабые знания о	Не демонстрирует знания о процессах и

<p>процессах и характеристиках материалов и способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные. Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии получения и рафинирования металлов, термо- и материалобработки. Усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством и рафинированием металлов, термо- и материалобработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>знания о процессах и характеристиках материалов и способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные. Не в полной мере демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии получения и рафинирования металлов, термо- и материалобработки. Не в полной мере усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством металлов и материалобработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>процессах и характеристиках материалов и способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные. Демонстрирует слабую способность выбирать эффективные и безопасные технологии при получении и рафинировании металлов, термо- и материалобработки. Слабо усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством и рафинированием металлов, термо- и материалобработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>характеристиках материалов и способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные. Не демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии получения и рафинирования металлов, термо- и материалобработки. Не усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством и рафинированием металлов и материалобработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>
--	--	---	--

6.2.2.4 Учебный год 4, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

6.2.2.4.1 Описание процедуры

Дифференцированный зачет на 4-ом курсе проводится в виде тестирования и устного собеседования по вопросам, вынесенным на зачет.

Пример задания:

Перечень вопросов к дифференциальному зачету:

Тема «Оборудование и технологии литейного производства»

1. Диаграммы состояния Al-Fe и Al-Si. Влияние легирующих добавок Cu, Mg, Mn на свойства алюминиевых сплавов;
2. Влияние различных факторов на жидкотекучесть алюминиевых сплавов;
3. Литейные свойства алюминиевых сплавов (усадка, склонность к образованию трещин, герметичность, ликвация).
4. Формы роста кристаллов в слитках и отливках. Факторы, влияющие на внутреннюю структуру алюминиевых сплавов.
5. Механизм кристаллизации алюминиевых расплавов; влияние водорода на структуру отливок;
6. Роль окислительных процессов при плавке шихты; назначение флюсов при плавке шихты;
7. Способы рафинирования и модифицирования алюминиевых расплавов.
8. Нормативные показатели, технические условия и ГОСТы при получении сплавов на основе алюминия.
9. Какая техническая документация связана с литейным производством цветных металлов?
10. Что дает анализ технической документации в литейном производстве цветных металлов?

Тема «Технологии и оборудование гидрометаллургического производства»

1. Каков порядок статистической обработки данных по измерению постоянной величины в различных способах извлечения благородных металлов из растворов гидрометаллургической переработки.
2. Оценки параметров распределений и доверительного интервала выборочной характеристики при моделировании гидрометаллургических процессов.
3. Моделирование эксперимента в методических исследованиях гидрометаллургических процессов.
4. Причины и методы устранения потерь экстрагента в процессе экстракционного извлечения металлов из раствора.
5. Влияние качества и количества сорбента на извлечение металла в раствор при сорбционном выщелачивании.
6. Методы разделения близких по физико-химическим свойствам металлов.
7. Причины и методы устранения потерь сорбента в процессе сорбционного выщелачивания.
8. Нормативные показатели основных технологических процессов в области гидрометаллургии.
9. Физические, химические и физико-химические способы извлечения благородных металлов из растворов гидрометаллургической переработки. Привести примеры технологических схем.
10. Виды технической документации в гидрометаллургическом производстве цветных металлов, назначение.

6.2.2.4.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
	Не в полной мере	Демонстрирует	

<p>Демонстрирует навыки владения методами моделирования основных металлургических процессов. Демонстрирует способность выбирать обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки. Демонстрирует знание нормативных показателей основных литейных процессов в металлургии цветных металлов, способен анализировать, составлять и применять техническую документацию.</p>	<p>демонстрирует навыки владения компьютерными программами моделирования основных металлургических процессов. Демонстрирует (не в полной мере) способность выбирать обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки. Демонстрирует знание (но не в полной мере) нормативных показателей основных литейных процессов в металлургии цветных металлов, способен анализировать, составлять и применять техническую документацию.</p>	<p>слабые навыки владения методами моделирования основных металлургических процессов. Демонстрирует способность выбирать не достаточно обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки. Демонстрирует слабые знания нормативных показателей основных литейных процессов в металлургии цветных металлов, недостаточно глубоко анализирует, составляет и применяет техническую документацию.</p>	<p>Не демонстрирует навыки владения методами моделирования основных металлургических процессов. Не способен выбирать обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки. Не демонстрирует знания нормативных показателей основных литейных процессов в металлургии цветных металлов, не способен анализировать, составлять и применять техническую документацию.</p>
--	--	--	---

7 Основная учебная литература

1. Металлургические технологии переработки промышленных и бытовых отходов : учебное пособие для вузов по направлению 150100 "Металлургия" / Е. П. Волынкина [и др.], 2013. - 151.
2. Пожидаева С. П. Основы производства. Материаловедение и производство металлов : учебное пособие для вузов по специальности "Технология и предпринимательство" / С. П. Пожидаева, 2010. - 190.
3. Процессы и аппараты цветной металлургии : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" и специальности "Металлургия цв. металлов" / Под ред. С. С. Набойченко, 1997. - 655.
4. Жучков. Основы производства и обработки металлов : учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия". Ч. 1 : Основы производства металлов, 2008. - 147.
5. Жучков И. А. Основные процессы гидрометаллургии: Теоретические основы процессов выщелачивания / И. А. Жучков, 1979. - 114.
6. Воскобойников В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев, 2005. - 764.
7. Основы материаловедения : (металлообработка): учебник для студентов среднего специального образования / В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов, Е. М. Духнеев; под ред. В. Н. Заплатина, 2015. - 272.
8. Вереина Л. И. Metalлообработка: справочник [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общей редакцией Л. И. Вереиной, 2022. - 320.
9. Белоусова О. В. Основы гидрометаллургических производств [Электронный ресурс] : курс лекций / О. В. Белоусова, 2008. - 36.
10. Клѐц В. Э. Основы пирометаллургических производств : учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия" / В. Э. Клѐц; В. Э. Клѐц, Н. В. Немчинова, В. С. Кокорин, 2009. - 143.
11. 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.
12. Литейное производство: Введение в специальность : учеб. пособие по спец. "Литейное производство черных и цветных металлов", "Машины и технология литейного производства" / Под ред. С. П. Дорошенко, 1987. - 184.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Петровский А. А. Металлургические технологии. Гидрометаллургия : электронный курс / А. А. Петровский, 2023
2. Цымбал В. П. Новые металлургические технологии : учебное пособие для вузов / В. П. Цымбал, П. А. Сеченов, И. А. Рыбенко ; ред. В. П. Цымбал, 2024. - 260.
3. Обработка металлов резанием : справ. технолога / А. А. Панов [и др.], 2004. - 784.

4. Мастеров В. А. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением : [учебник для машиностроительных техникумов] / В. А. Мастеров, В. С. Берковский, 1970. - 296.
5. Вишницкий А. Л. Электрохимическая и электромеханическая обработка металлов / А. Л. Вишницкий, И. З. Ясногородский, И. П. Григорчук; ред. Л. Я. Попилов, 1971. - 211.
6. Полевой Г. В. Газопламенная обработка металлов : учеб. для сред. проф. образования по специальности 1207 "Свароч. пр-во" / Г. В. Полевой, Г. К. Сухинин, 2005. - 332.
7. Обработка металлов давлением / Ю. Ф. Шевакин [и др.], 2005. - 492.
8. Смирнов В. С. Теория обработки металлов давлением : конспект лекций для специальности "Пластическая обработка металлов" / В. С. Смирнов, 1965. - 228.
9. Металлургические технологии. Литейное производство цветных металлов : методические указания к практическим занятиям для студентов очного и заочно-вечернего обучения / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 34.
10. Металлургические технологии : методические указания для студентов заочной формы обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2015. - 18.
11. Металлургические технологии : методические указания для практической работы: по направлению подготовки бакалавров 22.03.02 "Металлургия" очной и заочной форм обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т; сост. А. А. Васильев. Разд. 1, 2017. - 18.
12. Металлургические технологии : методические указания для самостоятельной работы: по направлению подготовки бакалавров 22.03.02 "Металлургия" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т; сост. А. А. Васильев. Разд. 1, 2017. - 22.
13. Металлургические технологии [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению практических работ по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 11.
14. Металлургические технологии [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению лабораторных работ по направлению подготовки бакалавров "Металлургия" очной и заочной формы обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 12.
15. Штамповка, сварка, пайка и термообработка титана и его сплавов в авиастроении / А. Г. Братухин, Ю. Л. Иванов, Б. Н. Марьин и др., 1997. - 600.
16. Адаскин А. М. Материаловедение (металлообработка) : учебник / А. М. Адаскин, В. М. Зуев, 2001. - 240.
17. Металлы. Основные положения физики металлов : учебное пособие для очной и заочной форм обучения по специальности 110200 "Металлургия цветных металлов" для изучения дисциплины "Теория металлургических процессов" / сост. И. А. Жучков, 2000. - 30.
18. Куманин И. Б. Вопросы теории линейных процессов. Формирование отливок в процессе затвердевания и охлаждения сплава : учебное пособие для вузов по специальности "Литейное производство черных и цветных металлов" / И. Б. Куманин, 1976. - 216.
19. Металлургия. Литейное производство и порошковая металлургия : сб. ст. Вып. 2. / Белорус. политехн. ин-т, 1972. - 160.

20. Ермаков С. С. Порошковая металлургия : учеб. пособие / С. С. Ермаков, 1986. - 85, [3].
21. Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для контрольных работ студентов по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия": профиль подготовки "Металлургия цветных, редких и благородных металлов" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 10.
22. Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для самостоятельной работы студентов по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия": профиль подготовки "Металлургия цветных, редких и благородных металлов" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 10.
23. Рафинирование цветных металлов и кремния : методические указания для студентов заочной формы обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2015. - 52.

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

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Твердомер для металлов переносной ИТ-5160
2. Весы аналитические "ЛВ-210А"
3. Микроскоп "Axio Lab.A1" материалов-ий бинокулярный для лаб-ых исслед.
4. Муфельная печь ЭКПС 10 (1300*С, 10л, материал камеры-волокно МКРВ)
5. Ноутбук Dell Inspiron N5110
6. Проектор EPSON EB
7. Реактивы, технологические материалы.