

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– 103 /уч.

Внепечная обработка сплавов

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для

специальности

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

специализации:

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

направления:

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 133-18/уч.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины «Внепечная обработка сплавов» 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.

Появление и развитие разнообразных способов внепечной обработки обусловлено повышением требований к качеству металлов и сплавов, необходимостью разработки технологии и производства сплавов принципиально нового качества и ограничением возможности получения их традиционными методами в плавильных агрегатах.

Распространение внепечной обработки объясняется многими положительными моментами, например:

- упрощение технологии плавки, так как появляется возможность продувки металла кислородом до низких содержаний углерода с последующей корректировкой состава по углероду и другим примесям;
- создание условий для ведения конвертерной плавки с очень малым количеством шлака, с малым расходом добавочных материалов, меньшими потерями железа в шлак и т. д.;
- замена двухшлаковой технологии электроплавки на одношлаковую без скачивания шлака (уменьшается продолжительность плавки, расход электроэнергии, трудовые затраты);
- обеспечение надёжной и высокопроизводительной работы машин непрерывной разливки, где требуется точная и стандартная от плавки к плавке регулировка температуры и получение металла стандартно чистого от вредных примесей, прежде всего от серы;
- получение более дешёвыми методами и в больших количествах особо чистой стали с малым содержанием примесей;
- изменение структуры и типа потребляемых ферросплавов и раскислителей в сторону снижения требований к составу и соответствующее их удешевление (использование более дешёвых марок феррохрома, ферроникеля и т. п.);
- широкое внедрение технологии «прямого легирования» с использованием природно-легированных руд, а также материалов из шлаковых отвалов и различных отходов смежных производств.

При внепечной обработке протекают следующие физические и физико-химические процессы:

- выравнивание температуры и химического состава стали в объёме ковша, которое достигается продувкой инертным газом или перемешиванием при некоторых способах вакуумирования;

- глубокое обезуглероживание ($<0,02C$), которое достигается вакуумированием;
- углеродное раскисление и, высокая чистота стали по оксидным включениям – вакуумированием;
- дегазация с получением содержания водорода в сталях и сплавах $<2 \cdot 10^{-4} \%$ - вакуумированием;
- десульфурация до $<0,003 \%$ S – продувкой порошками, обработкой шлаком;
- изменение формы (модификация) оксидных и сульфидных включений – обработкой порошками щёлочноземельных металлов (обычно кальция), их сплавов.

Перечисленные металлургические процессы эффективно протекают при внепечной обработке за счёт ряда особенностей по сравнению с плавильными агрегатами. Основные из них:

- создание наиболее благоприятных термодинамических условий для развития данного процесса; наводка шлака, обеспечивающего наиболее глубокую десульфурацию, а не шлака, который в печи или конвертере должен выполнять противоположные функции при окислении и десульфурации;
- увеличение скорости взаимодействия стали с газовой фазой или шлаком вследствие дробления металла на порции (капли) с развитой контактной поверхностью;
- повышение интенсивности массопереноса в металле вследствие его дробления на порции (капли) и, следовательно, увеличения градиента концентраций растворённых в нем элементов (при данной концентрации).

Цель и задачи учебной дисциплины

Цель курса – изучение физхимии процессов дегазации, вакуумирования и продувки расплавов. Значительное внимание уделяется приобретению знаний в области физических основ электронагрева и плавления, конструкций и принципов проектирования и рациональной эксплуатации установок внепечной обработки сплавов для использования в профессиональной деятельности будущих металлургов.

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.

В процессе изучения дисциплины студенты должны научиться определять основные задачи внепечной обработки стали, разновидности современных методов обработки жидкой стали и чугуна, иметь представление о современном уровне развития и достижениях последних лет в области внепечной обработки.

Требования к освоению учебной дисциплины соответствуют блоку

дисциплин специализации в учебном плане.

В результате освоения данной дисциплины студенты приобретают знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей образовательного стандарта 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка». Дисциплина нацелена на подготовку выпускников к производственной деятельности в области разработки технологических процессов и агрегатов внепечной обработки и ковшовой обработки жидких металлов и сплавов.

Задачи дисциплины заключаются в формировании у студентов знаний и навыков:

- по основным методам расчёта технологических процессов внепечной обработки сплавов;
- по методам расчёта материальных балансов физико-химических процессов раскисления, легирования и десульфурации при внепечной обработке;
- по расчёту мощности трансформаторов и вакуумных систем при проектировании современных установок, агрегатов и систем;
- по расчётам технологических особенностей вакуумной обработки металлов и сплавов;
- по расчёту размеров вакуумных камер.

Место учебной дисциплины в получении знаний по данной специальности соответствует изучению вакуумной обработки сплавов в металлургии. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных по дисциплинам: математика, физика, технология материалов, материаловедение, инженерная графика, прикладная механика, теория металлургического производства, общая металлургия.

Требования к компетентности специалиста

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- теорию и технологию различных способов внепечной обработки металлов;
- современные естественнонаучные и прикладные задачи внепечной обработки, методы и средства их решения в научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственно-технологической и других видах профессиональной деятельности;
- технологии и средства обработки информации и оценки результатов применительно к решению профессиональных задач;
- основные источники научно-технической информации по материалам, используемым в ковшовой металлургии, конструкциям и эксплуатации агрегатов;
- материалы, применяемые при внепечной обработке, их классификацию и маркировку;
- методики расчёта и проектирования установок внепечной обработки различных классов.

Уметь:

- находить нестандартные решения профессиональных задач, применять современные методы и средства исследования, проектирования, технологической подготовки производства и эксплуатации электроэнергетических и электротехнических объектов металлургического производства;
- эксплуатировать, проводить испытания и ремонт соответствующего технологического оборудования;
- анализировать технологические, эксплуатационные и экологические требования к агрегатам внепечной обработки;
- использовать прикладные программные средства для моделирования процессов и расчёта аппаратов внепечной обработки сплавов;
- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы.

Владеть:

- современными измерительными и компьютерными системами и технологиями, навыками оформления, представления и защиты результатов решения профессиональных задач;
- навыками расчёта тепловых и технологических режимов внепечной обработки сплавов;
- информацией о технических параметрах установок вакуумирования для использования их в профессиональной деятельности.

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 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.

Требования к компетентности специалиста

Специалист, освоивший содержание образовательной программы по специальности, должен обладать следующей специализированной компетенцией: владеть способами выпечной обработки сплавов чёрных и цветных металлов, их возможностями в областях применения.

Владеть информацией о маркировке, составах и свойствах огнеупорных и теплоизоляционных материалов металлургического производства, способам выпечной обработки сплавов черных и цветных металлов, их возможностях и областях применения, а также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- выбирать и обосновывать выпечной обработки и разлива сплавов для непрерывнолитых заготовок и отливок различного назначения, а также условий эксплуатации в зависимости от имеющихся исходных материалов;
- управлять технологиями плавки и выпечной обработки различных сплавов;
- улучшать физико-механические свойства литого металла;
- навык определения способов выпечной обработки расплава и воздействия на процессы кристаллизации, устраняющих дефекты физического строения заготовок и слитков.

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, разлива 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 «Внепечная обработка сплавов» в соответствии с учебными планами по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» составляет - 160 часов. Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единиц.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Форма получения высшего образования: дневная

Курс	3
Семестр	5
Лекции (часов)	51
Лабораторные занятия (часов)	–
Практические занятия (часов)	34
Всего аудиторных (часов)	85

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен, семестр:	5
Курсовая работа, семестр	6

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ В СОВРЕМЕННЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Тема 1.1. Цели и задачи внепечной обработки стали. Пути и способы. Основные методы.

Сравнительная характеристика основных способов обработки стали, преимущества и недостатки. Основные цели внепечной обработки и оборудование (аппараты) для их осуществления. Внепечная обработка и проблемы экологии. Тенденции развития сталеплавильного производства. Внепечная обработка и проблемы экологии. Тенденции развития внепечной обработки при непрерывной разливке стали. Процессы внепечной обработки стали (ВОС). Организация выпуска металла из плавильного агрегата в сталеразливочный ковш. Температура металла на выпуске. организация выпуска металла в сталеразливочный ковш. Отсечка шлака при сливе металла из сталеплавильного агрегата. Обработка металла инертными газами и электромагнитное перемешивание (ЭМП) Обработка металла вакуумом. Способы десульфурации стали. Ковшовые огнеупоры для ВОС. Способы нагрева металла. Методы нагрева металла – электродуговой и химический. Устройство печи-ковша (ПК) с электродуговым нагревом переменным и постоянным током, недостатки и преимущества.

Тема 1.2. Раскисление и легирование в процессах внепечной обработки.

Способы раскисления и легирования стали – инжекционный и с введением проволоки с порошкообразным наполнителем, особенности обоих методов. Конструкция устройств для инжекционного введения легирующих и агрегат (трайб-аппарат) для ввода порошкообразных материалов. Механизм удаления растворенных газов из расплавленной стали. Дегазация металла при образовании пузырей. Дегазация порций металла. Выделение оксидных включений. Раскисление углеродом под вакуумом. Влияние межфазного натяжения на рост и удаление включений. Форма включений глинозёма. Влияние перемешивания металла на удаление оксидных частичек. Расчёт процессов коагуляции и удаления из расплава первичных продуктов раскисления расплавленной стали. Математическая модель коагуляции и удаления включений из металла во время вакуумной обработки. Раскисление комплексными сплавами. Комбинация кремния, марганца и алюминия. Щелочноземельные металлы. Редкоземельные металлы.

Тема 1.3. Получение стали на агрегате ковш-печь.

Ковш-печь – современный агрегат для получения стали заданного качества. Назначение агрегата ковш-печь. Сопоставление технологии внепечной обработки на установках комплексной доводки стали и агрегатах ковш – печь. Классификация агрегатов ковш-печь в зависимости от условий производства. Технологический комплекс внепечной обработки стали: агрегат ковш-печь – вакууматор. Технологическое оборудование агрегата ковш-печь. Конструктивные особенности агрегата ковш-печь. Агрегаты

ковш-печь на постоянном токе. Агрегаты ковш-печь с плазменным нагревом металла. Рафинировочный шлак агрегата ковш-печь. Требования, предъявляемые к рафинировочному шлаку. Особенности формирования рафинировочных шлаков. Химический состав рафинировочного шлака для сталей, раскисленных алюминием. Химический состав рафинировочного шлака для сталей, раскисленных кремнием. Требования к шлакообразующим материалам. Скорость формирования рафинировочного шлака и его десульфурисуемая способность. Оптимальное количество шлакообразующих, присаживаемых в ковш и оптимальная толщина шлакового слоя. Продувка металла инертным газом. Влияние перемешивания металла со шлаком на процесс десульфурации. Удаление неметаллических включений. Изменение содержания газов в стали. Усреднение химического состава и температуры стали. Сопоставление продувки металла в ковше сверху и снизу. Оптимальное расположение и обслуживание продувочных пробок, интенсивность продувки. Огнеупоры агрегата ковш-печь. Электрические характеристики агрегата ковш-печь. Тепловой и материальный баланс агрегата ковш-печь. Методика определения теплового баланса. Структура теплового баланса. Пути снижения расхода электрической энергии. Сопоставление затрат электроэнергии на агрегатах ковш-печь различных предприятий. Технологический режим агрегата ковш-печь. Технология обработки стали шлаком. Расчёт количества шлакообразующих, присаживаемых на ковше-печи. Режим продувки металла аргоном. Оптимальный расход ферросплавов. Электрический режим обработки. Десульфурация стали. Окисленность металла

Тема 1.4. Обработка стали порошковыми проволоками

Конструктивные решения и расположение оборудования для ввода проволок. Обработка стали кальцийсодержащими реагентами. Технологические аспекты внепечного рафинирования стали с применением кальция. Комплексное воздействие кальция на свойства жидкой и твёрдой стали. Внепечная обработка стали порошковой проволокой с наполнением силикокальцием СК40. Технология производства стали с регламентированным содержанием элементов в узких пределах. Науглероживание стали. Микролегирование стали титаном. Микролегирование стали ванадием.

Тема 1.5. Технология продувки стали инертными газами.

Способы продувки стали инертными газами. Основные достоинства. Основные особенности гидродинамики процессов продувки расплавов инертными газами. Оборудование для продувки стали инертными газами. Технология изготовления пористых огнеупорных вставок. Расчёт снижения температуры жидкой стали при выдержке в ковше. Применяемое оборудование. Эффективность процесса.

Тема 1.6. Вакуумирование стали.

Вакуумирование стали в струе. Порционное вакуумирование. Циркуляционное вакуумирование. Теория вакуумно-кислородного

рафинирования стали. Использование вакуума для получения низкоуглеродистых сталей и сплавов. Структура слитков, отлитых в вакууме. Определение вакуума. Характеристики, пути получения. Вакуумные насосы. Основные параметры. Механические вакуумные насосы. Характеристики и принцип действия. Пароструйные насосы. Разновидности. Принцип действия. Тепловой расчёт многослойной футеровки сталеразливочных ковшей.

Тема 1.7. Аргонокислородное рафинирование стали.

Перемешивание металла. Способы интенсификации процессов перемешивания расплава за счёт вдувания инертных газов (азот аргон) или ЭМП металла, особенности конструкций подачи инертных газов через фурму или огнеупорные блоки в днище ковша, недостатки и преимущества. Особенности использования метода ЭМП. Гидродинамика ванны при продувке стали аргоном. Влияние продувки на качество стали. Методы вакуумной обработки стали, основы теории вакуумирования, варианты реализации – струйное вакуумирование, методы DH, RH, VD, RH-OB.

Тема 1.8. Вакуум-кислородное рафинирование стали.

Конструктивные особенности реализации. Предотвращение вторичного окисления стали при разливке. Влияние футеровки сталеразливочного ковша на эффективность десульфурации. Производство стали с ультранизким содержанием углерода.

РАЗДЕЛ 2. КОМБИНИРОВАННЫЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ

Тема 2.1. Обработка стали синтетическими шлаками. Неметаллические включения в стали. Основные характеристики. Методы борьбы. Теория обработки стали синтетическими шлаками (СШ). Технологическая схема обработки стали СШ. Комбинированные методы обработки стали СШ. Метод смешения. Свойства сталей, рафинированных СШ. Способы получения известково-глинозёмистого шлака. Твёрдые шлаковые смеси (ТШС). Состав. Способ получения. Десульфурация стали СШ и ТШС. Способ выплавки СШ, химический состав, обработка стали. Подготовка ТШС. Особенности использования СШ и ТШС. Способы ввода ТШС – под струю металла, вдувание с инертными газами.

Тема 2.2. Современные тенденции развития внепечной металлургии чугуна.

Анализ состояния и перспективы внепечной обработки чугуновых расплавов. Теоретическое обоснование процессов внепечного рафинирования чугуна. Особенности поведения некоторых элементов при выплавке чугуна. Физико-химические основы внепечного рафинирования чугуна. Оценка условий десульфурации чугуна и стали. Внепечная десульфурация чугуна натрий- и кальцийсодержащими материалами. Технологический процесс десульфурации чугуна содой. Десульфурация чугуна присадкой кальцийсодержащих материалов. Десульфурация чугуна

карбидом кальция. Инжекция порошкообразной извести. Особенности десульфурации чугуна кальцием. Комплексное внепечное рафинирование чугуна. Процессы десиликонизации чугуна. Процессы внепечной дефосфорации чугуна. Комплексная технология десульфурации и дефосфорации чугуна. Процессы комплексного рафинирования чугуна.

Тема 2.3. Теоретические и технологические основы десульфурации чугуна магнием.

Физико-химические и термодинамические свойства магния. Физические свойства магния. Термодинамические свойства магния. Раскисляющее действие магния в чугуне. Растворимость магния в чугуне. Оценка эффективности использования магния в расплаве. О механизме десульфурации чугуна магнием. Представления о механизме десульфурации чугуна магнием. Оценка механизма десульфурации при обработке чугуна порошковой проволокой с гранулированным магнием. Влияние химического состава чугуна и его температуры на результаты десульфурации. Особенности гидродинамики процесса. Мощность перемешивания чугуна в ковше и ее влияние на процесс десульфурации. Способы ввода магния в жидкий чугун. Возможность использования прямого восстановления магния из оксида.

Тема 2.4. Внепечная обработка стали на машинах непрерывной разливки.

Роль промежуточного ковша. Фильтрация неметаллических включений. Конструкция и ёмкость промежуточных ковшей. Шлаки и флюсы в промежуточном ковше. Продувка металла газами. Непрерывное вакуумирование металла. Регулирование температуры металла. Специальные методы воздействия на жидкий металл в промежуточном ковше и кристаллизаторе. Предотвращение вторичного окисления стали при разливке. Взаимодействие металла с воздухом. Методы защиты металла от вторичного окисления воздухом. Взаимодействие металла со шлаком и футеровкой.

Тема 2.5. Производство специальных марок стали в современных условиях

Комбинированные способы ВОС. Внепечная обработка стали и проблемы экологии. Производство стали с ультранизким содержанием углерода. Ультранизкое содержание углерода и новый класс стали. Производство конструкционной стали. Производство нержавеющей стали. Технология производства стали с нормированным содержанием серы. Разработка технологии внепечной обработки стали серосодержащей порошковой проволокой. Технология внепечной обработки стали порошковыми проволоками с двойным вводом кальция. Практические правила обработки сталей с нормированным содержанием серы порошковыми проволоками. Производство борсодержащих марок стали. Влияние бора на качество и свойства различных марок стали. Разработка технологии внепечной обработки различных групп марок стали борсодержащей порошковой проволокой. Анализ качества и служебных

свойств стали, микролегированной бором. Рекомендации по оптимальной технологии внепечной обработки стали борсодержащей проволокой. Производство колёсной стали с модифицированием силикокальцием. Анализ современного состояния производства колёсной стали. Технология выплавки, внепечной обработки и разливки колёсной стали. Модифицирование колёсной стали. Внепечная обработка колёсной стали силикокальцием и титаном в составе порошковой проволоки. Особенности технологии производства рельсовой стали с микролегированием комплексным сплавом. Производство стали кордового сортамента, модифицированной кальцием. Технология производства коррозионностойких трубных марок стали. Коррозионно-активные неметаллические включения. Некоторые пути снижения общей загрязнённости трубной стали неметаллическими включениями. Практические рекомендации по технологии производства коррозионностойких марок стали. Технология производства литейной стали с ковшевым раскислением алюмокальциевой проволокой. Анализ существующей технологии производства литейной стали. Оптимизация технологии раскисления стали. Технологические особенности раскисления стали порошковой проволокой. Влияние внепечной обработки алюмокальциевой порошковой проволокой на охлаждение металла в ковше.

Тема 2.6. Редкоземельные металлы в сталеплавильном производстве.

Использование редкоземельных металлов для микролегирования и модифицирования жидкой стали. Поведение редкоземельных металлов в металлургических расплавах. Взаимодействие редкоземельных металлов с основными элементами, содержащимися в стали. Термодинамические условия образования редкоземельных включений в жидком металле. Формирование редкоземельных оксидов. Формирование редкоземельных сульфидов. Условия формирования редкоземельных оксисульфидов. Взаимодействие РЗМ с окислами металлов. Разработка эффективных составов комплексных модификаторов, содержащих кальций и редкоземельные металлы. Промышленные исследования комплексной технологии раскисления и внепечной обработки трубной стали. Технология раскисления и внепечной обработки комплексным модификатором с РЗМ трубной стали марки СА. Условия проведения опытно-промышленных плавков коррозионностойких трубных марок стали (ХФА, СА, КТ). Внепечная обработка трубной стали на агрегате ковш-печь проволокой с наполнением комплексным модификатором Са + РЗМ. Анализ усвоения церия и лантана из комплексного модификатора. Анализ неметаллических включений в металле. Загрязнённость трубной стали неметаллическими включениями. Микроструктура металла труб после термической обработки. Коррозионные характеристики металла труб после термической обработки. Выход годного металла на опытных и сравнительных плавках. Рекомендации по оптимальной комплексной технологии раскисления и внепечной обработки коррозионностойкой трубной стали.

РАЗДЕЛ 3. АГРЕГАТЫ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКОЙ СТАЛИ

Тема 3.1. Агрегаты внепечной обработки стали без применения вакуума.

Общие сведения. Агрегаты доводки стали инъекцией инертного газа и порошкообразных реагентов. Инжекционные способы рафинирования. Конструктивные особенности агрегатов доводки стали. Устройства для обработки расплава проволокой. Элементы технологического процесса. Конструктивные особенности трайб-аппаратов. Виды порошковой проволоки и её производители. Агрегаты комплексной обработки стали с электродуговым и химическим нагревом. Элементы технологического процесса. Конструктивные особенности агрегатов «ковш – печь». Агрегаты внепечной обработки с химическим нагревом. Внепечная обработка стали вне сталеразливочного ковша.

Тема 3.2. Вакууматоры.

Струйные вакууматоры. Классификация вакууматоров. Конструктивные особенности струйных вакууматоров. Поточные вакууматоры. Ковшовые вакууматоры. Вакууматоры без нагрева и продувки кислородом. Вакууматоры с дуговым нагревом. Вакууматоры с окислительным вакуумированием. Рециркуляционные вакууматоры. Порционные вакууматоры. Циркуляционные вакууматоры. Оборудование для пульсационного перемешивания расплава. Конструктивные особенности порционных и циркуляционных вакууматоров.

Тема 3.3. Комбинированные процессы и агрегаты.

Комплексные технологические процессы получения высококачественной стали. Многофункциональные одностендовые агрегаты. Двухстендовые агрегаты вакуумирования и нагрева. Агрегаты ASEA-SKF. Агрегаты LF+VD. Агрегаты LF+RH. Другие варианты многостендовых агрегатов. Многопозиционные агрегаты повышенной производительности.

Тема 3.4. Конструктивные элементы технологического оборудования внепечной обработки стали.

Ковши для внепечной обработки. Вакуумные камеры струйных и ковшовых вакууматоров. Вакуумные камеры рециркуляционных вакууматоров. Механизмы перемещения ковша и вакуум-камеры. Устройства контроля параметров металла. Средства нагрева футеровки. Газоотводящий тракт агрегатов внепечной обработки стали. Откачное оборудование. Оборудование для ремонта ковшей и скачивания шлака. Оборудование для ремонта футеровки вакуум-камеры. Сталевозы. Система хранения, дозирования, транспортировки и подачи материалов

Тема 3.5 Автоматизация установок внепечной обработки металла.

Автоматизация установок «печь-ковш». Математическая модель процессов. Особенности управления электрическим режимом. Алгоритм управления. Автоматизация процессов вакуумирования стали. Автоматизация ковшевого вакуумирования стали. Автоматизация порционного вакуумирования стали. Автоматизация циркуляционного вакуумирования.

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Основная цель курсовой работы: углубление знаний и приобретение практических навыков самостоятельной работы по применению знаний и навыков по процессам и технологиям выпечной обработки стали. Кроме того, курсовая работа преследует следующие дополнительные цели, способствующие повышению уровня подготовки будущих специалистов:

- ознакомление с методами совершенствования технологических и теплотехнических процессов производства стали высокого качества;
- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений по общепрофессиональным и специальным дисциплинам;
- расширение и закрепление теоретических и практических знаний;
- развитие навыков применения полученных знаний в решении конкретных инженерных задач;
- развитие критического отношения к принятию технических решений и их обоснованию;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- приобретение опыта использования технической литературы, формирования умений использовать справочную, нормативную и правовую документацию;
- развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности студентов;
- приобретение навыков правильного оформления технической документации.

В процессе выполнения работы студент должен научиться выбирать из известных ему конструктивных и технологических решений наилучшее. Необходимо выполнить курсовую работу на высоком техническом уровне, используя новейшие достижения отечественной и зарубежной науки и техники, опыт передовых предприятий, сведения из технической литературы, справочников и учебников.

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 выпечной обработке сплавов в условиях металлургических и литейных предприятий, самостоятельно принимать правильное решение в конкретной ситуации, совершенствовать применяемые технологии.

Курсовая работа выполняется после изучения теоретической части учебной дисциплины и заключается в разработке или совершенствовании технологии выпечной обработки предлагаемого сплава конкретной марки или в разработке технологии выпечной обработки с элементами проектных

расчётов по агрегатам и оборудованию для реализации соответствующих процессов.

Количество времени, отводимое на выполнение курсовой работы в соответствии с учебным планом университета по специализации 1–42 01 01-01 – 40 часов. Трудоёмкость, выражаемая в зачётных единицах, - 1.

Работая над реализацией содержания курсовой работы, студенты закрепляют и углубляют полученные теоретические знания и практические навыки, учатся самостоятельно использовать методики проектирования технологических процессов металлургического производства в области внеагрегатной обработки сплавов, выполнять анализ и обобщение результатов, а также качественно оформлять электронную конструкторско-технологическую документацию и представлять выполненную работу в законченном виде, используя в необходимом объёме актуальные справочные материалы и современную научно-техническую литературу.

Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание. В задании указываются тема работы, основное содержание и сроки выполнения. Тема курсовой работы может быть предложена обучающимся при условии обоснования им её целесообразности. Тема работы может быть связана с программой практики. Курсовая работа может стать составной частью выпускной квалификационной работы.

После получения задания студент начинает сбор материала путём просмотра монографий, сборников научных трудов, технических книг, учебников. После тщательного анализа подобранного материала делается аналитический обзор. При использовании фактических данных делается обязательная ссылка на источник информации.

На основании анализа литературных данных разрабатывается технология выплавки заданной марки стали с использованием обобщённых данных в виде таблиц, графиков, схем. В заключительной части курсовой работы даются основные выводы и рекомендации (составляется технологическая карта на производство стали), выполнение которых обеспечивает получение лучших качественных показателей разработанного технологического процесса.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки с необходимыми расчётами и графической части. Курсовая работа заканчивается составлением технологической карты на выплавку заданной марки стали. На отдельном листе записки кратко излагаются основные положения разработанной технологии: химический состав готовой стали, состав и количество металлических и неметаллических материалов, используемых при производстве стали, дутьевой и шлаковый режимы плавки, ферросплавы и их количество на плавку, температурный режим плавки.

Пояснительная записка должна содержать полное описание проектируемого или совершенствуемого технологического процесса с необходимым объёмом технологических расчетов, конструкции

применяемого оборудования с необходимым объемом расчетов, 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.

Графическая часть должна состоять из 2-3 листов ватмана формата А1, на которых должны быть представлены результаты проектирования.

Курсовая работа 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 работы, могут представляться как на отдельных листах, используемых при публичной защите, так и в составе текстового документа.

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 курсовой работы в обязательном порядке проходят нормоконтроль.

Курсовая работа 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	Семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	ОСНОВЫ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ В СОВРЕМЕННЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ						
1.1	Цели и задачи выпечной обработки стали. Пути и способы. Основные методы.	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.2	Раскисление и легирование в процессах выпечной обработки.	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.3	Получение стали на агрегате ковш-печь.	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.4	Обработка стали порошковыми проволоками.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.5	Технология продувки стали инертными газами.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.6	Вакуумирование стали.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.7	Аргонокислородное рафинирование стали.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.8	Вакуум-кислородное рафинирование стали.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2	КОМБИНИРОВАННЫЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ						
2.1	Обработка стали синтетическими шлаками. Неметаллические включения в стали.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8
2.2	Современные тенденции развития внепечной металлургии чугуна.	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.3	Теоретические и технологические основы десульфурации чугуна магнием.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.4	Внепечная обработка стали на машинах непрерывной разливки.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.5	Производство специальных марок стали в современных условиях	5	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.6	Редкоземельные металлы в сталеплавильном производстве.	4	–				устный опрос, экзамен
3	АГРЕГАТЫ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКОЙ СТАЛИ						
3.1	Агрегаты внепечной обработки стали без применения вакуума.	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.2	Вакууматоры.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.3	Теоретические и технологические основы десульфурации чугуна магнием.	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.4	Конструктивные элементы технологического оборудования внепечной обработки стали.	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.5	Автоматизация установок внепечной обработки металла.	3	–				устный опрос, экзамен
	Всего (часов):	51	34				
	Курсовая работа					40	Защита курсовой работы

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. 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.
3. Линчевский Б. В. Техника металлургического эксперимента : учебное пособие для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Металлургия, 1992. - 240с.
4. Егоров, А. В. Расчёт мощности и параметров электроплавильных печей: учеб, пособие для вузов / А. В. Егоров. - Москва : МИСИС, 2000. - 272с.
5. 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.

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. 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 : Металлургия, 1989. - 351 с.
5. Еланский Г.Н. Строение и свойства металлических расплавов: Учеб. пособие для студ. металлург. спец. вузов. - М.: Металлургия, 1991. - 160с.
6. Казачков, Е. А. Расчёты по теории металлургических процессов: Учеб. пособие / Евгений Александрович Казачков. - М. : Металлургия, 1988. - 288 с
7. Кньюппель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали : Основы и технология ковшовой металлургии / пер. с нем. Г. Н. Еланского. - Москва : Металлургия, 1984. - 414с.
8. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного

производства : учеб, для вузов / В. П. Григорьев [и др.]. - Москва : МИСИС, 1995.-512с.

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

10. Линчевский , Б. В. Вакуумная индукционная плавка / Б. В. Линчевский. - Москва : Metallurgia, 1975. - 240 с

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

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

13. Огнеупорные изделия, материалы и сырье: Справочник / под ред. А. К. Карклита. - 4-е изд.. - Москва : Metallurgia, 1991. - 416с.

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

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

16. Поволоцкий, В. Я. Раскисление стали / Д. Я. Поволоцкий. - Москва : Metallurgia, 1972. - 208 с

17. 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.

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

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

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

Электронный учебно-методические документы и комплексы

1. 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 <https://elib.gstu.by>.

2. Внепечная обработка сплавов [Электронный ресурс] : практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" специализации 1-42 01 01-01 "Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)" направления 1-42 01 01-01 02 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" дневной и заочной форм обучения / В. А. Жаранов ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический

университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и литейное производство", - Гомель : ГГТУ, 2014, - 109 с. (№ метод, ук.: 456). Режим доступа <https://clib.gstu.by>.

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

1. Набор плакатов - технологии внепечной обработки сталей.
2. Программа «Циркуляционный вакууматор» (расчёт процессов циркуляционного вакуумирования).

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 ввиду учебных дебатов, «мозгового штурма» и т.п. с использованием наглядных пособий, информационных технологий, навыков анализа и самостоятельности принятия инженерных решений.

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	СРС
Дискуссия	х	х	
IT-методы	х	х	х
Командная работа		х	х
Опережающая СРС	х	х	х
Индивидуальное обучение		х	х
Проблемное обучение		х	х
Обучение на основе опыта		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.

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 курсовой работы;
- 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.

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. Влияние внепечной обработки на качество продукции металлургических заводов.
2. Расчёты процессов раскисления.
3. Основные особенности гидродинамики процессов продувки расплавов инертными газами.
4. Расчёты технологических процессов вакуумирования.
5. Технология аргонно-кислородного рафинирования. Расчёты.
6. Вакуум-кислородное рафинирование стали. Методика расчёта оборудования.
7. Расчёт режимов продувки металлов.

8. Расчёты оборудования для обработки синтетическими шлаками.
9. Выбор оптимальных технологий внепечной обработки чугуна
10. Расчёты процессов десульфурации.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Основные задачи внепечной обработки расплавов. Методы их решения.
2. Цели и задачи внепечной обработки стали. Пути и способы. Основные методы
3. Сравнительная характеристика основных способов обработки стали, преимущества и недостатки.
4. Подготовка плавки к внепечной обработке.
5. Продувка стали в ковше инертным газом. Назначение способа.
6. Технология продувки стали инертным газом и применяемое оборудование.
7. Гидродинамика жидкой ванны при продувке металла в ковше инертным газом.
8. Влияние продувки инертным газом на качество стали.
9. Защита поверхности металла при продувке инертным газом.
10. Аргонно-кислородное рафинирование.
11. Конструкция установок для аргонно-кислородного рафинирования
12. Вакуумная обработка стали. Назначение и способы вакуумирования.
13. Исторический обзор развития вакуумирования стали.
14. Термодинамика обезуглероживания и раскисления в вакууме.
15. Удаление неметаллических включений при вакуумировании.
16. Термодинамика дегазации стали при вакуумировании.
17. Механизм и кинетика углеродного раскисления и дегазации стали при вакуумировании.
18. Вакуумирование в ковше.
19. Вакуум-кислородное обезуглероживание жидкого металла. Процесс VOD.
20. Разновидности процесса VOD. Процесс SS – VOD. Процесс VODK.
21. Вакуумирование стали в ковше с дополнительным подогревом. Процесс VAD.
22. Процесс ASEA-SKF. Назначение, технология, конструкция установок, результаты.
23. Процесс LF. Назначение, технология, конструкция установок, результаты.
24. Вакуумирование в струе. Назначение, технология вакуумирования, конструкция установок, результаты.
25. Способы вакуумирования стали в струе (перелив стали из ковша в ковш).

26. Отливка малых слитков под вакуумом.
27. Вакуумирование стали при выпуске.
28. Типы вакуумных насосов.
29. Результаты вакуумной обработки стали в струе.
30. Порционное вакуумирование.
31. Назначение, технология, конструкция установок, результаты. Процесс ДН.
32. Массоперенос и гидродинамика ванны при порционном вакуумировании.
33. Конструкция установок для порционного вакуумирования.
34. Интенсификация процесса порционного вакуумирования продувкой аргоном.
35. Циркуляционное вакуумирование. Назначение, технология, конструкция установок, результаты. Процесс РН.
36. Массоперенос и гидродинамика ванны при циркуляционном вакуумировании.
37. Ход процесса циркуляционного вакуумирования.
38. Устройство циркуляционных вакууматоров.
39. Кратковременная циркуляционная обработка. Назначение, технология, конструкция установок, результаты.
40. Процесс РНО. Назначение, технология, конструкция установок, результаты.
41. Комбинация процессов десульфурации и вакуумной обработки стали.
42. Выбор способа внепечной вакуумной обработки. Сравнение способов продувки и вакуумной обработки стали.
43. Циркуляционное вакуумирование с окислением.
44. Пульсационная обработка вакуумом.
45. Обработка стали порошкообразными материалами. Цели продувки металла порошками.
46. Вдувание кальцийсодержащих материалов.
47. Внепечная десульфурация стали вдуванием порошкообразных материалов.
48. Ресульфурация стали после продувки порошками в ковше.
49. Материалы, применяемые для продувки порошками. Подготовка порошков и введение их в металл.
50. Раскисление и легирование стали при продувке порошкообразными материалами.
51. Азотирование жидкой стали вдуванием порошкообразных материалов.
52. Способы введения кальция и порошков в металл.
53. Расход материалов, продолжительность обработки и качество стали при продувке порошками.
54. Обработка металла синтетическими шлаками.
55. Общие сведения о комбинированных способах внепечной обработки стали (ASEA-SKF, LF, VAD, AP, LMR).

56. Технологические схемы комбинированных способов внепечной обработки.
57. Удаление примесей цветных металлов при внепечной обработке.
58. Агрегаты внепечной обработки на постоянном токе.
59. Комплексные технологии внепечной обработки чугуна и стали.
60. Внепечная обработка стали на машинах непрерывной разливки.
61. Фильтрация неметаллических включений в промежуточном ковше МНЛЗ.
62. Шлаки и флюсы в промежуточном ковше МНЛЗ.
63. Продувка металла газами в промежуточном ковше, погружном стакане, кристаллизаторе МНЛЗ.
64. Непрерывное вакуумирование металла при разливке его на МНЛЗ.
65. Специальные методы воздействия на жидкий металл в промежуточном ковше и кристаллизаторе МНЛЗ.
66. Предотвращение вторичного окисления стали при разливке.
67. Производство стали с ультранизким содержанием углерода методами внепечной обработки.
68. Производство нержавеющей стали с применением способов внепечной обработки стали.
69. Тенденции развития внепечной обработки.
70. Обозначения сталеплавильных процессов по международной классификации.
71. Внепечная обработка и проблемы экологии.
72. Рафинирование алюминиевых сплавов.
73. Неадсорбционные методы рафинирования алюминия и его сплавов.
74. Адсорбционные методы рафинирования алюминия и его сплавов.
75. Рафинирование алюминиевых сплавов от металлических примесей.
76. Рафинирование алюминиевых сплавов методами ликвации, избирательной растворимости и транспортными реакциями.
77. Газы в стали. Теоретические основы вакуумной обработки стали.
78. Способы вакуумной обработки стали. Сравнительные характеристики. Вакуумирование стали в струе.
79. Порционное вакуумирование. Циркуляционное вакуумирование.
80. Теория вакуумно-кислородного рафинирования стали. Использование вакуума для получения низкоуглеродистых сталей и сплавов.
81. Структура слитков, отлитых в вакууме.
82. Определение вакуума. Характеристики, пути получения. Вакуумные насосы. Основные параметры. Механические вакуумные насосы. Характеристики и принцип действия. Пароструйные насосы. Разновидности. Принцип действия.
83. Неметаллические включения в стали. Основные характеристики. Методы борьбы.
84. Теория обработки стали синтетическими шлаками. Технологическая схема обработки стали синтетическими шлаками.

85. Комбинированные методы обработки стали синтетическими шлаками. Метод смешения. Свойства сталей, рафинированных синтетическими шлаками.
86. Способы получения известково-глиноземистого шлака. Твёрдые шлаковые смеси. Состав. Способ получения.
87. Способы продувки стали инертными газами. Основные достоинства.
88. Оборудование для продувки стали инертными газами. Технология изготовления пористых огнеупорных вставок. Материалы.
89. Обработка стали вдуванием порошкообразных материалов в ковш. Установки для вдувания порошков. Основные узлы.
90. Термодинамика взаимодействия вдуваемой частицы с металлом.
91. Десульфурация стали вдуванием порошкообразных материалов в ковш. Десульфурация чугуна магнием. Закономерности.
92. Комбинированные методы внепечной обработки стали в ковше. Технологические приёмы. Варианты и способы.
93. Особенности футеровки ковшей для комбинированных способов обработки стали.
94. Влияние печного шлака на проведение внепечной обработки стали. Методы отделения шлака от металла.

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