

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им. П.О.Сухого

_____ О.Д.Асенчик
(подпись)

_____ 01.07. 2021
(дата утверждения)

Регистрационный № УД –33– 104 /уч.

Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для

специальности:

1-42 01 01 «Металлургическое производство и
материалобработка (по направлениям)»

направления:

1–42 01 01-01 «Металлургическое производство и
материалобработка (металлургия)»

специализации:

1–42 01 01–01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов»

Учебная программа составлена на основе:
образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-42 01 01-2019 от 17.04.2019г. № 38; учебных планов первой ступени высшего образования по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»: I 42-1-17/уч. от 06.02.2019, I 42-1-10/уч. от 05.02.2020.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Жаранов Виталий Александрович, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Бардюгов Николай Николаевич, главный металлург ОАО «СтанкоГомель»

Суторьма Игорь Иванович к.т.н., доцент, декан факультета «Автоматизированных и информационных систем»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 12.05.2021);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 27.05.2021);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 6 от 30.06.2021).

Регистрационный номер МТФ УД - 134-18 /уч.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины «Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов» подготовлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-42 01 01-2019 от 17.04.2019г. №38; учебных планов первой ступени высшего образования по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»: : I 42-1-17/уч. от 06.02.2019, I 42-1-10/уч. от 05.02.2020.

Электрометаллургия стали и ферросплавов получила, по существу, второе рождение в результате коренных изменений существовавшего ранее способа плавки стали в дуговых печах, а также возникновения и развития новых процессов электроплавки стали – вакуумного дугового и электрошлакового переплавов, плазменной плавки и плавки электронным лучом.

Высокие технико-экономические показатели производства и возможность получения металла с уникальными свойствами вызвали непрерывное повышение роли электроплавки в сталеплавильном производстве. Электроплавка представляется одним из основных сталеплавильных процессов будущего. Развиваясь на основе новейших достижений современной науки и техники, электрометаллургия обязана своими успехами в первую очередь успехам физической химии металлургических процессов, электротехники, вакуумной техники. Эти и некоторые другие отрасли науки являются неотъемлемой частью электрометаллургии стали и ферросплавов — как производственного процесса, так и учебного курса.

Курс «Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов» — дисциплина комплексная, включающая рассмотрение элементов и конструкций печей, их электрического и механического оборудования, а также электрической и тепловой работы, изучение физико-химических процессов при плавке стали и ферросплавов в электрических печах в обычной атмосфере и в вакууме. Широта охвата материала этого курса и непрерывное изменение техники производства вызвали необходимость включения в программу лекционного курса лишь фундаментальных основ дисциплины. Детальное изучение конструкций печей и установок, а также отдельных технологических приёмов должно происходить при выполнении практических и лабораторных работ. Также конкретизируют подготовку следующие за предметом специальные дисциплины.

Цель и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины является изучение физико-химических основ получения стали и ферросплавов. Выполняется задача обучения студентов теоретическим основам и практике получения основных видов продуктов электрометаллургии чёрных металлов и ферросплавов, используемых в

производстве, стали.

Также, целью является развитие у студентов инженерно-конструкторского подхода при изучении существующих металлургических агрегатов, навыков и способностей оценки их недостатков и путей устранения; обучение студентов способности глубоко понимать тенденции и направление мирового развития и совершенствования высоких технологий в металлургии.

При этом главное внимание уделяется характеристике шихтовых материалов, технологическим параметрам выплавки, конструктивным особенностям применяемых для этого печей.

Задачи дисциплины:

формирование у студентов знаний и навыков:

- по теоретическим основам производства стали и ферросплавов;
- по разработке технологии производства отдельных видов ферросплавов в печах различной конструкции с учётом состава и свойств исходных шихтовых материалов;
- по расчёту материального и теплового баланса плавки.

Требования к освоению учебной дисциплины соответствуют блоку дисциплин специализации в учебном плане специальности «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)». В результате освоения данной дисциплины студенты приобретают знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей образовательного стандарта. Дисциплина нацелена на подготовку выпускников к производственной деятельности в области разработки технологических процессов и агрегатов электрометаллургии, внепечной обработки и ковшовой обработки жидких металлов и сплавов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- физико-химические основы получения стали и ферросплавов;
- современные способы получения стали и ферросплавов;
- технологии внепечной обработки стали;
- последние достижения научно-технического прогресса в усовершенствовании технологии производства стали и ферросплавов.

уметь:

- рассчитывать составы шихты для выплавки стали и ферросплавов;
- разрабатывать технологию производства отдельных видов ферросплавов в печах различной конструкции с учётом состава и свойств исходных шихтовых материалов.

владеть:

- основами технологии производства стали и ферросплавов;
- навыками расчёта состава шихты для выплавки стали и ферросплавов;

- навыками расчёта материального и теплового баланса плавки.

Требования к компетентности специалиста

Специалист, освоившей содержание образовательной программы по специальности, должен обладать следующей специализированной компетенцией:

Владеть информацией о способах воздействия на сплавы черных и цветных металлов для получения заданной структуры и свойств в отливках.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- знание основных закономерностей химических и физико-химических процессов, процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, агрегатам и оборудованию для производства черных металлов;
- понимание теоретических основ производства стали и технологий выплавки стали;
- навыки по расчёту и анализу химических и физико-химических процессов, процессов массопереноса, происходящих в технологических цепочках производства черных металлов;
- умение выбора рациональных способов производства черных металлов;
- навыки расчёта материальных балансов технологических процессов производства стали и ферросплавов.

Связь с другими учебными дисциплинами

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких курсов, как «Теория и технология металлургического производства», «Информатика», «Структурообразование металлов», «Материаловедение», «Общая металлургия».

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной учебной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин, связанных с процессами обработки материалов, разливки сплавов, способами упрочнения заготовок, проектированием цехов, методами переработки отходов производства и потребления, ресурсо- и энергоэффективностью.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов» в соответствии с учебными планами по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» составляет - 320 часов. Трудоёмкость дисциплины составляет: 8 зачётных единиц.

Форма получения высшего образования: дневная

Курс	3
Семестр	5,6
Лекции (часов)	102
Лабораторные занятия (часов)	34
Практические занятия (часов)	34
Всего аудиторных (часов)	170
Формы текущей аттестации	
Экзамены, семестр:	5,6
Курсовая работа, семестр	6

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАВКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧАХ

Тема 1.1. Теоретические основы и строение расплавов

Понятия и законы физической химии, используемые в металлургической практике. Строение и свойства жидкого железа и его сплавов. Теория жидкого состояния. Природа и свойства жидких сплавов железа. Химическая активность примесей в жидком железе. Физико-химические закономерности сталеплавильных процессов. Кинетика сталеплавильных процессов. Поверхностные явления в сталеплавильных процессах. Примеры использования терминов и представлений физической химии при решении практических задач.

Тема 1.2. Строение и состав шлака

Активность компонентов шлака. Теория жидких шлаков. Шлаки сталеплавильных процессов. Шлакообразование. Вспенивание шлака. Свойства шлаков. Источники шлака. Роль шлака. Методы контроля состава и свойств шлака. Состав шлаков и основные диаграммы шлаковых систем. Химические свойства шлаков. Физические свойства шлака.

Тема 1.3. Строение жидкой стали

Общие сведения. Свойства жидкой стали. Влияние исходных материалов на свойства стали. Термовременная обработка. Влияние перемешивания. Влияние атмосферы агрегата. Источники газов, растворенных в металле. Газы в стали. Влияние газов и включений на свойства стали. Процессы дегазации. Удаление газов из металла. Окисление углерода. Водород в стали. Растворение водорода. Азот в стали. Растворение азота. Растворение кислорода. Структура расплавов стали.

Тема 1.4. Технологические свойства стали как материала для получения заготовок

Литейные свойства стали. Жидкотекучесть стали и заполняемость литейной формы. Усадка стали. Объёмная усадка. Линейная усадка. Литейные напряжения в стальных отливках. Коробление отливок. Трещины в отливках. Горячие трещины. Расчёт стойкости стальных отливок против образования горячих трещин. Основные технологические меры по предотвращению горячих трещин в отливках. Холодные трещины в отливках и меры по их предотвращению. Прибыли и литниковые системы. Дефекты и контроль качества стальных отливок. Основные шихтовые материалы.

Тема 1.5. Процессы кристаллизации и формирования структуры слитков и отливок

Кристаллизация и формирование структуры стальных отливок. Ликвация стали в отливках. Модифицирование структуры отливок. Сущность процесса виды модифицирования. Влияние модифицирования на механические и специальные свойства сталей.

Тема 1.6. Дефекты в отливках и слитках

Газовые включения в стальных отливках. Эндогенные газовые включения. Растворимость газов в металле. Водород в стали и отливках. Азот в стали и отливках. Механизм образования эндогенных газовых включений и меры по их предотвращению. Экзогенные газовые включения в стальных отливках. Источники газов в форме и механизм образования экзогенных газовых дефектов. Меры по предотвращению образования экзогенных газовых включений.

Тема 1.7. Основные реакции и процессы рафинирования

Реакции окисления и восстановления. Окисление и восстановление кремния. Окисление и восстановление марганца. Окисление и восстановление фосфора. Окисление и восстановление хрома. Испарение и окисление железа под воздействием кислорода. Удаление примесей цветных металлов. Удаление серы из металла. Распределение серы между металлом и шлаком. Раскисление шлаком. Рафинирование стали в вакууме. Раскисление в вакууме. Удаление неметаллических включений. Удаление летучих примесей. Взаимосвязь расплава с футеровкой.

Тема 1.8. Неметаллические включения в стали

Характеристика включений. Эндогенные неметаллические включения. Удаление эндогенных неметаллических включений. Экзогенные неметаллические включения. Предотвращение образования экзогенных неметаллических включений. Оксидные неметаллические включения в стали. Составы включений. Образование и удаление включений. Раскисление и легирование стали. Глубинное или осаждающее раскисление. Особенности использования щелочноземельных и редкоземельных металлов. Применение комплексных раскислителей. Введение раскислителей в металл. Диффузионное раскисление. Раскисление при обработке металла синтетическими шлаками. Раскисление при обработке металла вакуумом. Электрохимическое раскисление металлических расплавов. Легирование стали. Раскисление стали при легировании. Прямое легирование.

РАЗДЕЛ 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ВЫПЛАВКИ

Тема 2.1. Общая характеристика электрических печей

Значение электрических печей в металлургии. Устройство и оборудование электросталеплавильных цехов. Основные отделения сталеплавильного цеха. Классификация электрических печей. Электрическая дуга как источник тепловой энергии. Общие сведения о дуговом разряде. Особенности дуга постоянного и переменного тока. Стабилизация дуги регулирование её мощности и излучающей способности горение дуги в вакууме. Особенности плазменной дуги.

Тема 2.2. Рабочее пространство дуговых печей

Теплообмен в рабочем пространстве. Основные параметры рабочего пространства. Влияние геометрии рабочего пространства на стойкость футеровки. Механическое оборудование печей. Типы дуговых сталеплавильных печей. Корпус и сводовое кольцо. Электрододержатели. Механизмы зажима и перемещения электродов. Уплотнители электродных

отверстий. Механизмы наклона поворота и перемещения корпуса и свода печей. Системы улавливания и отвода печных газов.

Тема 2.3. Электрическое оборудование и работа дуговых печей

Электрическая схема дуговых печей. Элементы оборудования. Короткая сеть. Электроды. Электрический режим работы печи и его регулирование. Устройство для электромагнитного перемешивания металла. Дуговые сталеплавильные печи постоянного тока.

Тема 2.4. Особенности тепловой работы печей и условия работы футеровки рабочего пространства

Причины и механизм износа огнеупоров. Огнеупорные материалы и изделия для футеровки рабочего пространства печи и их свойства. Кладка рабочего пространства печи. Охлаждение футеровки стен и свода. Зерновая основа огнеупорных масс. Связующее огнеупорных масс. Технологические свойства огнеупорных масс. Рациональные составы огнеупорных масс для различных условий производства. Технология футеровки печей. Повышение стойкости футеровки.

Тема 2.5. Футеровка дуговых печей. Особенности службы футеровки дуговых печей

Требования к огнеупорам для кислых дуговых печей. Монолитная футеровка дуговых сталеплавильных печей. Влияние электрического режима и технологических параметров на износ футеровки дуговой печи. Печи с футеровкой классического типа. Футеровка современных сверхмощных дуговых печей. Футеровка сталевыпускных отверстий дуговой печи. Пути повышения стойкости футеровки дуговой сталеплавильной печи. Организация ремонтов футеровки дуговых сталеплавильных печей. Футеровка ковшей для агрегатов ковш-печь. Служба футеровки в дуговых сталеплавильных печах и агрегатах ковш-печь.

Тема 2.6. Шихтовые материалы для дуговых сталеплавильных печей

Шихтовые материалы для выплавки стали в дуговых сталеплавильных печах. Железосодержащие материалы. Чугун и его применение при выплавке электростали. Железо прямого восстановления. Синтетические композиционные железосодержащие материалы. Рациональная шихтовка для электроплавки стали. Легирующие и раскислители. Шлакообразующие материалы. Окислители.

Тема 2.7. Электроды для дуговых сталеплавильных печей и их служба

Технологическая схема изготовления электродов. Правила транспортировки хранения и эксплуатации электродов. Факторы, определяющие расход электродов. Способы уменьшения расхода электродов.

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ВЫПЛАВКИ

Тема 3.1. Классическая технология электроплавки стали. Технология плавки стали в открытых дуговых печах

Периоды плавки. Заправка печи. Завалка шихты. Период плавления. Способы ускорения процесса плавления шихты. Шлакообразование в период

плавления. Дефосфорация металла. Газы в металлическом расплаве в период плавления. Окислительный период плавки. Кислород в металле. Окисление примесей. Влияние серы на свойства стали возможности десульфурации и поведение серы в условиях окислительной плавки. Основы технологии плавки в открытых дуговых печах. Методы плавки стали в дуговых печах. Шихтовые материалы. Подготовка печи к плавке. Загрузка шихты. Период плавления. Окислительный период. Раскисление. Восстановительный период.

Тема 3.2. Восстановительный период

Ход плавки после окончания окислительного периода. Раскисление стали. Легирование стали. Неметаллические включения в стали Способы рафинирования металла от неметаллических включений. Окончание плавки при использовании классической технологии. Особенности выплавки стали на легированных отходах.

Тема 3.3. Особенности современной технологии плавки стали в сверхмощной дуговой печи

Заправка печи. Завалка шихты. Период плавления. Использование дополнительных источников тепла для ускорения плавления шихты в сверхмощной печи. Шлакообразование и дефосфорация металла в период плавления. Особенности окислительного периода. Окончание плавки при использовании современной технологии в сверхмощной печи.

Тема 3.4. Вопросы интенсификации процессов выплавки

Особенности плавки стали с применением металлизированного сырья. Способы интенсификации плавки в дуговой сталеплавильной печи. Способы подачи кислорода и углеродистых порошков в рабочее пространство печи. Кислородные фурмы для дожигания СО в рабочем пространстве дуговой печи. Глубинная продувка металла. Применение газокислородных горелок. Оценка эффективности использования альтернативных источников тепла при электроплавке. Двухстадийный процесс плавки в топливно-дуговой печи. Принципиальные особенности и преимущества.

Тема 3.5. Технология плавки в открытых индукционных печах

Технология плавки в вакуумных индукционных печах. Технология плавки в плазменно-дуговых печах с керамическим тиглем. Основы технологии рафинирующих переплавов. Производство и подготовка расходуемых электродов и заготовок. Флюсы для ЭСП и их подготовка. Технология вакуумного дугового переплава. Технология плазменного дугового переплава. Технология электрошлакового переплава. Сравнение эффективности рафинирующих переплавов.

Тема 3.6. Переплав отходов

Переплав легированных отходов. Технология плавки переплавом. Технология плавки на углеродистой шихте. Комбинированные способы выплавки нержавеющей стали. Выплавка быстрорежущей стали. Свойства и дефекты быстрорежущей стали. Кислый процесс в дуговых печах. Особенности процесса и область его применения. Технология плавки. Свойства и дефекты коррозионностойкой стали.

Тема 3.7. Проблемы охраны природы и ресурсосбережение

Экологические проблемы сталеплавильного производства и пути их решения. Газообразование и пылевыведение при электроплавке стали. Утилизация пыли из газоочистных сооружений электросталеплавильных цехов. Краткая характеристика выделений и выбросов в основных подотраслях черной металлургии. Переработка отходов в процессах получения чугуна. Использование химического тепла отходящих газов сталеплавильных агрегатов. Использование физического тепла отходящих газов при подогреве металлолома.

Тема 3.8. Особенности переработки отходов электроплавильных печей

Переработка и утилизация шлаков. Использование шламов. Особенности переработки сталеплавильной пыли. Прямое легирование стали. Переработка отходов смежных производств. Использование металлургических агрегатов для переработки бытовых отходов. Черная металлургия и проблемы снижения выбросов парниковых газов. Борьба с пылью и шумом. Автоматизация и роботизация. Кибернетика и сталеплавильное производство. Автоматические манипуляторы и роботы в металлургии.

РАЗДЕЛ 4. УСТАНОВКИ И ОБОРУДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ПРОИЗВОДСТВО ФЕРРОСПЛАВОВ

Тема 4.1. Индукционные печи

Общие сведения об индукционных печах. Основы электрической работы индукционной тигельной печи. Электрооборудование индукционных тигельных печей. Конструкция индукционных тигельных печей. Техника получения и измерения вакуума. Использование вакуума в металлургии. Вакуумные насосы. Приборы для измерения вакуума. Вспомогательные элементы вакуумных систем. Вакуумные индукционные печи. Классификация вакуумных индукционных печей. Устройство и работа вакуумных индукционных печей полунепрерывного действия.

Тема 4.2. Вакуумные дуговые печи

Типы вакуумных дуговых печей. Конструкция вакуумных дуговых печей. Электронно-лучевые установки. Принцип электронно-лучевого нагрева. Типы электронно-лучевых плавильных установок. Конструкция электронно-лучевых плавильных установок. Плазменно-дуговые печи. Получение и применение плазменной дуги в сталеплавильных печах. Установки плазменно-дугового переплава заготовок в водоохлаждаемый кристаллизатор.

Тема 4.3. Установки электрошлакового переплава (ЭШП)

Сущность способа электрошлакового переплава и возможные схемы его осуществления. Конструкция установок ЭШП для получения слитков. Установки ЭШП специального назначения. Шлакоплавильные печи. Печи для выплавки синтетических шлаков. Флюсоплавильные печи. Ферросплавные печи. Типы ферросплавных печей. Рудовосстановительные

печи. Рафинировочные печи. Рудоплавильные печи. Механическое оборудование Кожух и футеровка печи. Определение параметров ванны ферросплавной печи. Газоочистные устройства.

Тема 4.4. Рафинирование металла методами спецэлектрметаллургии

Задачи спецэлектрметаллургии и способы их решения. Технологические возможности получения металла высокого качества в первичных агрегатах. Общие закономерности рафинирования металла в агрегатах вторичного переплава. Условия рафинирования металла вакуумом, газом или шлаком при переплавных процессах. Особенности выплавки стали и сплавов в первичных агрегатах спецэлектрметаллургии.

Тема 4.5. Особенности физико-химических процессов при производстве ферросплавов

Физико-химические основы производства ферросплавов. Выбор восстановителя. Роль металлических растворов при восстановлении оксидов. Роль шлака при восстановлении оксидов. Восстановление углеродом. Металлотермическое восстановление. Рафинирование ферросплавов от примесей. Способы производства ферросплавов. Технология производства ферросплавов. Сырые материалы и подготовка их к плавке. Руды и концентраты. Восстановители. Железосодержащие материалы. Флюсы и осадители. Подготовка сырья материалов к плавке.

Тема 4.6. Технологические аспекты ферросплавного производства

Бесшлаковые процессы электрокарботермического производства ферросплавов. Производство ферросилиция. Производство силикокальция. Шлаковые процессы электрокарботермического производства ферросплавов. Производство углеродистого ферромарганца. Производство ферросиликомарганца. Производство малофосфористого марганцевого шлака. Производство углеродистого феррохрома. Производство ферросиликохрома одностадийным методом. Электросиликотермическое производство ферросплавов. Производство силикокальция.

Тема 4.7. Специальные процессы ферросплавного производства

Производство средне и низкоуглеродистого ферромарганца, и металлического марганца. Производство среднеуглеродистого феррохрома. Производство низкоуглеродистого феррохрома. Силкотермическое производство ферросплавов методом смешивания расплавов. Производство низкоуглеродистого феррохрома двухстадийным смешиванием расплавов. Производство низкоуглеродистого феррохрома одностадийным смешиванием расплавов. Алюмотермическое производство ферросплавов внепечным способом. Производство ферротитана. Производство феррониобия. Алюмотермическое производство ферросплавов с электроподогревом. Производство низкоуглеродистого феррохрома и металлического хрома. Производство ферротитана. Производство ферровольфрама. Производство феррониобия.

Тема 4.8. Рафинирование ферросплавов

Металлотермическое производство ферросплавов с использованием

комплексного восстановителя. Производство ферровольфрама. Производство феррованадия. Производство ферромolibдена. Процессы рафинирования ферросплава от примесей. Рафинирование ферросилиция от алюминия. Рафинирование углеродистого феррохрома от углерода. Рафинирование углеродистого ферромарганца от углерода.

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Цель курсового проекта: углубление знаний и приобретение практических навыков самостоятельной работы по применению знаний и навыков по теории и технологии электроплавильных процессов железоуглеродистых сплавов.

Выполнение курсового проекта студентами проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений по общепрофессиональным и специальным дисциплинам;
- углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования умений студентов использовать справочную, нормативную и правовую документацию;
- развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности студентов.

В процессе получения теоретических знаний на лекциях и закрепления их на практических занятиях, при изучении опыта металлургических предприятий студенты должны научиться решать практические задачи по выплавке стали в электропечах, самостоятельно принимать правильное решение в конкретной ситуации, совершенствовать действующие технологии.

Курсовой проект выполняется после изучения теоретической части учебной дисциплины и заключается в разработке или совершенствовании предлагаемой технологии выплавки стали конкретной марки или в разработке технологии ферросплавного производства. Количество часов на выполнение курсового проекта в соответствии с учебным планом университета по специализации 1–42 01 01-01–80 часов. Трудоёмкость, выражаемая в зачётных единицах, - 2.

Работая над курсовым проектом, студенты закрепляют и углубляют полученные теоретические знания и практические навыки, учатся самостоятельно использовать методики проектирования технологических процессов металлургического производства, выполнять анализ и обобщение результатов, а также качественно оформлять электронную конструкторско-технологическую документацию и представлять выполненный проект в законченном виде, используя справочные материалы и научно-техническую

литературу.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки с необходимыми расчётами и графической части.

Пояснительная записка должна содержать полное описание проектируемого или совершенствуемого технологического процесса с необходимым объёмом технологических расчётов, конструкции применяемого печного и вспомогательного оборудования с необходимым объёмом конструкторских и прочностных расчётов, выполненных по возможности с использованием функционала систем САПР ТП. Пояснительная записка оформляется на листах формата А4 в соответствии с требованиями действующего стандарта на оформление текстовых документов ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам» с использованием компьютерных средств - текстового редактора MS Word.

Графическая часть должна состоять из 4 листов ватмана формата А1, на которых должны быть представлены результаты проектирования.

Курсовой проект выполняется в соответствии с методическими указаниями, разработанными на кафедре «МиТОМ».

Чертежи и схемы в виде законченных конструкторских самостоятельных документов или рисунков, в зависимости от характера проекта, могут представляться как на отдельных листах, используемых при публичной защите, так и в составе текстового документа.

Тема курсового проекта может быть предложена обучающимся при условии обоснования им её целесообразности. Тема курсового проекта может быть связана с программой практики. Курсовой проект может стать составной частью выпускной квалификационной работы.

Научно-исследовательские проекты студентов по дисциплине могут включать макеты или модели спроектированных изделий, детали, образцы, стенды демонстрационные, комплекты слайдов, видеофильмы, программные комплексы, продукт, модуль (библиотека), являющиеся результатом работы студента.

Текстовый документ и графическая часть курсового проекта в обязательном порядке проходят нормоконтроль.

Курсовой проект является одной из форм промежуточной аттестации, выполняется в сроки, предусмотренные учебным планом.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАВКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧАХ						
1.1	Теоретические основы и строение расплавов	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.2	Строение и состав шлака	2		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.3	Строение жидкой стали	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.4	Технологические свойства стали как материала для получения заготовок	4		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.5	Процессы кристаллизации и формирования структуры слитков и отливок	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.6	Дефекты в отливках и слитках	4		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.7	Основные реакции и процессы рафинирования	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.8	Неметаллические включения в стали	5		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
2	ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ВЫПЛАВКИ						
2.1	Общая характеристика электрических печей	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен

1	2	2		2	6	7	8
2.2	Рабочее пространство дуговых печей	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.3	Электрическое оборудование и работа дуговых печей	4		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.4	Особенности тепловой работы печей и условия работы футеровки рабочего пространства	5	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.5	Футеровка дуговых печей. Особенности службы футеровки дуговых печей	3		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.6	Шихтовые материалы для дуговых сталеплавильных печей	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.7	Электроды для дуговых сталеплавильных печей и их служба	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3	ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ВЫПЛАВКИ						
3.1	Классическая технология электроплавки стали. Технология плавки стали в открытых дуговых печах	5		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.2	Восстановительный период	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.3	Особенности современной технологии плавки стали в сверхмощной дуговой печи	3		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.4	Вопросы интенсификации процессов выплавки	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.5	Технология плавки в открытых индукционных печах	3		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.6	Переплавление отходов	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен

3.7	Проблемы охраны природы и ресурсосбережение	4		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8
3.8	Особенности переработки отходов электроплавильных печей	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
4	УСТАНОВКИ И ОБОРУДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ПРОИЗВОДСТВО ФЕРРОСПЛАВОВ						
4.1	Индукционные печи	3		2			устный опрос, защита отчёта, экзамен
4.2	Вакуумные дуговые печи	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
4.3	Установки электрошлакового переплава	4		4			устный опрос, защита отчёта, экзамен
4.4	Рафинирование металла методами спецэлектromеталлургии	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
4.5	Особенности физико-химических процессов при производстве ферросплавов	4		4			устный опрос, защита отчёта, экзамен
4.6	Технологические аспекты ферросплавного производства	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
4.7	Специальные процессы ферросплавного производства	4		4			устный опрос, защита отчёта, экзамен
4.8	Рафинирование ферросплавов	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
	Всего (часов):	102	34	34			
	Курсовой проект					80	Защита курсового проекта

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия: учеб, для вузов / В. Г. Воскобойников, в. А. Кудрин, А. М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: Металлургия, 2000. - 768 с.
2. Егоров, А. В. Расчёт мощности и параметров электроплавильных печей: учеб, пособие для вузов / А. В. Егоров. - Москва: МИСИС, 2000. - 272с.
3. Марукович, Е. И. Литейные сплавы и технологии / Е. И. Марукович, М. И. Карпенко; ред. Г. В. Малахова. – Минск: Белорусская наука, 2012. – 442 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142316> (дата обращения: 05.07.2021). – ISBN 978-985-08-1499-9. – Текст: электронный.
4. Дашевский, В. Я. Ферросплавы: теория и технология / В. Я. Дашевский. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 288 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617590> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0566-9. – Текст: электронный.
5. Роцин, В. Е. Физика пирометаллургических процессов: учебник / В. Е. Роцин, А. В. Роцин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 304 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617669> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0701-4. – Текст: электронный.
6. Проектирование цехов сталеплавильного производства: учебник / К. Н. Вдовин, В. Ф. Мысик, В. В. Точилкин, Н. А. Чиченев. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 528 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617691> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0522-5. – Текст: электронный.
7. Физическое моделирование технических систем сталеплавильного производства: учебное пособие: [16+] / С. П. Еронько, Е. В. Ошовская, М. Ю. Ткачев и др. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 324 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617596> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0699-4. – Текст: электронный.
8. Роцин, В. Е. Электрометаллургия и металлургия стали: учебник / В. Е. Роцин, А. В. Роцин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 576 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL:

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617668> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0630-7. – Текст: электронный.

9. Жук, В. Л. Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях: учебное пособие: [16+] / В. Л. Жук, В. И. Заика, И. В. Тупилко; под ред. А. А. Троянского. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 212 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617698> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0730-4. – Текст: электронный.

10. Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 287 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618536> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр.: с. 268-272. – ISBN 978-5-9729-0583-6. – Текст: электронный.

11. Богданов, Р. А. Автоматизация литейных печей: учебное пособие: [16+] / Р. А. Богданов; науч. ред. С. В. Давыдов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 160 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617587> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр.: с. 153. – ISBN 978-5-9729-0713-7. – Текст: электронный.

12. Дуговые электропечи: учебное пособие / А. И. Алиферов, Р. А. Бикеев, Л. П. Горева и др.; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016. – 204 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576190> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-2813-9. – Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Включения и газы в сталях / В. И. Явойский [и др.]. - Москва: Металлургия, 1979. - 272 с.

2. Внепечная обработка - эффективный путь повышения качества металла: сб. науч.-техн. ст. из журн. "Сталь" / сост. В. А. Кудрин. - Москва: Металлургия, 1987. - 113 с.

3. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия: учеб, для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - Изд. 6-е перераб. и доп. - Москва: Академкнига, 2005. - 768 с.

4. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия: учебник для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: Металлургия, 1998. - 768 с.

5. Глинков, Г. М. Контроль и автоматизация металлургических процессов: учебник для вузов / Г. М. Глинков, А. И. Косырев, Е. К. Шевцов;

под науч. ред. Г. М. Глинкова. - Москва: Metallургия, 1989. - 351 с.

6. Еланский Г.Н. Строеение и свойства металлических расплавов: Учеб. пособие для студ. металлург. спец. вузов. - М.: Metallургия, 1991. - 160с.

7. Казачков, Е. А. Расчёты по теории металлургических процессов: Учеб. пособие / Евгений Александрович Казачков. - М.: Metallургия, 1988. - 288 с

8. Кнюппель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали: Основы и технология ковшовой металлургии / пер. с нем. Г. Н. Еланского. - Москва: Metallургия, 1984. - 414с.

9. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства: учеб, для вузов / В. П. Григорьев [и др.]. - Москва: МИСИ, 1995.-512с.

10.Лапшин И. В. Автоматизация дуговых печей. - Москва: МГУ, 2004. - 166с.

11.Линчевский, Б. В. Вакуумная индукционная плавка / Б. В. Линчевский. - Москва: Metallургия, 1975. - 240 с

12.Леви, Л. И. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов: учебник / Л. И. Леви, Л. М. Мариенбах. -Москва: Машиностроение, 1970. - 496с.

13. Огнеупоры для вакуумных металлургических агрегатов / А. К. Карклит [и др.]. - Москва: Metallургия, 1982, - 144с.

14.Огнеупорные изделия, материалы и сырьё: Справочник / под ред. А. К. Карклита. - 4-е изд. - Москва: Metallургия, 1991. - 416с.

15.Ойкс Г. Н. Производство стали: основы теории и технология. - Москва: Metallургия, 1974. - 440с.

16.Поволоцкий Д. Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов; учеб, для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва; Metallургия, 1995. - 592с.

17.Поволоцкий, В. Я. Раскисление стали / Д. Я. Поволоцкий. - Москва: Metallургия, 1972. - 208 с

18.Тимофеева, А. С. Теплофизика металлургических процессов: учебное пособие для вузов / А. С. Тимофеева, В. В. Федина; под ред. А. С. Тимофеевой. - 2-е изд. - Старый Оскол: ТНТ, 2018. - 135 с.

19.Трахимович, В. И. Использование железа прямого восстановления при выплавке стали / В. И. Трахимович, А. Г. Шалимов. - Москва: Metallургия, 1982. - 246 с.

20.Фромм, Е. Газы и углерод в металлах Е. Фромм, Е. Гебхардт; пер. С нем. В. Т. Бурцева; под ред. Б. В. Линчевского. - Москва: Metallургия, 1980. -712 с.

21.Явойский В. И. Неметаллические включения и свойства стали. - Москва: Metallургия, 1980. - 175с.

Электронный учебно-методические документы и комплексы

1. Ткаченко, А. В. Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов : электронный учебно-методический комплекс дисциплины /

А. В. Ткаченко. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012 Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2085>.

2. Жаранов, В. А. Теория металлургических процессов: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов. - Гомель: ГГТУ, 2010. - 1 папка + 1 электрон, опт. диск (№ метод, ук.: ЭУМКД56). Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1520>

3. Ткаченко, А. В. Теория и технология плавки : лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения / А. В. Ткаченко, О. Л. Юшкина. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. - 60 с.

4. Ткаченко, А. В. Теория и технология электроплавки цветных сплавов : электронный учебно-методический комплекс дисциплины для студ. спец. 1-42 01 01 "Металлург. пр-во и материалообр. (по напр.), 1-42 01 01-01 "Металлург. пр-во и материалообр. (металлургия)" / А. В. Ткаченко. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/14355>

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний, материалов и технических средств обучения

Набор плакатов и презентация - теория и технология электроплавки стали и ферросплавов.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических работ с использованием учебного и научного оборудования и приборов, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий;
- использование компьютерной техники для расчёта и обоснования выбора режимов обработки металлов.

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности			
	ЛК	ПР	ЛР	СРС
Дискуссия	х	х		
IT-методы	х	х	х	х

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности			
	ЛК	ПР	ЛР	СРС
Командная работа		х	х	
Опережающая СРС	х	х	х	х
Индивидуальное обучение			х	х
Проблемное обучение		х	х	х
Обучение на основе опыта		х	х	х

Рекомендуемые формы обучения студентов: чтение лекционного материала с постоянным контактом с аудиторией студентов; наполнение преподаваемого материала дополнительными поясняющими комментариями и примерами; использование мультимедийных средств обучения.

Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов: предварительное изучение материалов перед лекционными и практическими занятиями; плановая подготовка к экзамену посредством усвоения основных положений экзаменационных тем с последующим наполнением усвоенных основных положений дополнительной информацией.

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов.

- проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, способностью разрешать проблемные ситуации;
- использовать теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности;
- находить творческие решения профессиональных задач, принимать нестандартные решения;
- вскрывать естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;
- применять современные методы исследования, проводить технические испытания и (или) научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы;
- профессионально эксплуатировать современное оборудование;
- формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;
- применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений;

- применять основы инженерного проектирования технических объектов;
- применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности;
- принимать решения с учётом энерго- и ресурсосбережения;
- внедрять достижения отечественной и зарубежной науки и техники;
- осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов и управление ими;
- проводить экспертизу проектно-конструкторских и технологических решений.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые в виде дискуссий или докладов на занятиях и конференциях;
- решение проблемных вопросов в виде учебных дебатов, «мозгового штурма» и т.п. с использованием наглядных пособий, информационных технологий, навыков анализа и самостоятельности принятия инженерных решений.

Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Лекции предназначены для передачи учебной информации от преподавателя к студентам, направленной в основном на приобретение студентами новых теоретических знаний. При чтении лекций используется диалоговая форма с постановкой задач из области знаний уже прошедших студентами предметов.

Для проведения занятий в активной и интерактивной форме (не менее 20% от аудиторной нагрузки) могут использоваться следующие инновационные технологии:

- информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и практическим работам;

- работа в команде: совместная работа студентов в группе при выполнении заданий;
- представление теоретического и практического материала в виде мультимедиа презентаций для оптимизации конспектов по темам для самостоятельного изучения, при необходимости.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала.

Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; формируются группы (команды); каждое занятие проводится по своему алгоритму.

При проведении практических занятий преследуются следующие цели:

- применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем;
- отработка командных навыков взаимодействия; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения.

Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

- изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
- после изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
- особое внимание следует уделить выполнению отчётов по практическим работам и по индивидуальным заданиям на самостоятельную работу.

- Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задаётся на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Также рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- выполнение индивидуальных расчётных заданий с консультациями преподавателя;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- защита курсового проекта;
- сдача экзамена.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

Обучающиеся допускаются к сдаче экзамена по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Контроль знаний студентов осуществляется путём устного опроса при выполнении лабораторных работ и при приёме отчётов по лабораторным работам; устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ, тестового контроля по темам и разделам курса в ходе текущего контроля знаний; письменного и устного опроса на экзамене.

Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

Примерный перечень тем практических работ

1. Примеры использования терминов и представлений физической химии при решении практических задач.
2. Расчёты процессов дегазации расплавов.
3. Изучение принципов расчёта процессов кристаллизации
4. Изучение расчётов процесса аргонно-кислородного рафинирования
5. Регрессионный анализ характеристик современных дуговых печей.
6. Изучение принципов моделирования теплообмена в пространстве дуговой печи
7. Изучение способов определения характеристик огнеупоров и теплоизоляций для металлургических печей.
8. Изучение важных для практического использования характеристик синтетических композиционных железосодержащих материалов.
9. Анализ зависимости расхода электродов на дуговых печах от комплекса характеристик оборудования, технологии и процесса выплавки сплавов.
10. Расчёты процессов утилизации шлаков.
11. Расчёты восстановительных процессов в электрометаллургии
12. Расчёты процессов интенсификации плавки в электрометаллургии.
13. Расчёты металлургических процессов вторичной плавки и рециклинга легированных отходов.
14. Расчёты параметров электронно-лучевых установок.
15. Расчёты процессов рафинирования в агрегатах спецэлектрометаллургии.
16. Изучение основных методик расчётов по технологии ферросплавного производства «большой» группы ферросплавов.

Примерный перечень тем лабораторных работ

1. Изучение скорости всплытия шлаковых частиц в расплаве в зависимости от их плотности и диаметра
2. Изучение влияния температуры заливки на жидкотекучесть.
3. Изучение влияния температуры заливки расплава на формирование

дефектов усадочного происхождения

4. Изучение способов предотвращения попадания шлаковых включений в расплав.

5. Изучение конструкции и процесса выплавки стали в дуговой печи постоянного тока.

6. Изучение процесса теплопередачи в слое футеровки дуговой печи при контакте расплава с футеровкой.

7. Изучение свойств шихтовых материалов, применяющихся в процессах плавки стали и чугуна.

8. Изучение, на базе трёхмерной модели, конструкций сверхмощных ДСП.

9. Изучение процесса индукционного нагрева металлических образцов.

10. Изучение характеристик твёрдых выбросов из металлургических агрегатов.

11. Изучение методов получения вакуума, устройств и установок вакуумных насосов.

12. Изучение возможностей установок ЭШП для рециклинга отходов промышленности.

13. Изучение процессов восстановления металлов из оксидов.

14. Изучение алюмотермических процессов.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Основы плавки стали в электрических печах.
2. Общая схема сталеплавильного процесса.
3. Физико-химические основы плавки стали в электрических печах.
4. Термодинамические характеристики процесса электроплавки стали. Состав фаз. Характеристики равновесного состояния.
5. Кинетика металлургических процессов.
6. Диффузионные процессы. Работа перемешивания металла.
7. Кинетика десульфурации и раскисления. Удаление кислорода, водорода и азота путём диффузии.
8. Строение и свойства жидкого железа и его сплавов.
9. Природа и свойства жидких сплавов железа.
10. Химическая активность примесей в жидком железе. Вязкость. Диффузия. Поверхностное натяжение. Адсорбция Межфазное натяжение.
11. Шлаки сталеплавильных процессов.
12. Теория жидких шлаков. Состав шлаков и основные диаграммы шлаковых систем.
13. Химические свойства шлаков. Физические свойства шлаков. Химическое сродство в системе «металл-шлак».
14. Особенности протекания окислительных процессов в электропечах.
15. Окисление углерода. Окисление и восстановление кремния. Окисление и восстановление марганца.
16. Особенности протекания окислительных процессов в электропечах.
17. Окисление и восстановление хрома. Окисление вольфрама. Окисление фосфора.
18. Десульфурация стали.
19. Сера в стали. Распределение серы между металлом и шлаком.
20. Влияние состава металла на десульфурацию стали. Внепечная десульфурация.
21. Раскисление стали. Цель и методы раскисления.
22. Сущность глубинного и диффузионного способов раскисления стали.
23. Продукты раскисления стали и их удаление. Взаимодействие раскислителей с кислородом.
24. Раскисление шлаком. Окисные неметаллические включения в стали.
25. Газы в стали.
26. Газы в стали, источники их поступления, растворимость и влияние на свойства стали. Растворение водорода Растворение азота. Растворение кислорода.
27. Механизм поступления кислорода из газовой фазы в металл при сталеплавильных процессах. Удаление газов из металла.
28. Производство стали в дуговых печах.

29. Шихтовые материалы и загрузка печи.
30. Период плавания. Окислительный период. Восстановительный период (доводка плавки).
31. Способы выплавки стали в основных дуговых печах.
32. Выплавка углеродистых сталей в основных электропечах.
33. Выплавка легированных сталей в основных электропечах.
34. Материальный и тепловой балансы плавки стали в основной дуговой печи.
35. Выплавка стали в кислых дуговых печах.
36. Производство стали в индукционных печах и установках для переплава.
37. Индукционные печи.
38. Выплавка стали в открытых и вакуумных индукционных печах.
39. Выплавка металла в установках для переплава.
40. Материальный баланс плавки.
41. Определение количества элементов, удаляющихся из металлошихты
Определение угара элементов металлического лома.
42. Определение суммарного угара элементов металлошихты.
43. Расчёт количества раскислителей и легирующих материалов
44. Тепловой баланс плавки.
45. Приход тепла. Расход тепла. Электрическая дуга как источник тепловой энергии. Дуга постоянного и переменного токов.
46. Горение дуги в вакууме. Теплообмен в рабочем пространстве печей.
47. Основные параметры рабочего пространства сталеплавильных печей.
48. Выплавка конструкционной стали в электродуговых печах.
49. Свойства и дефекты конструкционной стали.
50. Особенности технологии выплавки конструкционных сталей. Уровень требований по качеству.
51. Выплавка шарикоподшипниковой стали.
52. Свойства и дефекты шарикоподшипниковой стали. Технология плавки и её ключевые особенности.
53. Выплавка электротехнической стали.
54. Свойства и дефекты электротехнической стали Технология плавки.
55. Выплавка нержавеющей и жаропрочной стали.
56. Свойства и дефекты нержавеющей и жаропрочной стали
57. Электрометаллургические печи для производства ферросплавов.
58. Классификация электрометаллургических печей. Конструкция ферросплавных печей. Электроды.
59. Электрооборудование и размеры рабочего пространства ферросплавных печей.
60. Производство ферросилиция.
61. Кремний и его сплавы с железом. Физико-химические условия получения ферросилиция. Шихтовые материалы. Технология плавки. Техничко-экономические показатели.
62. Производство силикокальция.

63. Физико-химические условия получения силикокальция. Технология плавки.
64. Производство ферромарганца.
65. Марганец и его сплавы с железом. Марганцевые руды и их подготовка к плавке. Производство углеродистого ферромарганца.
66. Производство силикомарганца.
67. Производство средне- и малоуглеродистого ферромарганца. Производство металлического марганца.
68. Производство феррохрома.
69. Хром и его сплавы с железом. Хромовые руды и их подготовка к плавке. Производство углеродистого феррохрома. Производство среднеуглеродистого феррохрома. Производство малоуглеродистого и безуглеродистого феррохрома.
70. Аллюминотермическое производство хрома и его сплавов.
71. Производство ферровольфрама, ферромolibдена и феррованадия.
72. Вольфрам и его сплавы с железом. Технология плавки. Молибден и его сплавы с железом. Сырые материалы и подготовка их к плавке. Технология плавки. Ванадий и его сплавы с железом. Технология производства.
73. Производство ферротитана и ферробора.
74. Экзотермические ферросплавы.
75. Титан и его сплавы с железом. Технология производства. Сплавы бора с железом. Технология производства. Экзотермические ферросплавы.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Производство отливок на основе железа	МиТОМ	нет	
Управление качеством продукции металлургического производства	МиТОМ	нет	
Производство отливок на основе цветных сплавов	МиТОМ	нет	
Новые процессы и материалы в металлургии	МиТОМ	нет	

Зав.кафедрой
«Металлургия и технологии
обработки материалов»

Ю.Л.Бобарикин