

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1152580	Электротехнологии

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Metallurgy of titanium	Код ОП 1. 22.03.02/33.03
Направление подготовки 1. Metallurgy	Код направления и уровня подготовки 1. 22.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Лозовая Елизавета Юрьевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	металлургии железа и сплавов

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Электromеталлургия

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из одноименной дисциплины, содержание которой направлено на формирование компетенций в области электromеталлургии стали и специальных рафинирующих переплавных процессов, умений и навыков применения физико-химических и теплофизических закономерностей к изучаемым процессам, освоения знаний об устройстве агрегатов и технологиях производства, овладения методами решения инженерных задач повышения эффективности и совершенствования процессов электromеталлургического производства. В курсе лекций студенты знакомятся с современным состоянием и этапами развития технологической схемы электromеталлургического производства стали и сплавов, изучают физико-химические и теплофизические основы технологических процессов, детально знакомятся с особенностями основных технологий и конструкций агрегатов. Практические занятия направлены на приобретение студентами навыков технологических расчетов и управления технологическими процессами. При реализации дисциплин модуля используются проектная технология обучения, проблемное обучение, информационно-коммуникационные технологии, групповая работа. Проблемное обучение, применяемое в процессе изучения разделов дисциплин основано на разборе реальных производственных проблем и поиске их решений.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Электromеталлургия	15
ИТОГО по модулю:		15

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

<p>Электрометаллургия</p>	<p>ПК-17 - Способен выполнять расчеты материальных потоков по отдельным операциям и всему производству в целом</p>	<p>З-1 - Объяснять основные положения теории электрометаллургических процессов</p> <p>З-2 - Объяснять принципы и методики физико-химических, теплофизических балансовых расчетов электрометаллургических процессов</p> <p>У-1 - Анализировать результаты технологических расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима процессов черной металлургии</p> <p>У-2 - Выбирать методы балансовых и технологических расчетов процессов получения черных металлов в зависимости от типа технологической задачи, анализировать результаты расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима</p> <p>У-3 - Интерпретировать результаты конструкторских расчетов основного технологического оборудования цехов черной металлургии.</p> <p>П-1 - Самостоятельно выполнять в рамках заданий инженерные расчеты с целью обоснования оптимальных технологических параметров электроплавки.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельности при выполнении расчетных работ</p>
---------------------------	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и очно-заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электromеталлургия

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Лозовая Елизавета Юрьевна	канд.техн.наук, доцент	доцент	Металлургия железа и сплавов"

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Развитие и современное состояние способов производства черных металлов	<p>Развитие и современное состояние технологической схемы производства черных металлов.</p> <p>Получение стали из чугуна. Современная структура сталеплавильного производства. Технологические задачи и общая характеристика процессов получения литой стали. Принципиальная схема сталеплавильных процессов, ее особенности с точки зрения приложения законов физической химии к анализу сталеплавильных процессов.</p> <p>Понятие стали. Классификация стали. Сталь и альтернативные конструкционные материалы: технические, экономические и экологические аспекты применения и производства. Динамика, современное состояние и перспективы мирового производства стали. Производство стали в России и на Урале.</p>
P2	Природа и физико-химические особенности взаимодействия металлической и шлаковой фаз	<p>Природа жидкого состояния. Физико-химические свойства и структура малоперегретых жидкостей.</p> <p>Металлические расплавы. Особенности электронного строения жидких металлов. Модель свободных электронов. Уровень Ферми и химический потенциал металлического расплава. Особенности электронного строения 3-d переходных металлов и железа.</p>

		<p>Растворение элементов в железе. Образование растворов внедрения и замещения. Критерии электронного и размерного соответствия. Термодинамическая оценка взаимодействия элементов с железом при образовании растворов. Химический потенциал и активность компонентов раствора. Стандартные состояния и коэффициенты активности. Изменение изобарного потенциала и активности при изменении идеальной системы сравнения и стандартного состояния. Влияние состава раствора на коэффициент активности компонента. Методы оценки. Аппарат параметров взаимодействия. Использование модели регулярных растворов.</p> <p>Капиллярная активность и адсорбция компонентов в растворах железа. Кинетические свойства расплавов железа. Вязкость. Диффузионная способность компонентов.</p> <p>Природа и свойства шлаковых расплавов. Функции шлаков в сталеплавильных процессах. Источники шлаков, молекулярный состав. Диаграммный метод анализа шлаковых систем, его приложение к системам на основе оксидов кремния и кальция с компонентами основных и кислых шлаков. Шлакообразование: механизм и кинетика.</p> <p>Жидкие шлаки. Развитие представлений о строении жидких шлаков. Молекулярные представления. Ионная природа оксидных расплавов. Ионобразование и типы ионов в расплавах сталеплавильных шлаков.</p> <p>Оценка активности компонентов шлаковых расплавов. Молекулярная теория. Активность компонентов шлака с позицией ионной теории. Теория совершенных и регулярных ионных растворов. Основные положения и области применения. Расчетные соотношения для активностей и коэффициентов активности ионов.</p> <p>Физико-химические и технологические свойства шлаков. Вязкость и поверхностное натяжение. Зависимость от состава и температуры.</p> <p>Основность шлаков. Методы оценки основности. Технологические показатели основности. Активность анионов кислорода шлака как показатель основности. Оценка активности анионов кислорода для шлаков различного состава. Модель совершенных ионных растворов. Полимерная модель силикатных расплавов.</p> <p>Окисляющая способность шлаков. Распределение кислорода между металлом и шлаком. Коэффициент распределения. Зависимость от состава шлака. Влияние основности.</p> <p>Окислительный потенциал шлаков. Оценка с использованием модели регулярных ионных растворов. Механизм передачи кислорода шлаками. Физико-химические закономерности стадий процесса. Технологические условия интенсификации. Роль перемешивания, состава и свойств шлака.</p> <p>Особенности взаимодействия металла и шлака. Электрохимическая природа взаимодействия. Характер электродных процессов на границе раздела фаз, взаимосвязь</p>
--	--	--

		<p>равновесного распределения элементов между металлом и шлаком. Межфазные свойства, границы раздела, капиллярная активность компонентов металла и шлака.</p>
<p>Р3</p>	<p>Термодинамический и кинетический анализ главных сталеплавильных реакций</p>	<p>Сродство элементов примесей железа к кислороду. Критерий сродства. Нормальное сродство. Относительные скорости окисления примесей.</p> <p>Влияние температуры на порядок окисления примесей. Влияние концентрации компонента на скорость его окисления. Критическая концентрация компонента. Траптовка критической концентрации. Кинетические режимы окисления примеси.</p> <p>Окисление шлакообразующих примесей. Особенности протекания реакций. Выбор компонентов шлака, отражение в стехиометрической записи реакций. Особенности термодинамического описания, выбор стандартных состояний, оценка активности компонентов и константы равновесия.</p> <p>Условия окисления и поведение кремния в сталеплавильных процессах. Раствор кремния в железе. Распределение кремния между металлом и шлаком. Стехиометрическая запись реакций окисления кремния. Термодинамическое описание. Полнота протекания реакции окисления кремния. Влияние состава шлака и температуры. Обратимость реакции. Поведение кремния в основных и кислых процессах. Количественное описание распределения кремния между металлом и шлаком в сталеплавильных процессах.</p> <p>Условия окисления и поведение марганца в сталеплавильных процессах. Раствор марганца в железе и его сплавах, термодинамика растворов. Электрохимическое описание распределения марганца между металлом и шлаком. Стехиометрическая запись реакции окисления марганца. Термодинамическое описание. Расчетные и экспериментальные данные. Тепловой эффект реакции, роль в процессах теплогенерации при выплавке стали. Полнота протекания реакции окисления марганца. Влияние температуры и состава шлака. Обратимость реакции. Поведение марганца в основных и кислых процессах. Количественное описание распределения марганца между металлом и шлаком в сталеплавильных процессах.</p> <p>Дефосфорация металла. Раствор фосфора в железе и его сплавах, термодинамика растворов. Особенности фазовых переходов в системе железо-фосфор, природа влияния фосфора на свойства стали. Электрохимическое описание распределения фосфора между металлом и шлаком. Константа равновесия и ее зависимость от температуры и состава шлака. Роль основности шлака в процессах дефосфорации, характер влияния содержания оксидов двухвалентного железа. Стехиометрическая запись реакции окисления фосфора, термодинамические данные для ее описания. Тепловой эффект реакции, роль в процессах теплогенерации при выплавке стали. Обратимость реакции, условия рефосфорации. Основы</p>

		<p>количественного описания распределения фосфора между металлом и шлаком в сталеплавильных процессах.</p> <p>Кинетика окисления шлакообразующих примесей. Механизм реакций, стадии процесса, возможности кинетического и диффузионного торможения. Закономерности диффузионного режима. Критические концентрации примесей. Закономерности смешанного и кинетического режимов, условия их реализации. Влияние на кинетику процесса условий перемешивания и концентрации примеси в металле.</p> <p>Десульфурация металла. Раствор серы в железе и его сплавах. Термодинамика растворов. Капиллярная активность серы. Особенности фазовых переходов в системе «железо-сера», природа влияния серы на свойства стали. Пределы удаления серы при десульфурации стали. Электрохимическое описание распределения серы между металлом и шлаком. Коэффициент распределения серы. Зависимость от температуры и состава шлака. Роль основности шлака в процессах десульфурации металла, характер влияния оксидов двухвалентного железа. Взаимосвязь процессов распределения серы и кислорода. Влияние на процессы десульфурации шлаками состава металла и температурного режима процесса. Основы количественного описания степени десульфурации на базе эмпирических данных по распределению серы в основных процессах.</p> <p>Кинетика десульфурации металла шлаками. Экспериментальные данные, обоснование диффузионного режима процесса. Роль перемешивания ванны в процессах десульфурации при выплавке стали.</p> <p>Альтернативные способы десульфурации металла. Десульфурация при обработке металла сульфидообразующими элементами (ЩЗМ) и их оксидами. Окисление серы кислородом металла и газовой фазы.</p> <p>Окисление углерода. Роль реакции в сталеплавильных процессах. Раствор углерода в железе и его сплавах, термодинамика растворов, параметры взаимодействия. Анализ равновесия в трехкомпонентной системе «Fe-O-C». Реакция взаимодействия растворенных в железе углерода и кислорода. Термодинамическое описание реакции. Константа равновесия и тепловой эффект реакции. Условия гомогенного зарождения продуктов реакции. Критический размер пузыря. Гетерогенное зарождение на твердых и пористых границах раздела. Фронт реакции окисления углерода. Окисление углерода на границе «металл – шлак». Вспенивание шлака. Стабильность и разрушение «пены».</p> <p>Перемешивание металла при всплывании пузырей оксида углерода. Работа и мощность перемешивания. Роль параметров жидкой ванны и интенсивность обезуглероживания.</p> <p>Механизм и кинетика окисления углерода. Стадии процесса и закономерности их протекания. Анализ экспериментальных данных по кинетике окисления углерода. Критические концентрации углерода в металле. Области диффузионного торможения реакции по массопереносу углерода и кислорода.</p>
--	--	---

		<p>Условия протекания реакции в смешанном и кинетическом режимах. Пути интенсификации процесса обезуглероживания. Роль окислительного потенциала газовой фазы и перемешивания. Возможности интенсификаций процесса продувкой ванны кислородом.</p>
P4	Раскисление и легирование стали	<p>Раскисление стали. Задачи и способы раскисления. Осаждающее раскисление стали. Химизм процесса. Раскисляющая способность элементов раскислителей. Термодинамика реакций раскисления металла марганцем, кремнием и алюминием. Зарождение продуктов раскисления, их влияние на качество стали. Пути и условия удаления продуктов раскисления из жидкой стали. Закономерности всплывания, осаждения и коагуляции частиц. Комплексное раскисление стали. Условия получения жидких продуктов комплексного раскисления. Повышение раскисляющей способности раскислителей. Технология осаждающего раскисления стали.</p> <p>Диффузионное раскисление стали. Равновесное распределение кислорода между металлом и шлаком. Пути смещения равновесия. Кинетика установления равновесия. Варианты технологической реализации диффузионного раскисления. Достоинства и недостатки диффузионного раскисления.</p> <p>Вакуумное раскисление стали. Зависимость раскисляющей способности углерода от внешнего давления. Технологическая реализация вакуумного раскисления. Достоинства и недостатки.</p> <p>Легирование стали. Природа влияния легирующих элементов на свойства стали. Классификация по характеру влияния на температуры полиморфных превращений и процессы дисперсионного твердения железа. Термодинамика легирования чистыми элементами. Тепловые условия легирования ферросплавами. Окислительно-восстановительные условия легирования. Распределение легирующих элементов между металлом и шлаком, угар элементов при легировании.</p> <p>Кинетика растворения ферросплавов. Закономерности изотермического растворения. Кинетика неизотермического растворения. Эффект намораживания «корочки». Механизм и кинетические особенности растворения тугоплавких и легкоплавких сплавов. Закономерности теплового и диффузионного периодов растворения. Пути интенсификации процесса легирования. Роль перемешивания металла и измельчения ферросплавов. Легирование экзотермическими ферросплавами и жидкими лигатурами.</p>
P5	Газы и неметаллические включения в стали	<p>Условия растворения газов в жидком металле. Изотерма растворимости. Закон Сивертса. Влияние легирующих элементов на растворимость газов в железе. Изобара</p>

		<p>растворимости. Влияние газов на свойства стали. Дегазация металла. Уравнение Геллера. Роль вакуумирования и обработки металла инертными газами. Закономерности дегазации металла при выплавке стали. Роль обезуглероживания. Растворимость азота и водорода в сталеплавильных шлаках. Газопроницаемость шлаков. Газонасыщенность стали при выплавке различными процессами.</p> <p>Неметаллические включения в стали. Источники, классификация. Характеристика оксидных включений. Характеристика сульфидных включений. Методы контроля. Влияние неметаллических включений на свойства стали. Пути снижения загрязненности стали неметаллическими включениями. Модифицирование.</p>
Р6	Устройство современных электродуговых печей	<p>Электрическая дуга. Физическая сущность электрической дуги и классификация электрических разрядов. Термоэлектронная эмиссия, строение дуги. Характеристики дуги постоянного и переменного тока. Стабилизация горения дуги.</p> <p>Теплообмен в рабочем пространстве дуговой печи. Форма рабочего пространства. Условия теплообмена между дугой, ванной и кладкой.</p> <p>Классификация дуговых печей по способам теплообмена между ванной и кладкой.</p> <p>Выбор мощности трансформатора из условий обеспечения допустимой температуры футеровки. Основы расчета рациональных размеров ДСП и основные соотношения, обеспечивающие рациональный теплообмен, технологический процесс и технико-экономические показатели. Мощность тепловых потерь, основы её расчета.</p> <p>Футеровка ДСП. Материалы для футеровки дуговых печей, их физико-химические свойства, требования к ним. Выбор элементов конструкции футеровок. Эксплуатация футеровки и пути повышения её стойкости. Влияние футеровки на технико-экономические показатели работы ДСП.</p> <p>Основные соотношения рабочего пространства ДСП.</p> <p>Влияние соотношений рабочего пространства ДСП на протекание физико-химических процессов, тепловые потери и технико-экономические показатели печи. Проектирование рабочего пространства с оптимальными соотношениями между диаметром печи на уровне откосов и диаметром распада электродов, между диаметром печи и высотой центра свода над уровнем ванны. Влияние удельной реакционной поверхности, глубины металлической ванны на получение стали необходимого состава и качества.</p> <p>Механическое оборудование дуговых электропечей. Общая характеристика механического оборудования ДСП. Устройство и конструктивные особенности кожуха, сводового кольца, арматуры, окон, сливного желоба, механизмов наклона печи,</p>

		<p>перемешивания, подъема и спуска электродов, подъема и поворота свода, вращения ванны.</p> <p>Уплотнения электродных отверстий (экономайзеров) и типы их конструктивного исполнения. Пути совершенствования. Механизм зажима электродов и его влияние на работу печи.</p> <p>Современные системы и оборудование пылегазоочистных устройств, их конструктивное исполнение. Влияние количества отводящих газов и пыли на стоимость и эксплуатацию этих устройств и пути повышения эффективности и стабильности их работы.</p> <p>Влияние технического уровня механического оборудования на технико-экономические показатели работы дуговых печей.</p> <p>Электрооборудование ДСП. Электрическая схема дуговых печей. Печной трансформатор. Устройство для переключения ступеней напряжения. Дроссель и его назначение в схеме силовой цепи. Выключатель, шунтирующий дроссель. Линия высокого напряжения. Выключатели мощности (воздушный, электромагнитный). Методы регулирования мощности дуговой печи в зависимости от требований технологии. Разъединители. Короткая сеть. Электроды. Требования к ним, физико-химические свойства. Эксплуатация их и влияние на технико-экономические показатели ДСП.</p> <p>Электрический режим работы печи и его регулирование по периодам плавки. Расчеты электрических параметров и характеристик ДСП.</p> <p>Основы проектирования современных ДСП. Исходные данные. Выбор проектных решений. Рассчитываемые параметры. Методики расчета.</p>
<p>P7</p>	<p>Современный электродуговой процесс</p>	<p>Технологические задачи современного электродугового процесса.</p> <p>Шихтовые материалы. Виды и качество лома. Подготовка лома. Подогрев лома. Конструктивные решения. Эффективность.</p> <p>Энергетический баланс современного электросталеплавильного процесса. Дополнительные источники энергии и теплогенерации. Энерготехнологические режимы современной ДСП и окислительные процессы в ванне дуговой печи. Служба футеровки современной дуговой печи и пути ее повышения.</p> <p>Технология плавки в сверхмощных дуговых печах. Особенности электрического режима. Интенсивность продувки кислородом. Преимущества плавки в ДСП с использованием «болота». Особенности окисления примесей и нагрева металла в современных ДСП. Особенности шлакового режима в сверхмощных ДСП. Работа под магнезиальными шлаками. Вспенивание шлаков в ДСП. Назначение. Техническая реализация. Эффективность. Особенности качества полупродукта ДСП. Особенности плавки в ДСП с</p>

		<p>применением металлизированного сырья. Использование жидкого чугуна в составе шихты ДСП.</p> <p>Технико-экономические показатели процесса. Длительность плавки и производительность агрегата, удельный расход электроэнергии, общая энергоемкость. Выход годного.</p> <p>Новые конструктивные и технологические решения электродугового процесса. Топливо-дуговой сталеплавильный агрегат. Двухэлектродная дуговая печь постоянного тока. ДСП постоянного тока Comelt. Шахтная дуговая печь с удерживающими пальцами. Двухкорпусная ДСП. Двухшахтная ДСП. Процесс Conarc.</p>
P8	Внепечная обработка стали	<p>Предпосылки развития процессов внепечной обработки стали. Задачи и методы внепечной обработки. Вакуумирование стали. Анализ процессов повышения качества при вакуумировании.</p> <p>Способы вакуумирования. Ковшевое вакуумирование. Процессы VD и VOD. Порционное и циркуляционное вакуумирование. Процессы DH и RH. Эффективность процессов.</p> <p>Обработка стали инертными газами. Анализ процессов повышения качества при обработке. Конструкции продувочного устройства. технологические проблемы. Совершенствование оборудования и технологии обработки инертными газами. Эффективность обработки.</p> <p>Обработка металла рафинировочными шлаками в условиях газового перемешивания и электродугового подогрева. Установка «печь-ковш». Функциональные элементы установки. Технология. Процессы повышения качества и эффективность комплексной обработки стали. Использование элементов шлакового рафинирования в вакуумных процессах.</p> <p>Обработка металла твердыми порошкообразными реагентами. Состав инжекционной установки. Варианты технологии. Эффективность.</p> <p>Современное состояние внепечной обработки и место в технологической схеме производства стали.</p>
P9	Организация разливки стали и устройство цехов	<p>Разливка стали как технологический процесс получения слитков. Способы разливки стали. Разливка стали в изложницы. Непрерывная разливка стали. Этапы развития непрерывной разливки и современное состояние. Устройство и схема работы машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Типы машин.</p> <p>Основные закономерности формирования слитка. Зарождение и рост кристаллов. Фундаментальный закон и продолжительность полного затвердевания. Особенности качества слитка. Дефекты усадочного происхождения, кристаллическая и химическая неоднородность.</p>

		<p>Устройство сталеплавильных цехов. Особенности планировочных решений, логистика и организация грузопотоков при разливке стали в изложницы и непрерывной разливке стали. Планировочные решения отделений внепечной обработки и непрерывной разливки стали.</p>
P10	<p>Определение, назначение и классификация ферросплавов</p>	<p>Понятие о ферросплавах, лигатурах, сплавах для раскисления. Требования к ферросплавам, их назначение. Легирование железа ферросплавами и чистыми металлами. Удаление примесей из жидкого железа при помощи ферросплавов. Модифицирование чугуна и стали ферросплавами. Классификация ферросплавов. Понятие ведущего элемента. Роль железа в ферросплавах. Степень восстановления (извлечения) ведущего элемента. Базовая тонна (понятие и методы расчета). Примеси.</p> <p>Классификация способов получения ферросплавов. Виды ферросплавных процессов. Электротермический, металлотермический, электролитический методы. Роль доменного процесса в производстве ферросплавов. Вакуумтермический, конвертерный способы, их особенности, область применения и краткая характеристика. Периодические и непрерывные процессы. Шлаковые и бесшлаковые, флюсовые и бесфлюсовые процессы. Классификация ферросплавных процессов по типу восстановителя.</p>
P11	<p>Аналитические методы математического моделирования и основы электротермии получения ферросплавов</p>	<p>Физико-химические основы процессов получения ферросплавов. Превращения материалов в ванне печи. Процессы диссоциации, плавления, растворения, восстановления, формирования фаз. Возможное соотношение скоростей этих процессов и задачи управления. Шлакообразование и его влияние на ход процесса восстановления. Роль флюсов в различных процессах производства ферросплавов.</p> <p>Основы теории восстановления оксидов. Общая характеристика восстановительных процессов. Термодинамика, механизм и кинетика восстановления металлов газами и твердым углеродом.</p> <p>Особенности восстановления прочных и малопрочных оксидов. Термодинамика восстановления оксидов и расплава. Кинетические закономерности окисления углерода, кремния, алюминия. Кинетика восстановления оксидов расплава углеродом металлической фазы. Металлотермическое восстановление. Особенности углерода, кремния, алюминия как восстановителей. Выбор восстановителей. Восстановление руд. Формирование металлической фазы при производстве ферросплавов.</p> <p>Процессы с участием расплавов при окислительном рафинировании. Физико-химические основы рафинирования металла от углерода. Способы рафинирования. Электрическая дуга в рудовосстановительной печи. Строение ванны печи бесшлакового, шлакового и многошлакового процесса.</p>

		<p>Глубина погружения электродов в шихту. Газовый режим. Процессы теплопередачи. Температурное поле ванны. Особенности дугового нагрева в многошлаковых процессах. Управление температурным режимом печи при дуговом нагреве.</p> <p>Электрическое поле одно- и трехфазной электрической печи. Эквивалентная схема ванны руднотермической печи и распределение тока и мощности по ее объему. Влияние геометрических параметров, состава и свойств шихты на величину токов шихтовой проводимости. Управление концентрацией мощности в печи.</p>
P12	Оборудование ферросплавного производства	<p>Устройство ферросплавных цехов. Технологическая взаимосвязь отдельных цехов. Структура ферросплавных цехов. Выбор типа и мощности ферросплавных печей. Основные направления реконструкции действующих цехов.</p> <p>Оборудование ферросплавного производства. Классификация плавильных агрегатов. Оборудование подготовки, дозирования и подачи шихты на печь. Оборудование разливочных пролетов и складов готовой продукции.</p> <p>Рудовосстановительные печи. Кожух печи. Способы изготовления футеровки. Назначение гарнисажа. Механизмы вращения ванны. Свод печи. Схемы и основные агрегаты установок очистки газов. Электроды, их конструкция. Режим обжига, свойства графитированных и самообжигающихся электродов. Электрододержатели. Механизмы перемещения и перепуска.</p> <p>Печи периодического действия, основные элементы их конструкций, оборудование. Электрододержатели. Механизмы наклона печи. Электрическая схема питания установки. Электрооборудование. Устройство мощных токопроводов печи. Электрические соотношения в цепи. Сопротивление ванны печи. Перераспределение мощности по фазам. Электрические характеристики печей. Выбор электрического режима.</p> <p>Расчет параметров рудовосстановительных печей. Определение мощности трансформатора и электрических параметров установки. Расчет геометрических размеров рабочего пространства печи.</p>
P13	Теория и технология производства сплавов кремния	<p>Состав, назначение и качество сплавов. Теоретические основы восстановления кремния. Термодинамика, кинетика и механизм восстановления диоксида кремния углеродом. Управление полнотой прохождения стадий. Переход в сплав из шихты вредных примесей: хрома, фосфора, серы, алюминия, титана, пути снижения их содержания в ванне. Процессы, проходящие на различных горизонтах в печи. Строение ванны печи. Последовательность превращений материалов по горизонтам.</p>

		<p>Технологическая схема производства ферросилиция. Материалы. Оборудование. Особенности технологии плавки в открытой печи. Влияние на ход процесса газопроницаемости и электрического сопротивления шихты. Отклонения от нормального хода плавки и меры их устранения. Обслуживание горна. Особенности плавки в закрытых печах. Контроль технологических параметров. Вращение ванны печи. Поведение элементов в ходе плавки, их распределение. Характеристика продуктов плавки. Рафинирование ферросилиция от примесей. Показатели работы печей. Особенности выплавки кремния кристаллического.</p>
P14	<p>Теория и технология производства марганца и его сплавов</p>	<p>Свойства марганца, влияние его на свойства стали. Состав, назначение, качество марганцевых сплавов. Физико-химические условия восстановления марганца из оксидов углеродом, кремнием и алюминием. Руды марганца. Характеристика концентратов. Способы окускования и дефосфорации марганцевого сырья. Поведение фосфора в плавке.</p> <p>Выплавка углеродистого ферромарганца. Шихтовые материалы. Оборудование. Флюсовый и безфлюсовый способы производства, основные реакции. Электрический и температурный режимы плавки. Обслуживание печи. Выпуск, разливка и разделка сплава. Показатели производства.</p> <p>Сплавы кремния и марганца. Растворимость углерода в силикомарганце. Способы производства сплавов. Физико-химические особенности совместного восстановления кремния и марганца из расплавов углеродом. Распределение элементов в плавке. Характеристика печей. Параметры и ход плавки, температурный и шлаковый режимы. Показатели производства.</p> <p>Низкоуглеродистый ферромарганец и металлический марганец. Способы производства. Оборудование. Шихтовые материалы. Сущность каждого передела. Технологические параметры плавки, выпуск и разливка металла. Пути повышения использования марганца. Показатели производства.</p>
P15	<p>Теория и технология производства хрома и его сплавов</p>	<p>Свойства хрома и его соединений. Влияние хрома на свойства стали. Состав, назначение и качество сплавов. Руды хрома. Составы, строение, классификация руд, их подготовка к плавке. Углеродистый и передельный феррохром. Марки, состав шихты, характеристика процесса, особенности печей. Строение плавильного пространства ванны при шлаковых процессах с закрытым колошником. Физико-химические основы шлакообразования при восстановлении хромовых руд. Кратность шлака, выбор состава, температура плавления шлака по диаграмме состояния. Влияние состава шлака на температуру процесса. Принципиальные различия и особенности технологии выплавки передельного и товарного феррохрома. Содержание серы и углерода в сплаве,</p>

		<p>управление качеством металла. Особенности технологии плавки в закрытой печи. Обслуживание печи. Расстройства хода печи и их устранение. Выпуск и разливка металла и шлака.</p> <p>Ферросиликохром. Сущность одно- и двухстадийных способов производства. Особенности восстановления кремния в присутствии хрома и совместное их восстановление из руды и кварцита. Составы и свойства металла, растворимость углерода в твердых и жидких сплавах хрома с кремнием. Шихтовые материалы. Печи. Шлаковый и бесшлаковый процессы, их особенности, преимущества и недостатки. Различия в строении ванны печи, электрического режима, ведении плавки. Возможные нарушения хода печи, их устранение. Показатели плавки. Качество сплава по содержанию углерода и фосфора.</p> <p>Средне- и низкоуглеродистый феррохром. Металлический хром. Азотированные сплавы. Сущность различных способов производства, технологические параметры. Оборудование и технология электросиликотермической плавки. Температурный и шлаковый режим. Управление процессом и качеством получаемого металла по содержанию углерода, кремния, фосфора. Особенности производства безуглеродистого феррохрома в электропечи и методом смешивания расплавов. Возможности методов, необходимые технологические параметры. Варианты разливки сплава. Свойства и использование шлака. Экономика производства феррохрома силикотермическим методом. Конвертерный способ получения среднеуглеродистого феррохрома. Вакуумные способы обезуглероживания феррохрома. Аллюминотермический способ выплавки металлического хрома и феррохрома. Получение азотированного феррохрома. Варианты технологии и показатели производства. Экзотермический феррохром.</p>
<p>P16</p>	<p>Производство ферровольфрама и феррованадия</p>	<p>Ферровольфрам. Свойства ферровольфрама и его соединений. Физико-химические условия восстановления вольфрама из концентратов различными восстановителями. Состав, назначение и качество сплавов с вольфрамом. Методы выплавки ферровольфрама. Оборудование. Плавка с вычерпыванием сплава. Периоды плавки и практика их ведения. Поведение примесей вольфрама в плавке. Электрический, шлаковый и температурный режимы плавки. Контроль за состоянием ванны, гарнисажа, уровнем подины. Пути снижения потерь вольфрама. Другие методы выплавки ферровольфрама: плавка на блок в электрических дуговых печах, внепечные методы. Пути повышения качества ферровольфрама.</p> <p>Феррованадий. Свойства ванадия и его соединений. Физико-химические условия восстановления ванадия из оксидов углеродом, кремнием, алюминием. Состав, назначение и качество сплавов с ванадием. Технологическая схема извлечения ванадия из железных руд. Характеристика стадий</p>

		<p>передела. Плавка феррованадия в электропечи. Периоды плавки и практика их ведения. Управление температурным и шлаковым режимом процесса. Пути улучшения использования ванадия.</p>
P17	<p>Металлотермическое производство сплавов</p>	<p>Термодинамика и кинетика алюминотермического восстановления оксидов. Техника взаимодействия и разделения металлических и шлаковых расплавов. Тепловой баланс алюминотермического процесса. Классификация процессов алюминотермического восстановления.</p> <p>Ферротитан. Состав, назначение и свойства сплавов с титаном. Концентраты титана. Физико-химические условия восстановления титана из оксидов углеродом, кремнием и алюминием. Способы производства ферротитана и их сущность. Параметры алюминотермического способа производства, ход процесса. Состав и свойства высокоглиноземистого титанового шлака, его использование. Роль осадителя, варианты технологии выплавки лигатур с титаном. Использование отходов титанового производства.</p> <p>Ферромолибден. Состав, назначение и свойства сплава. Минералы молибдена. Обжиг концентратов. Восстановление молибдена из оксидов кремнием и алюминием. Назначение составляющих шихты, их подготовка к плавке. Оборудование для плавки. Варианты ведения процессов. Состав продуктов. Пути повышения использования молибдена.</p> <p>Сплавы с ниобием. Свойства ниобия и его соединений. Влияние ниобия на свойства сталей. Сортамент и применение феррониобия. Минералы и руды ниобия. Физико-химические условия восстановления ниобия из оксидов различными восстановителями. Варианты технологии получения феррониобия. Лигатуры с ниобием.</p> <p>Производство комплексных раскислителей и лигатур. Экзотермические ферросплавы. Физико-химические свойства щелочно-земельных металлов и алюминия. Составы и назначение сплавов. Практика применения.</p> <p>Выплавка силикокальция. Углеродовосстановительный и силикотермический процессы. Теория и технология.</p> <p>Производство комплексных лигатур и экзотермических ферросплавов. Составы сплавов. Технология производства. Назначение, особенности применения и преимущества сплавов.</p>
P18	<p>Экономика и организация ферросплавного производства.</p> <p>Охрана среды</p>	<p>Технико-экономическая характеристика ферросплавного производства. Ремонт оборудования ферросплавных цехов. Планирование производства. Характеристика вредных выбросов в ферросплавном производстве. Вопросы охраны природы. Основные направления развития ферросплавной промышленности.</p>

<p>P19</p>	<p>Общие сведения о спецэлектрометаллургии</p>	<p>Введение. Понятие качества стали. Способы повышения чистоты металла и улучшения структуры слитка. Внепечное вакуумирование, продувка аргоном, порошками, обработка синтетическим шлаком. Закономерность возникновения специальных процессов улучшения качества стали.</p> <p>Задачи спецэлектрометаллургии. Основные направления улучшения качества металла: обработка шлаком, применение физического и химического вакуума, перегрев металла и вакуумная дистилляция, плазменная плавка, направленная кристаллизация. Классификация специальных процессов электроплавки по способу нагрева, рафинирующей среде. Сортамент сталей и сплавов, подвергаемых специальным переплавам.</p>
<p>P20</p>	<p>Принципы очищения металла от вредных примесей</p>	<p>Влияние вакуума и температуры. Дегазация металла в вакууме. Удаление неметаллических включений в вакууме. Движение металла в жидкой ванне и на оплавленном торце электрода.</p> <p>Переход включениями границы раздела металл – газовая фаза. Коагуляция неметаллических включений. Диссоциация и восстановление включений. Рафинирующее действие шлака. Испарение примесей в вакууме.</p> <p>Десульфурация металла. Раскисление металла. Поведение водорода и азота.</p>
<p>P21</p>	<p>Кристаллизация металла при переплавных процессах в кристаллизаторе</p>	<p>Жидкое и твердое состояние вещества. Закономерности зарождения кристаллов. Особенности роста кристаллов и формирования структуры металла. Распределение примесей в слитке.</p>
<p>P22</p>	<p>Электрошлаковый переплав</p>	<p>Сущность способа ЭШП. Металлургические особенности электрошлаковых печей. Технологические и электрические характеристики электрошлакового процесса. Регулирование электрического режима плавки. Основные схемы и варианты ЭШП. Классификация печей по назначению, конструктивным особенностям, способу электропитания. Устройство типовой электрошлаковой печи.</p> <p>Требования к основным материалам для ЭШП. Особенности выплавки исходной стали для ЭШП в сталеплавильных агрегатах различных типов. Способы изготовления расходных электродов. Технологические и металлургические требования, предъявляемые к флюсам. Физико-химические свойства оксидно-фторидных расплавов: химический состав, электропроводность, вязкость, плавкость, плотность, летучесть, адгезионная способность к неметаллическим включениям, окислительная способность, сульфидная емкость. Характеристика основных флюсов ЭШП. Подготовка флюсов к плавке.</p> <p>Металлургия ЭШП</p> <p>Шлаковая ванна как источник тепла при ЭШП. Общие закономерности плавления расходных электродов.</p>

		<p>Капельный перенос металла. Температурное поле в расходуемом электроде, пленке жидкого металла и капле. Движение шлака. Поверхностные явления в системе металл-шлак. Рафинирование металла при ЭШП. Физико-химические особенности взаимодействия фаз. Окислительно-восстановительные процессы, средства борьбы с окислительными процессами при ЭШП. Удаление серы и некоторых других примесей, поведение фосфора. Расчеты химических процессов. Механизм очищения металла от неметаллических включений при ЭШП, поведение газов, влияние состава флюса и параметров переплава на чистоту металла.</p> <p>Технологическая схема переплава Разновидности технологии ЭШП – плавка на жидком и твердом старте. Рабочий процесс, основные периоды, их назначение, охлаждение, разделение и уборка слитков. Особенности технологии переплава в стационарный и подвижной кристаллизатор.</p> <p>Кристаллизация металла. Структура слитка Дефекты поверхности слитка ЭШП: пережимы, заливины, газовые пузыри, трещины, электропробой. Дефекты излома, рост зерна у аустенита, пористость, загрязнения и свищи, корки, зоны повышенной травимости, послойная кристаллизация. Эффективность ЭШП при производстве сталей специального назначения, другие области применения ЭШП. Пути совершенствования процесса, охрана окружающей среды.</p>
<p>P23</p>	<p>Переплавные рафинировочные процессы в вакууме</p>	<p>Теоретические основы рафинирования металла в вакууме Раскисление металла углеродом, водородом, металлическими сплавами в вакууме. Обезуглероживание металла. Удаление неметаллических включений. Испарение компонентов расплава в вакууме. Процессы дегазации. Влияние вакуума на десульфурацию.</p> <p>Технология вакуумно-дугового переплава (ВДП). Область применения ВДП. Особенности горения дуги в вакууме, ее стабилизация. Тепловыделение при вакуумной дуговой плавке, управление режимом переплава. Рафинирование металла от газов, примесей, НВ, при ВДП. Роль электрической дуги и поверхностных явлений при рафинировании. Кристаллизация слитка ВДП. Макро- и микроструктура слитка и свойства металла. Основные дефекты, способы их устранения. Технико-экономические показатели процесса и охрана окружающей среды. Перспективы развития ВДП.</p> <p>Технология вакуумно-индукционной плавки (ВИП). Выделение и распределение мощности в ванне. Рафинирование металла при ВИП. Взаимодействие компонентов металла с футеровкой тигля в вакууме. Особенности конструкции вакуумных индукционных печей: электрооборудование, футеровка, вакуумные системы. Технологические операции плавки. Особенности технологии выплавки жаропрочных, трансформаторных стали- и прецизионных сплавов в</p>

		<p>вакуумных индукционных печах. Методы интенсификации ВИП. ТЭП, охрана окружающей среды.</p> <p>Технология электроннолучевого переплава (ЭЛП). Закономерности электроннолучевого нагрева. Выделение и перераспределение тепла, температурное поле ванны. Электронные пушки. Технологические схемы ЭЛП, конструкции печей. Рабочий процесс ЭЛП. Рафинирование металла при ЭЛП, поведение примесей. Качество металла. Перспективы развития ЭЛП. Техничко-экономические показатели. Охрана окружающей среды.</p>
P24	Плазменная плавка	<p>Теоретические основы плазменной металлургии. Классификация электроплазменных процессов. Низкотемпературная плазма. Процессы в плазменном разряде. Источники низкотемпературной плазмы для металлургических целей, конструкции и характеристики плазмотронов. Устойчивость плазменного шнура. Плазмообразующие газы, изменение газовой фазы в процессе переплава. Физико-химические закономерности взаимодействия расплавленного металла и газа. Растворение и удаление газов из металла в плазменных печах. Особенности рафинирования металла от оксидных НВ, поведение цветных примесей.</p> <p>Металлургия и технология плазменной плавки и плазменно-дугового переплава. Конструктивные особенности плазменно-дуговых печей для плавки и рафинирования стали и сплавов. Плавильные плазменные печи с керамическим тиглем. Переплавные плазменные печи с водоохлаждаемыми кристаллизаторами. Технология плазменной плавки. Сортамент выплавляемых сталей. Особенности плавления и рафинирования металла, качество металла после плазменной плавки. Рабочий процесс ПДП. Воздействие плазменной дуги на металл. Температурное поле жидкой ванны. Управление движением металла в жидкой ванне. Рафинировочные процессы при переплаве. Особенности кристаллизации слитка. Качество плазменно-дугового металла, области его применения.</p> <p>Применение плазмы при получении металлов. Термическое разложение, карботермическое восстановление в жидкой и газовой фазе. Восстановление окислов водородной плазмой. Установки для восстановления металлов. Сравнение технико-экономических показателей различных модификаций плазменных процессов плавки. Охрана окружающей среды.</p>
P25	Текущее состояние спецэлектрометаллургии	<p>Проблемы использования и тенденции развития спецэлектрометаллургии. Возможные направления совершенствования переплавов. Заключение</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-17 - Способен выполнять расчеты материальных потоков по отдельным операциям и всему производству в целом	Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельности и при выполнении расчетных работ

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электрометаллургия

Электронные ресурсы (издания)

1. Рощин, В. Е.; Электрометаллургия и металлургия стали : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617668> (Электронное издание)
2. Рощин, В. Е.; Физика пирометаллургических процессов : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617669> (Электронное издание)
3. Павлов, В. А., Жданова, А. В.; Спецэлектрометаллургия сталей и сплавов : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/106523.html> (Электронное издание)
4. Журавлев, А. А.; Расчеты материальных и энергетических балансов при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/68287.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Поволоцкий, Д. Я., Рощин, В. Е., Рысс, М. А.; Электрометаллургия стали и ферросплавов : учебник для вузов по специальности "Металлургия чер. металлов".; Металлургия, Москва; 1984 (20 экз.)
2. Поволоцкий, Д. Я., Мальков, Н. В., Рощин, В. Е.; Электрометаллургия стали и ферросплавов : Учебник.; Металлургия, Москва; 1995 (3 экз.)
3. Поволоцкий, Д. Я.; Устройство и работа сверхмощных дуговых сталеплавильных печей; Металлургия, Москва; 1990 (6 экз.)
4. Мысик, В. Ф., Лозовая, Е. Ю., Павлов, В. А.; Выбор и расчет оборудования электросталеплавильных цехов : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2006 (5 экз.)
5. Луценко, В. Т., Павлов, В. А., Мысик, В. Ф., Старцев, В. А.; Технология выплавки электростали в

дуговых печах : учеб. пособие.; УГТУ - УПИ, Екатеринбург; 2006 (6 экз.)

6. Луценко, В. Т., Павлов, В. А.; Энергетические параметры и конструкция электросталеплавильных печей : конспект лекций.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2002 (5 экз.)

7. Мысик, В. Ф., Павлов, В. А.; Оборудование и проектирование цехов спецэлектromеталлургии : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2002 (5 экз.)

8. Еднерал, Ф. П., Бобкова, О. С., Линчевский, Б. В.; Электromеталлургия стали и ферросплавов : Учеб. пособие для вузов.; Metallургия, Москва; 1977 (31 экз.)

9. Калугин, А. С.; Эффективность рафинирования при переплавных процессах; Metallургия, Москва; 1988 (2 экз.)

10. Ключев, М. М.; Электрошлаковый переплав; Metallургия, Москва; 1984 (2 экз.)

11. Дакуорт, У.; Электрошлаковый переплав; Metallургия, Москва; 1973 (4 экз.)

12. Попель, С. И.; Поверхностные явления в расплавах; Metallургия, Москва; 1994 (44 экз.)

13. Попель, С. И., Бороненков, В. М., Сотников, А. И.; Теория металлургических процессов : учеб. пособие для вузов.; Metallургия, Москва; 1986 (100 экз.)

14. , Кряковский, Ю. В., Явойский, В. И.; Metallургия стали : учебник для вузов по специальности "Metallургия чер. металлов"; Metallургия, Москва; 1983 (31 экз.)

15. , Зайко, В. П., Жучков, В. И., Леонтьев, Л. И., Карноухов, В. Н., Воронов, Ю. И.; Технология ванадийсодержащих ферросплавов : [моногр.]; Академкнига, Москва; 2004 (8 экз.)

16. Журавлев, А. А., Павлов, В. А.; Расчеты материальных и энергетических балансов при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах : учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению 22.03.02 "Metallургия" (профиль "Metallургия черных металлов"); Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2016 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/1067 - электронный курс по дисциплине "Metallургия черных металлов"

https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3211 - электронный курс по дисциплине "Спецэлектromеталлургия стали"

https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/2456 - электронный курс по дисциплине "Оборудование и специальные технологии производства стали"

https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/2444 - электронный курс "Выплавка титановых сплавов"

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

nbnmgu.ru/search – Научная библиотека Московского Государственного Университета им. М. В. Ломоносова.

<http://e.lanbook.com/> - ЭБС "Лань", издательство "Лань"

<http://www.sciencedirect.com/> - Базы данных с полнотекстовыми публикациями в научных периодических изданиях Science Direct

<http://www.ebscohost.com/> - Базы данных с полнотекстовыми публикациями в научных периодических изданиях EBSCO

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электрометаллургия

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES