

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Институт новых материалов и технологий



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
» _____ 2022 г.

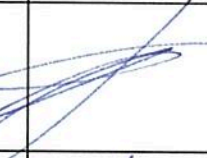


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Металлургия черных, цветных и редких металлов

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Металлургия черных, цветных и редких металлов	Код ПА 2.6.2
Группа специальностей Химические технологии, науки о материалах, металлургия	Код 2.6
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

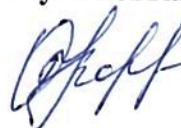
Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Спирин Николай Александрович	Д.т.н., профессор	Заведующий кафедрой	Кафедра теплофизики и информатики в металлургии	
2	Загайнов Сергей Александрович	Д.т.н., доцент	Профессор	Кафедра металлургии железа и сплавов	
3	Маковская Ольга Юрьевна	К.т.н.	Доцент	Кафедра металлургии цветных металлов	

Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

Председатель учебно-методического совета
Протокол № 20220526-01 от 26.05.2022 г.



О.Ю. Корниенко

Согласовано:

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Металлургия черных, цветных и редких металлов» относится к базовой части программы аспирантуры.

Целью изучения дисциплины является формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний, умений и навыков (компетенций) в области металлургии черных, цветных и редких металлов, базирующихся на следующих разделах: основы термодинамики, физико-химические основы металлургических процессов, теория гидрометаллургических процессов, теория пирометаллургических процессов, механика жидкостей и газов, тепло- и массообменные процессы, конструкции металлургических печей, технология производства цветных и редких металлов, автоматизированное управление процессами производства, охрана окружающей среды.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующих задач:

- изучение современных технологий производства черных, цветных и редких металлов из природного и техногенного сырья;
- изучение физико-химических основ металлургических процессов, позволяющих решать проблемы ресурсосбережения и экологической безопасности металлургического производства;
- приобретение новых научных знаний в области создания энергосберегающих и экологически чистых технологий получения черных, цветных и редких металлов;
- формирование умений по разработке оптимальных технологических схем производства черных, цветных и редких металлов.

1.2. Язык реализации дисциплины - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные достижения в области теории и технологии металлургических процессов;
- современные методы теоретического анализа металлургических процессов;
- методы постановки и путей решения задач совершенствования технологии металлургических процессов.

Уметь:

- формулировать задачи теоретических и технологических исследований;
- применять достижения науки в технологической практике пиро- и гидрометаллургических процессов.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- современными методами исследования материалов для металлургического производства;
- методами термодинамического анализа металлургических процессов;
- алгоритмами численных методов расчета и оптимизации технологических процессов;
- практическими навыками работы с табличным процессором, использования Visual Basic Application для создания прикладных программ.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	4
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	-	-	-
4.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	0,6	104
5.	Промежуточная аттестация	18	1	Экзамен
6.	Общий объем по учебному плану, час.	108		108
7.	Общий объем по учебному плану, з.е.			3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Теоретические основы металлургии	<p>Тема 1. Физико-химические основы металлургических процессов. Строение вещества. Кристаллическая структура простых и сложных окисных фаз. Генезис свойств металла. Термодинамическая система и термодинамические параметры. Термодинамика сплавов. Фазовые переходы. Термодинамика поверхностных явлений. Кинетика металлургических реакций. Признаки лимитирующих стадий. Термодинамика необратимых процессов.</p> <p>Тема 2. Теория пирометаллургических процессов. Строение и свойства жидких металлов. Термодинамика процессов плавления и кристаллизации. Теории строения шлаков. Поверхностная энергия простых и сложных оксидных расплавов. Поверхностно-активные компоненты.</p> <p>Тема 3. Твердофазные процессы. Диффузия в твердых телах. Твердофазные химические реакции, их классификация. Кинетика процессов в твердых телах. Реакции в твердых телах при взаимодействии с внешней средой. Общая теория окислительно-восстановительных реакций в твердом теле. Основы теории спекания. Основные механизмы твердофазного и жидкофазного спекания.</p> <p>Тема 4. Основы процессов восстановления. Структура и свойства оксидов черных, цветных и редких металлов. Термодинамика восстановления оксидов. Механизм и кинетика процессов восстановления. Математические модели процесса восстановления кускового материала газом. Кинетика восстановления твердого материала и расплава твердым восстановителем. Металлотермия. Науглероживание элементов.</p> <p>Тема 5. Процессы взаимодействия в системах «металл-шлак». Вязкость жидких металлов и сплавов. Электропроводность жидких металлов и шлаков. Основы процессов испарения и</p>

		<p>конденсации. Очистка металлов ректификацией. Основные типы диаграмм в бинарных системах.</p> <p>Тема 6. Физико-химические свойства расплавленных солей. Термодинамические свойства расплавленных солей. Парциальные и интегральные термодинамические характеристики. Взаимодействие расплавленных солей с металлами и газами. Растворимость металлов в солях, методы изучения, природа растворов. Свойства систем металл-соль. Термодинамика равновесия металл-соль.</p> <p>Тема 7. Теория гидрометаллургических процессов. Растворение. Выщелачивание. Основные положения теории массопередачи. Общая характеристика процессов ионного обмена, сорбции. Общая характеристика процессов экстракции, примеры их использования. Классификация методов осаждения. Кристаллизация в гидрометаллургии. Термодинамика, кинетика и механизм цементации.</p> <p>Тема 8. Теория электрометаллургических процессов. Гальванические элементы. Классификация электродов. Поляризация электродов. Электролиз. Особенности электрохимии расплавленных сред. Кинетика электродных процессов в расплавах. Анодный эффект, сущность и механизм возникновения. Основы высокотемпературной электрометаллургии цветных металлов.</p> <p>Тема 9. Основы теории металлургической теплотехники. Техническая термодинамика. Механика жидкостей и газов. Основы теории подобия и моделирование металлургических печей. Тепло- и массообмен. Нагрев, плавление и затвердевание металла. Гидродинамика жидкой ванны. Горение. Коксование. Сушка. Процессы сложного теплообмена в металлургических печах. Методы и анализ процессов сложного теплообмена. Тепло- и массообмен в факеле. Определение основных характеристик факела. Современные представления о влиянии основных характеристик факела на процессы теплообмена. Особенности прямого и косвенного режима теплообмена. Оптимизация процессов теплообмена в плавильных и нагревательных печах.</p>
P2	Технологии производства черных металлов	<p>Тема 1. Подготовка сырья к плавке. Классификация железорудных материалов. Флюсы. Топливо. Способы подготовки железорудных материалов к плавке. Дробление и измельчение. Обогащение руд. Грохочение. Окускование железорудных материалов. Агломерация железных руд. Получение железорудных окатышей. Конструкция агрегатов для окускования железорудных материалов. Коксование углей и формирование кокса.</p> <p>Тема 2. Производство чугуна в доменных печах. Процессы восстановления в доменных печах. Науглероживание железа и формирование чугуна. Шлакообразование в доменных печах. Поведение серы в доменных печах. Внедоменная обработка чугуна. Теплообмен. Движение газа и материалов в доменной печи. Ресурсосбережение и методы интенсификации процесса. Конструкция доменных печей. Оборудование доменных цехов. Управление доменной плавкой. Математическое моделирование доменного процесса.</p> <p>Тема 3. Внедоменное получение первичного металла. Твердофазные процессы производства первичного металла. Степень металлизации. Качество металлизированного сырья. Агрегаты для</p>

		<p>твердофазного получения первичного металла. Жидкофазные процессы. Качество продукции. Агрегаты для жидкофазного восстановления. Особенности переработки комплексных руд и техногенных материалов при внедоменном получении металлов и сплавов.</p> <p>Тема 4. Metallургия стали. Раскисление стали. Удаление неметаллических включений из металла. Газы в стали и методы борьбы с ними: водород, азот. Кристаллизация и разливка стали. Поведение металлической струи при разливке. Физические методы воздействия на процесс затвердевания стали. Особенности технологии выплавки стали для разливки на МНЛЗ.</p> <p>Тема 5. Особенности производства стали в различных сталеплавильных агрегатах. Теоретические основы и практика кислородно-конвертерного процесса. Математическое моделирование и управление конвертерными процессами. Теория и технология подовых процессов производства стали, мартеновское производство. Особенности теплообмена в печах, работающих при продувке металла кислородом. Теплопередача в ванне в процессе завалки шихты, прогрева и плавления скрапа.</p> <p>Тема 6. Электросталеплавильное производство. Современное состояние и перспективы развития электросталеплавильного производства. Электрические дуговые печи. Открытая и вакуумная индукционная плавка. Вакуумный дуговой переплав. Электрошлаковый переплав. Плазменная плавка и плазменно-дуговой переплав. Электронно-лучевой переплав.</p> <p>Тема 7. Теория и практика внепечной обработки стали. Способы гомогенизации металла. Дегазация и удаление включений. Десульфурация стали в ковше. Варианты безокислительной дефосфорации стали. Раскисление и дегазация стали в вакууме. Способы вакуумирования. Проблема непрерывных процессов производства стали. Комбинирование непрерывного сталеплавильного процесса с непрерывной прокаткой.</p> <p>Тема 8. Производство ферросплавов. Современное состояние и перспективы развития ферросплавной промышленности. Классификация процессов получения ферросплавов. Карботермические процессы. Технология получения промежуточных кремниевых сплавов. Металлотермические процессы, физико-химические основы металлотермии. Вакуумно-термические процессы, физико-химические основы. Вакуумная плавка и обработка жидких ферросплавов под вакуумом. Азотированные ферросплавы.</p>
P3	Металлургические печи	<p>Тема 1. Оборудование печей. Устройства для сжигания газообразного, жидкого топлива. Устройства для утилизации тепла отходящих газов. Регенеративные теплообменники. Рекуперативные теплообменники. Теплосиловые устройства. Испарительное охлаждение доменных, мартеновских и нагревательных печей. Охлаждение конвертерных газов.</p> <p>Тема 2. Теоретические основы и общая характеристика газоочистных устройств. Сухая механическая очистка газов; очистка газов фильтрацией; мокрая очистка газов; электрическая очистка газов. Очистка газов доменного и сталеплавильного производства. Очистка газов печей цветной металлургии. Осветление, химическая обработка и охлаждение оборотной воды.</p>

		<p>Тема 3. Огнеупорные материалы. Физические и рабочие свойства огнеупорных материалов, используемых в металлургических печах. Тема 4. Печи черной металлургии. Топливные печи. Шахтные печи. Пламенные нагревательные печи. Пламенные термические печи. Печи с теплогенерацией за счет химической энергии жидкого чугуна.</p> <p>Тема 5. Печи цветной металлургии. Топливные печи. Шахтные печи для плавки окисленных никелевых руд. Шахтные печи для свинцовой плавки. Отражательные печи для плавки на штейн. Анодные и вайербарсовы печи. Трубчатые вращающиеся печи. Нагревательные печи. Печи для обжига сульфидных материалов в кипящем слое. Печи для обжига цинковых, медных и молибденовых концентратов. Конвертеры заводов цветной металлургии. Печи для автогенной плавки медных концентратов на штейн и черновую медь. Плавка в жидкой ванне. Печь А.В. Ванюкова для плавки руд и концентратов.</p> <p>Тема 6. Электрические печи. Общая характеристика электрических печей применяемых в черной, цветной металлургии и машиностроении. Теплотехнические особенности работы печей различной конструкции. Дуговые и плазменно-дуговые печи. Индукционные печи. Печи сопротивления. Специальные печи.</p> <p>Тема 7. Структура теплового баланса плавильных и нагревательной печи в металлургии. Основные показатели тепловой работы печей в металлургии и их анализ.</p>
Р4	Технология производства цветных и редких металлов	<p>Тема 1. Технология производства тяжелых цветных металлов. Общие принципы извлечения меди, никеля, свинца, цинка из руд и концентратов. Основные стадии формирования металлургических расплавов (шлака, штейна, шпейзы). Способы извлечения серы при пирометаллургической переработке сульфидного сырья. Поведение редких и рассеянных элементов в основных пирометаллургических процессах.</p> <p>Тема 2. Переработка медных руд и концентратов. Переработка штейнов на черновую медь. Автогенные процессы в металлургии меди. Огневое и электролитическое рафинирование меди. Гидрометаллургия меди. Практика кучного и автоклавного выщелачивания.</p> <p>Тема 3. Переработка никелевых руд и концентратов. Плавка в шахтных печах. Конвертирование никелевых штейнов. Схема производства металлургического кобальта. Плавка в электропечах на ферроникель. Гидрометаллургические и комбинированные способы комплексной переработки окисленных и никелевых руд. Плавка в электрических печах. Особенности конвертирования медно-никелевых штейнов. Гидрометаллургические и комбинированные способы комплексной переработки сульфидных руд и концентратов. Методы получения никеля и кобальта из растворов; электролиз, водородное восстановление.</p> <p>Тема 4. Переработка свинцовых концентратов. Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов. Восстановительная плавка свинцового агломерата. Новые направления в металлургии свинца. Автогенные и гидрометаллургические способы переработки свинцовых концентратов.</p> <p>Тема 5. Переработка цинковых концентратов. Сравнение</p>

		<p>эффективности пиро- и гидрометаллургического методов получения цинка. Пирометаллургические методы получения цинка из огарка. Электротермия цинка. Особенности выплавки цинка в шахтных печах. Гидрометаллургия цинка. Комплексное использование цинкосодержащего сырья.</p> <p>Тема 6. Технология производства золота, серебра и металлов платиновой группы. Осаждение золота и серебра из цианистых растворов цинком и алюминием. Специальные процессы переработки руд и концентратов сложного состава. Аффинаж золота, серебра и металлов платиновой группы.</p> <p>Тема 7. Технология производства лёгких цветных сплавов. Теория и технология получения магния. Особенности кинетики электродных процессов. Получение алюминия. Переработка бокситов. Получение глинозёма. Комплексная переработка нефелинов. Технология электролитического получения алюминия. Электролитическое рафинирование алюминия. Metallurgy вторичного алюминия.</p> <p>Тема 8. Технология производства редких металлов. Тугоплавкие редкие металлы. Вольфрам и молибден. Тантал и ниобий. Титан, цирконий и гафний. Основы переработки рудных концентратов. Обзор способов получения с учётом особенностей свойств этих металлов. Рассеянные редкие металлы. Технология попутного извлечения галлия, индия, германия, рения. Редкоземельные и радиоактивные металлы. Основы процессов получения редкоземельных металлов высокой чистоты. Лёгкие редкие металлы. Бериллий. Литий. Основы технологии производства.</p>
--	--	---

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

3.2.2. Примерная тематика *индивидуальных* или групповых проектов

Не предусмотрено.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий

Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Теоретические основы и химизм шлакообразования при плавке медных концентратов;
2. Теоретические основы и химизм штейнообразования при плавке медных концентратов;
3. Практика шахтной плавки медных концентратов, устройство и работа печи, показатели процесса;
4. Автогенные процессы плавки медных концентратов, особенности шлако- и штейнообразования;
5. Практика и химизм автогенной плавки в расплаве, схема печи и ее работа (процесс А.В. Ванюкова);
6. Теоретические основы и химизм конвертирования медных штейнов;
7. Теоретические основы и химизм огневого рафинирования меди;

8. Сущность и теоретические основы электролитического рафинирования меди, анодный и катодный процессы;
9. Теоретические основы и химизм получения никелевых штейнов;
10. Конвертирование никелевых штейнов, теоретические основы и химизм процессов;
11. Химизм и практика восстановительной электроплавки закиси никеля, устройство и работа электропечи;
12. Технологическая схема переработки сульфидных никелевых руд, назначение и сущность переделов;
13. Практика плавки сульфидных никелевых концентратов, устройство и работа печи, показатели процесса;
14. Конвертирование никелевых штейнов, теоретические основы и химизм процессов;
15. Флотация медно-никелевого файнштейна, назначение процесса, аппаратное оформление;
16. Теоретические основы электролитического рафинирования никеля, анодный и катодный процессы, поведение примесей;
17. Краткая характеристика способов первичного обогащения кусковых золотосодержащих руд.
18. Термодинамика процесса цианирования.
19. Кинетика цианирования. Лимитирующая стадия процесса.
20. Теоретические основы осаждения золота цинком.
21. Практика и оборудование осаждения золота и серебра цинком, основные схемы обработки цинковых осадков.
22. Методы извлечения золота и серебра из товарных регенератов.
23. Хлорный процесс аффинажа.
24. Электролитическое рафинирование серебра.
25. Электролитическое рафинирование золота.
26. Основные и побочные электродные процессы при электролизе алюминия.
27. Режим и показатели электролиза алюминия.
28. Сущность, режим и показатели трехслойного электрорафинирования алюминия.
29. Физико-химические свойства и области применения тантала и ниобия.
30. Сырьевая база и области применения тантала и ниобия.
31. Получение металлического тантала и ниобия.
32. Методы получения порошков металлического молибдена
33. Методы получения порошков металлического вольфрама
34. Получение вольфрама и молибдена в виде компактных металлов.
35. Методы хлорирования титансодержащего сырья.
36. Сущность электролитического получения и рафинирования титана.
37. Физико-химические основы технологических процессов окускования железорудного сырья.
38. Недостатки существующих и перспективных технологий окускования железорудного сырья.
39. Современное и перспективное оборудование для подготовки руд к доменной плавке.
40. Методы оценки энергоэффективности технологических схем подготовки руд к плавке.
41. Физико-химические основы бескоксовой металлургии.
42. Физико-химические подходы к оценке качества железорудного сырья.
43. Физико-химические основы изучения восстановительных процессов доменной плавки.
44. Современные представления и методы математического описания теплообмена в доменной печи.
45. Физико-химические подходы к выбору составов шлака для выплавки чугуна.
46. Взаимосвязь между развитием основных процессов доменной плавки.
47. Закономерности движения газов и расплавов в доменной печи.
48. Тенденции совершенствования оборудования и конструкции доменной печи.

49. Физико-химические основы мероприятий, направленных на снижение энергозатрат на выплавку чугуна.
50. Методы моделирования процессов доменной плавки.
51. Управление ходом доменного процесса.
52. Физико-химические основы технологических процессов получения стального полупродукта.
53. Физико-химические основы технологии внепечного рафинирования стали.
54. Конструкции современных сталеплавильных агрегатов и перспективы их развития.
55. Пути снижения энергозатрат при производстве стали.
56. Математические модели физико-химических процессов производства стали.
57. Использование методов термодинамики и кинетики при описании процессов производства стали.
58. Теоретические основы производства непрерывной литой заготовки.
59. Методы и анализ процессов сложного теплообмена. Одномерная схема, дифференциальное уравнение и его решения.
60. Зональный метод расчета. Способы определения угловых разрешающих коэффициентов излучения.
61. Усовершенствование зональных методов расчета. Учет спектральных характеристик участвующих в теплообмене сред. Определение локальных характеристик теплообмена. Учет конвективной составляющей. Анализ продольных лучистых потоков.
62. Математические зональные модели плавильных и нагревательных печей.
63. Современные представления о влиянии основных характеристик факела на процессы теплообмена. Длина факела, светимость, учет спектральных характеристик факела, кладки и металла. Положение факела относительно тепловоспринимающей поверхности и кладки.
64. Особенности прямого и косвенного режима теплообмена в плавильных и нагревательных печах.
65. Взаимное действие лучистой и конвективной составляющих теплообмена. Оптимизация процессов теплообмена в плавильных и нагревательных печах.
67. Теоретические основы физического моделирования тепло-и массообменных процессов в металлургических печах.
68. Методика моделирования процессов движения газовой среды и теплообмена в металлургических печах.
69. Структура теплового баланса плавильных и нагревательной печи в металлургии.
70. Основные показатели тепловой работы печей в металлургии и их анализ.
71. Сухая механическая очистка газов; очистка газов фильтрацией; мокрая очистка газов; электрическая очистка газов.
72. Устройства для сжигания газообразного, жидкого топлива
73. Устройства для утилизации тепла отходящих газов. Регенеративные теплообменники. Рекуперативные теплообменники.
74. Физические и рабочие свойства огнеупорных материалов, используемых в металлургических печах.
75. Пламенные нагревательные печи. Пламенные термические печи. Шахтные печи.
76. Дуговые и плазменно-дуговые печи. Индукционные печи. Печи сопротивления.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Юсфин, Ю. С. Металлургия железа: учебник / Ю. С. Юсфин, Н. Ф. Пашков. - М. : Академкнига, 2007. - 464 с.
2. Сырьевая и топливная база черной металлургии: учеб, пособие / Л. И. Леонтьев [и др.]. - М.: Академкнига, 2007 (Йошкар-Ола). - 304 с.

3. *Металлургия чугуна: учеб, для студентов вузов / Е.Ф. Вегман, Б.Н. Жеребин, А.Н. Похвиснев и др. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : ИКЦ Академкнига : Наука/Интерпериодика, 2004. - 774 с.*

4. *Основы теории и технологии доменной плавки / А. Н. Дмитриев и др. - Екатеринбург : УрО РАН, 2005. - 545 с.*

5. *Ярошенко Ю.Г. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии: учебное пособие для вузов / Ю.Г. Ярошенко, Я.М. Гордон, И.Ю. Ходоровская. Под ред. Ю.Г. Ярошенко. - Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. - 670 с. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. - 378 с.*

6. *Набойченко, С.С. Процессы и аппараты цветной металлургии: Учебник для вузов / С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич и др. - Екатеринбург: УГТУ, 2005. - 699 с.*

7. *Резник, И.Д. Никель. в 3-х томах / И.Д. Резник, Г.П. Ермаков, Я.М. Шнейерсон. - М.: ООО Наука и технологии. 2003. - 1545 с.*

8. *Казанбаев, Л.А. Гидрометаллургия цинка / Л.А. Казанбаев, П.А. Козлов, В.Л. Кубасов и др. - М.: Руда и металлы. 2006. - 171 с.*

9. *Жуков, В.П. Рафинирование меди / В.П. Жуков, В.С. Спитченко. УРФУ, - Екатеринбург. 2011. - 317 с.*

10. *Набойченко, С.С. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко и др. - Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. - 940 с.*

11. *Масленицкий, И.Н. Металлургия благородных металлов: Учебник для вузов / И.Н. Масленицкий, Л.В. Чугаев, В.Ф. Борбат и др. - М.: Металлургия. 1987. - 432 с.*

12. *Беляев А.И. Металлургия легких металлов Учебник для вузов / А.И. Беляев. - 6-е изд., испр. и доп. - М.: Металлургия, 1970 - 368 с.*

13. *Зеликман, А.Н. Металлургия редких металлов / А.Н. Зеликман. - М.: Металлургия. 1980. - 328 с.*

14. *Тарасов, А.В. Металлургия титана : Учеб. пособие для студентов металлург. и авиац. вузов / А. В. Тарасов. - М. : Академкнига, 2003 . - 328 с.*

15. *Теплотехника металлургического производства. Т.1. Теоретические основы: учебное пособие для вузов/ Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Белоусов В.В и др. - М.: МИСИС, 2002 – 608 с.*

16. *Теплотехника металлургического производства. Т.2. Конструкция и работа печей, Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Белоусов В.В и др. – М.: МИСИС, 2002. - 230 с.*

17. *Цымбал, В.П. Математическое моделирование сложных систем в металлургии. Кемерово; М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат - АСТШ, 2006. 431 с.*

18. *Теплофизические основы тепловой работы металлургических слоевых печей и агрегатов / Ю.Г. Ярошенко, В.С. Швыдкий, Н.А. Спирин, В.И. Матюхин, В.В. Лавров. Под ред. Ю.Г. Ярошенко. Екатеринбург: АМК «День РА», 2019. 464 с. Электронный научный архив УрФУ <http://hdl.handle.net/10995/78843>*

19. *Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП: учебное пособие / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев, Л.Ю. Гилева, А.В. Краснобаев, В.С. Швыдкий, О.П. Онорин, К.А. Щипанов, А.А. Бурыкин; под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 558 с. Электронный научный архив УрФУ: <http://hdl.handle.net/10995/27839>*

20. *Гущин, С.Н. Топливо и расчеты его горения. Учебное пособие / С.Н. Гущин, Л.А. Зайнуллин, М.Д. Казяев, Б.П. Юрьев, Ю.Г. Ярошенко. Под ред. Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. - 89 с.*

5.1.2. Дополнительная литература

1. *Спирин Н.А., Лавров В.В., Паршаков С.И. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии: Учебное пособие для вузов. –Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. – 310 с. Электронный научный архив УрФУ: <http://hdl.handle.net/10995/40110>*

2. *Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О. П. Онорин и др. ; Под ред. Н.А. Спирина. - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. - 301 с. <http://hdl.handle.net/10995/40111>*

3. *Бигеев, В.А. Металлургические технологии в высокопроизводительном электроста-*

леплавильном цехе: учеб, пособие / В. А. Бигеев, А. М. Столяров, А. Х. Валиахметов ; Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : Изд-во Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова, 2014. - 308 с.

4. Лисиенко, В.Г. Оборудование промышленных предприятий: справочное изд. в 6-ти т. / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев. - М. : Теплотехник, 2008 - . Т. 1 : Развитие цветной металлургии. Тяжелые цветные металлы. - 2008. - 720 с.

5. Структура и свойства расплавов меди с алюминием, оловом и свинцом / Н. В. Корчемкина [и др.] ; Ин-т металлургии. - Екатеринбург: УИПЦ, 2014. - 181 с.

6. Москвитин, В.И. Металлургия лёгких металлов / В. И. Москвитин, И. В. Николаев, Б. А. Фомин. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005. - 416 с., ил.

7. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов / А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов. - М.: Металлургия, 1991. - 432 с.

8. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов М.: Интермет Инжиниринг, 2003. - 464 с.

9. Букин В.И., Игумнов М.С. и др. Переработка производственных отходов и вторичных сырьевых ресурсов, содержащих редкие, благородные и цветные металлы М.: Деловая столица, 2002. - 224 с.

10. Жуков, В.П. Черновая медь и серная кислота в 2-х томах / В.П. Жуков, А.И. Вольхин, Е.И. Елисеев, : Челябинск. Производственное объединение «Книга», 2004. - 855 с.

11. Тарасов, А.В. Огневое рафинирование медного лома / А.В. Тарасов, А.И. Окунев. Москва: Гинцветмет. 2005. 104 с.

12. Кобальт / Резник И.Д., Соболев С.И., Худяков В.М. в 2-х томах, 1995. М.: Машиностроение. 1995. 908 с.

13. Набойченко, С.С. Расчеты гидрометаллургических процессов / С.С. Набойченко, А.А. Юнь. Москва: МИСИС, 1995. 428 с.

14. Кобахидзе В.В. Тепловая работа и конструкции печей цветной металлургии. – М.: МИСИС, 1994. – 356 с.

15. Телегин А.С., Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. Тепломассоперенос. М.: ИКЦ «Академ-книга», 2002. 455 с.

16. Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. и др. Механика жидкости и газов / Под ред. В.С. Швыдкого. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 464 с.

17. Информационные системы в металлургии / Н.А. Спирин, Ю.В. Ипатов, В.И. Лобанов и др. Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 617 с.

18. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев, А.В. Краснобаев, О.П. Онорин. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с. Электронный научный архив УрФУ: <http://hdl.handle.net/10995/39973>

19. Конструирование и расчет индукционных плавильных печей: учебное пособие / С. В. Карелов [и др.] ; [науч. ред. С. Н. Гущин]. — Екатеринбург : УрФУ, 2014. — 162. <http://hdl.handle.net/10995/28670>

5.2. Методические разработки

Не используются.

5.3. Программное обеспечение

Не используется.

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Зональная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
3. База данных Cambridge Science, Technology & Medicine (STM) Journal, Cambridge University Press <http://www.journals.cambridge.org>
4. База данных Academic Search Complete, компания EBSCO publishing <http://search.ebscohost.com>

5. База данных Web of Science SCI (WOS), компания Thompson Reuters
<http://apps.webofknowledge.com>
6. Поисковые системы: www.yandex.ru, google.ru www.rambler.ru

5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Корюков В.Н., Рогожников Д.А., Шопперт А.А. Экологическая безопасность на предприятиях цветной металлургии. ЭОР УрФУ. Режим доступа: <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/13543>.
2. Лебедев В.А. Теория электрометаллургических процессов. ЭОР УрФУ Режим доступа: <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/283>.
3. Кырчиков А.В., Логинова И.В. Производство глинозема. ЭОР УрФУ. <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/11678>.
4. Металлургия цветных металлов: электронный учебный курс / Маковская О.Ю., Колмачихина О.Б. // Система электронного обучения на платформе Moodle. URL: <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=5791>
5. Спирин Н.А. Моделирование процессов и объектов в металлургии. ЭОР УрФУ <https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/14165>, <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=4769>
6. Системы поддержки принятия решений: электронный учебный курс / Спирин Н.А. // Система электронного обучения на платформе Moodle. URL: <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=4632>
<https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/14164>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Учебные занятия проводятся в специализированных аудиториях Института новых материалов и технологий. Аудитории Института новых материалов и технологий (Мт-329, Мт-408, Мт-409 Х-509, Х-512, Х-506, С-109) оснащены необходимым специализированным оборудованием: проекторы и экраны, широкоформатные дисплеи, документ-камеры, электронные интерактивные доски и планшеты, системы озвучивания.