

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства
Кафедра металлургических технологий



УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по
учебной работе

Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технологические особенности внепечной обработки металлических
расплавов
(наименование дисциплины)

22.04.02 Metallurgy
(код, наименование направления)

Metallurgy of black metals
(магистерская программа)

Квалификация магистр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная/заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины: Целью изучения дисциплины «Технологические особенности внепечной обработки металлических расплавов» является изучение современных технологий внепечной обработки чугуна и стали.

Задачи изучения дисциплины:

- внедрение новых ресурсосберегающих технологических решений по раскислению и модифицированию сталей;
- улучшение условий разливки стали на МНЛЗ;
- повышение эффективности производства при внепечной обработке стали.

Дисциплина направлена на формирование универсальных компетенций (УК-1, УК-3), общепрофессиональных компетенций (ОПК-1, ОПК-4) и профессиональных компетенций (ПК-1, ПК-3) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в БЛОК 1, часть Блока 1, формируемая участниками образовательных отношений подготовки студентов по направлению 22.04.02 Metallургия (магистерская программа «Metallургия черных металлов»).

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий.

Основывается на базе дисциплин: «Технологические особенности производства чугуна в доменных печах», «Энерго и ресурсосбережение в металлургии», «Современные проблемы металлургии и материаловедения», «Научно-исследовательская работа».

В свою очередь компетенции, освоенные студентами в ходе изучения дисциплины, могут быть использованы ими при изучении дисциплин: «Технологические особенности выплавки стали», «Технологические особенности разлива стали», являясь основой для выполнения НИР и выпускной квалификационной работы.

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (18 ак. ч.), практические (18 ак. ч.) занятия, лабораторные работы (18 ак. ч.) и самостоятельная работа студента (90 ак.ч.).

Общая трудоемкость освоения дисциплины для заочной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак. ч.), практические (4 ак. ч.) занятия, лабораторные работы (2 ак. ч.) и самостоятельная работа студента (134 ак. ч.).

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре для очной и на 2 курсе в 4 семестре заочной формы обучения. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Технологические особенности внепечной обработки металлических расплавов» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции по ОПОП ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции		
Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.	УК-1	<p>УК-1.1 Знает: как осуществлять критический анализ проблемных ситуаций с использованием современных источников информации; методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации; как оценить экспериментальные результаты; современное состояние ресурсной базы металлургических предприятий.</p> <p>УК-1.2 Умеет: искать данные о современных методах производства стали; применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации; вырабатывать стратегию при проведении исследований; осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода.</p> <p>УК-1.3 Имеет практический опыт: анализа существующих технологий и планирования методов их исследования; системного и критического анализа проблемных ситуаций; постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий; планирования, проведения и анализа экспериментальных данных; оценки перспективности применения ресурсов для производства черных металлов.</p>
Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели.	УК-3	<p>УК-3.1 Знает: психологические принципы командной работы при достижении поставленной цели; знает коллективное оборудование кафедры; знает коллективное оборудование кафедры; методики формирования команд.</p> <p>УК-3.2 Умеет: руководить работой команды учитывая психологические особенности ее членов; формулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; работать в команде; работать в команде; разрабатывать план групповых и организационных</p>

		<p>коммуникаций при под-готовке и выполнении проекта.</p> <p>УК-3.3 Имеет практический опыт: организации командной работы; работы в ко-манде; организации командной работы в научном коллективе; организации команд-ной работы в научном коллективе; анализа, проектирования и организации межличностных, групповых и организационных коммуникации в команде для достижения поставленной цели.</p>
Общепрофессиональные компетенции		
<p>Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии.</p>	ОПК-1	<p>ОПК-1.1 Знает: фундаментальные основы строения современных материалов; содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.</p> <p>ОПК-1.2 Умеет: выбирать перспективные стали и сплавы для решения производственных задач; решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.3 Имеет практический опыт: решения исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний.</p>
<p>Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности.</p>	ОПК-4	<p>ОПК-4.1 Знает: основные правила поиска и отбора информации связанной и с перспективными материалами; правила поиска и отбора научной информации; основные принципы сбора информации, анализа полученных данных; методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности.</p> <p>ОПК-4.2 Умеет: выбирать перспективные материалы; обрабатывать и хранить ин-формацию, необходимую для проведения научных исследований; применять машинное обучение в практической технической деятельности; самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее.</p> <p>ОПК-4.3 Имеет практический опыт: ведения деятельности, связанной с анализом, синтезом, сравнением, классификацией, структурированием и систематизацией информации; сбора и обработки собранной информации; обработки и анализа данных; принятия решений по оптимизации элементов конструкций.</p>

Профессиональные компетенции		
<p>Способен решать задачи связанные с определением организационных и технических мер для обеспечения производства черных металлов.</p>	ПК-1	<p>ПК-1.1 Знает устройство, состав, назначение, конструктивные особенности, принцип работы, правила эксплуатации и технического обслуживания цехового оборудования, механизмов и приборов по производству черных металлов, технологические переделы, стандарты организации системы менеджмента качества, технические условия на производственную продукцию, теорию, технологию и практику производства черных металлов, типовые технологические инструкции по производству черных металлов, графики проведения планово-предупредительных ремонтов основного технологического оборудования, основные положения организации по оплате и стимулированию труда работников в цеху, порядок и систему сдачи-ввода агрегатов на капитальный ремонт, требования бирочной системы и нарядов-допусков, план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий, требования охраны труда, промышленной, экологической и пожарной безопасности, методики анализа затрат на производство, специализированное программное обеспечение на участках цеха, процедуры ведения технологических, учетных, агрегатных журналов на участках цеха.</p> <p>ПК-1.2 Умеет Планировать работу по выполнению производственного задания на участках цеха, контролировать ведение работниками агрегатных и технологических журналов, учетной документации, производить анализ причин срыва производства, отклонений от технологических режимов при производстве черных металлов и переработке продуктов плавки и формировать отчет, распределять работников по рабочим местам в соответствии с производственной необходимостью и квалификацией, принимать решения о внесении корректировок в технологические процессы производства черных металлов, определять варианты и возможности использования поступившего в цех некондиционного сырья, топлива и других материалов, разрабатывать рекомендации по улучшению качества текущих ремонтов, соблюдению правил эксплуатации, технического обслуживания и устранению причин простоев оборудования, контролировать выполнение контактного графика поставки продукции цеха в подразделения по их переработке, контролировать уровень знаний и соблюдения работниками требований охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности, использовать специализированное программное обеспечение для расчетов технологических процессов производства черных металлов.</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками получения (передачи) информации при приемке-сдаче смены о сменном производственном задании, о состоянии технологии и оборудования на участках цеха,</p>

		<p>информации о работе смежных производств, энергетических цехов и транспортных подразделений, оценки производственной ситуации на участках цеха по приемке сырья, топлива и других материалов в цеху и в подразделениях переработки цеховой продукции, оценки расстановки и наличия технологического и ремонтных работников на объектах цеха, контроля наличия сменного оборудования, вспомогательных материалов, приспособлений и инструментов в объеме нормативного запаса на производственных участках цеха, оценки состояния охраны труда, пожарной, промышленной и экологической безопасности на участках цеха, определения мер по обеспечению бесперебойной работы оборудования участков цеха, принятия решений о вводе регламентируемых корректировок в технологические процессы производства и переработки цеховой продукции, оценки качества и количества шихтовых материалов, поступающих в цех, выявления и анализа причин изменений параметров и показателей протекания технологических процессов на участках.</p>
<p>Способен анализировать, моделировать и совершенствовать процессы производства черных металлов и управлять современными технологическими процессами их получения.</p>	<p>ПК-3</p>	<p>ПК-3.1 Знает: методики расчета материальных и тепловых балансов производства черных металлов; способы анализа, моделирования и совершенствования процессов производства черных металлов; техно-логические параметры существующих технологий производства черных металлов; особенности техно-логий производства черных металлов; современное состояние ресурсной базы металлургических предприятий; методы проведения исследований для подтверждения способов совершенствования технологии производства черных металлов.</p> <p>ПК-3.2 Умеет: проводить расчеты тепловых и материальных балансов производства черных металлов; управлять современными технологическими процессами получения черных металлов; искать и анализировать информацию по способам совершенствования процессов производства черных металлов; подбирать параметры работы технологических агрегатов при изменении параметров шихты; анализировать и совершенствовать технологии производства черных металлов; проводить исследование и анализировать полученные результаты.</p> <p>ПК-3.3 Владеет навыками расчетов тепловых и материальных балансов процессов плавки; моделирования современных технологических процессов получения черных металлов; поиска и анализа научной и научно-практической информации; расчетов тепловых и материальных балансов процессов получения черных металлов; моделирования процессов производства черных металлов; планирования и проведения исследований</p>

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, к текущему контролю и экзамену, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		2
Аудиторная работа, в том числе:	54	54
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Курсовая работа/курсовой проект	—	—
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	90	90
Подготовка к лекциям.	4	4
Подготовка к лабораторным работам.	8	8
Подготовка к практическим занятиям/семинарам.	8	8
Расчетно-графическая работа (РГР).	—	—
Реферат (индивидуальное задание).	10	10
Домашнее задание.	—	—
Подготовка к контрольной работе.	—	—
Подготовка к коллоквиумам.	8	8
Аналитический информационный поиск.	16	16
Работа в библиотеке.	16	16
Подготовка к экзамену.	30	30
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э	Э
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак. ч.	144
	з. е.	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 9 тем:

- тема 1 (предварительная подготовка металлической шихты к плавке);
- тема 2 (гидродинамика, тепло- и массообмен в процессах внепечной обработки стали);
- тема 3 (легирование стали в ковше);
- тема 4 (обработка металла синтетическим шлаком);
- тема 5 (продувка металла инертными газами);
- тема 6 (продувка металла порошкообразными материалами);
- тема 7 (вакуумирование стали);
- тема 8 (взаимодействие металла со шлаком и футеровкой);
- тема 9 (современные технологии получения стали высокого качества).

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-емкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо-емкость в ак.ч.	Темы лабораторных работ	Трудо-емкость в ак.ч.
1	Предварительная подготовка металлической шихты к плавке.	Внепечная обработка исходной шихты. Внедоменное рафинирование чугуна. Обработка чугуна магнием, известью, известняком, карбидом кальция, содой. Совместное проведение операций десиликонизации и дефосфорации. Пути повышения эффективности. Экономия дефицитных материалов при внепечной обработке чугуна и решение экологических проблем.	2	Расчет степени десульфурации жидкого чугуна	2	Влияние технологических параметров обработки жидкого чугуна на эффективность десульфурации	2
2	Гидродинамика, тепло- и массообмен в процессах внепечной обработки стали	Гидродинамика струи металла на выпуске. Тепло и массообмен в ковше. Особенности раскисления металла при выпуске. Поведение газов в металле на выпуске в ковш. Вторичное окисление расплава и технологии, снижающие вторичное окисление. Внепечное регулирование температуры и химического состава стали. Отсечка шлака. Охлаждение стали в ковше.	2	Расчет теплового баланса в АКП	2	Анализ закономерностей десульфурации металла при продувке порошкообразной известью	2

Продолжение таблицы 3

3	Легирование стали в ковше	Способы раскисления. Технология осаждающего раскисления. Науглероживание стали. Методы ввода ферросплавов в ковш. Угар элементов ферросплавов при раскислении. Совершенствование технологии раскисления. Защита окружающей среды при раскислении и легировании. Продукты раскисления, их удаление.	2	Расчет количества и химического состава рафинировочного шлака в АКП.	4	Влияние химического состава стали и режима продувки на степень усвоения азота, вдуваемого в металл.	4
4	Обработка металла синтетическим шлаком	Оборудование и технология для выплавки синтетических шлаков. Состав и физико-химические свойства шлаков. Выбор состава шлака. Технология обработки металлического расплава синтетическими шлаками. Химические реакции. Качество стали при обработке шлаками.	2		2	Анализ кинетики дегазации металла при порционном вакуумировании.	2
5	Продувка металла инертными газами	Оборудование. Гидродинамические процессы. Режимы продувки стали. Усреднение химического состава и температуры. Удаление газов и неметаллических включений из расплава. Качество металла.	2	Расчет снижения температуры металла при продувке аргоном.	2		

Продолжение таблицы 3

6	Продувка металла порошкообразными материалами	Газы-носители и порошкообразные материалы. Схемы установок. Гидродинамика при продувке. Предварительное раскисление и науглероживание, десульфурация при вдувании. Технология ввода силикокальция, РЗМ, магния, извести и др. в жидкий металл. Ввод материалов в виде проволоки и пуль. Влияние вида материала и технологии ввода на качество металла.	2	Статистический анализ паспортов плавов внепечной обработки стали	4	Определение удельного расхода аргона для удаления водорода из металла	4
7	Вакуумирование стали	Теоретические основы обработки. Химические реакции. Способы вакуумирования. Оборудование. Технология вакуумирования. Вакуумирование продувкой кислородом. Вакуум-шлаковая обработка. Пульсирующая продувка. Влияние технологических параметров обработки на качество металла. Легирование металла и обезуглероживание на установках порционного вакуумирования. Качество металла.	2				

Окончание таблицы 3

8	Взаимодействие металла со шлаком и футеровкой	Способы отделения шлака от металла. Методы отделения шлака от металла при выпуске из сталеплавильного агрегата. Отсечка шлака при разливке стали. Новые исследования в области защиты металла от окисления при выплавке, внепечной обработке и разливке. Технологические схемы.	2	Расчёт параметров вакуумной камеры порционного типа.	4	Влияние условий обработки на эффективность внепечной десульфурации стали.	4
9	Современные технологии получения стали высокого качества	Агрегаты для комплексной обработки стали. Огнеупоры. Технологические схемы. Технология ASEA-SK. Установки типа LF. Технология АКОС. Подогрев металла (дуговой, индукционный) в ковше. Технология доводки по химическому составу. Модифицирование неметаллических включений. Ковшовое рафинирование стали с индукционным нагревом и перемешиванием. Защита окружающей среды.	2				
Всего аудиторных часов			18		18		18

Таблица 4– Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-емкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо-емкость в ак.ч.	Темы лабораторных работ	Трудо-емкость в ак.ч.
1	Предварительная подготовка металлической шихты к плавке	Внепечная обработка исходной шихты. Внедоменное рафинирование чугуна. Обработка чугуна магнием, известью, известняком, карбидом кальция, содой. Совместное проведение операций десиликонизации и дефосфорации. Пути повышения эффективности. Экономия дефицитных материалов при внепечной обработке чугуна и решение экологических проблем.	2	Расчет количества и химического состава рафинировочного шлака в АКП	4	Анализ закономерностей десульфурации и металла при продувке порошкообразной известью	2
2	Легирование стали в ковше	Способы раскисления. Технология осаждающего раскисления. Науглероживание стали. Методы ввода ферро-сплавов в ковш. Угар элементов ферросплавов при раскислении. Совершенствование технологии раскисления. Защита окружающей среды при раскислении и легировании. Продукты раскисления, их удаление.	2				
Всего аудиторных часов			4		4		2

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
УК-1, УК-3, ОПК-1, ОПК-4, ПК-1, ПК-3	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- лабораторные работы – всего 24 балла;
- практические занятия – всего 24 балла;
- устный или письменный опрос на коллоквиумах, в том числе выполнение тестовых заданий с использованием дистанционных технологий – всего 52 балла.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60 % от максимального.

Экзамен по дисциплине «Технологические особенности внепечной обработки металлических расплавов» проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже (п.п. 6.5), или в виде тестовых заданий (в т.ч. с использованием дистанционных технологий). Экзаменационный билет включает три вопроса из приводимого ниже перечня. Экзаменационные билеты составляется таким образом, чтобы каждый вопрос относился к различному модулю. Ответ на каждый вопрос оценивается из 33,3 баллов. Студент на экзамене может набрать до 100 баллов.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

1. Перспективы развития. Цели внедоменной обработки.
2. Внедоменная десульфурация чугуна.
3. Внедоменная дефосфорация чугуна.
4. Совместное проведение операций десульфурации и дефосфорации.
5. Обработка чугуна магнием, известью, известняком, карбидом кальция, содой.
6. Совместное проведение операций десиликонизации и дефосфорации.
7. Особенности раскисления металла в ковше при выпуске.
8. Вторичное окисление расплава при выпуске и использование новых технологий, снижающих вторичное окисление металла при выпуске.
9. Отсечка шлака. Охлаждение стали в ковше.
10. Технология обработки металлического расплава синтетическими шлаками.
11. Режимы продувки: стали в ковше. Усреднение химического состава и температуры стали в ковше. Удаление газов и неметаллических включений из расплава.
12. Способы внепечного вакуумирования: ковшевой, струйный, порционный, циркуляционный, при разливке.
13. Вакуумирование металла в вакуумной камере в ковше.
14. Порционное и циркуляционное вакуумирование.
15. Вакуумирование металла с его продувкой кислородом. Вакуум-шлаковая обработка.
16. Агрегаты для комплексной внепечной обработки стали.
17. Обработка стали по способу ASEA-SK. Установки типа LF.
18. Технологические приемы обработки жидкой стали на АКОСе.

19. Ковшовое рафинирование стали с индукционным нагревом и перемешиванием.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1. *Предварительная подготовка металлической шихты к плавке.*

1. Какие задачи преследует внепечная обработка чугуна и стали?
2. В чем суть технологии внедоменной десульфурации чугуна?
3. В чем суть технологии внедоменной дефосфорации чугуна.
4. Какие особенности обработки чугуна магнием?
5. Какие особенности обработки чугуна известью?
6. Какие особенности обработки чугуна карбидом кальция?
7. В чем сущность процессов SARP и ORP?

Тема 2. *Гидродинамика, тепло- и массообмен в процессах внепечной обработки стали.*

1. Охарактеризуйте гидродинамику жидкой ванны при продувке металла в ковше инертным газом.
2. Охарактеризуйте термодинамические параметры процесса обезуглероживания.
3. Охарактеризуйте термодинамические параметры процесса раскисления в вакууме.
4. Охарактеризуйте термодинамические параметры процесса дегазации стали при вакуумировании.
5. Охарактеризуйте массоперенос и гидродинамику ванны при порционном вакуумировании.
6. Охарактеризуйте массоперенос и гидродинамику ванны при циркуляционном вакуумировании.

Тема 3. *Легирование стали в ковше.*

1. В чем особенность технологии легирования стали на АКП?
2. Какие материалы используются для доводки стали до необходимого химического состава?
3. Приведите химический состав ферромарганца марки Мн 2 и ферросилиция марки Си 75.
4. Какими способами легирующие добавки могут вводиться в ковш на АКП?
5. Как устроен трайб-аппарат? Назовите его основное назначение.
6. Что из себя представляет порошковая проволока и как регулируется скорость ее погружения в металл?

Тема 4 *Обработка металла синтетическим шлаком.*

1. В чем сущность технологии обработки металла синтетическим шлаком?
2. Насколько эффективно совмещение продувки инертным газом с обработкой синтетическим шлаками?
3. Приведите химический состав синтетического шлака.
4. Чем синтетический шлак отличается от обычного конечного шлака

при производстве стали?

5. В чем особенность технологии производства синтетического шлака?

Тема 5 *Продувка металла инертными газами.*

1. В чем отличие продувочных элементов с ориентированной и неориентированной пористостью?

2. Какие газы используются для продувки жидкого металла?

3. Назовите критерии при выборе продувочного газа, и в чем заключается методика расчета расхода продувочного газа?

4. Где и за счет чего происходят тепловые потери при обработке стали инертными газами?

5. Охарактеризуйте гидродинамику жидкой ванны при продувке металла в ковше инертным газом.

Тема 6 *Продувка металла порошкообразными материалами.*

1. Как устроена установка для вдувания порошкообразных реагентов в сталь?

2. С какой целью используют вдувание порошкообразных реагентов в сталь?

3. Как устроена погружная фурма и от чего зависит ее стойкость?

4. Какое влияние на качество металла оказывает кальций?

5. В чем сущность процессов SARP и ORP?

Тема 7 *Вакуумирование стали.*

1. Каковы механизм и кинетика углеродного раскисления и дегазации стали при вакуумировании?

2. В чем суть технологии вакуум-кислородного обезуглероживания жидкого металла? В чем особенность технологии процесса VOD?

3. Какие разновидности процесса VOD используются в металлургии?

4. В чем особенность технологии процесса SS-VOD?

5. В чем особенность технологии процесса VODK?

6. В чем особенность технологии вакуумирования стали в ковше с дополнительным подогревом? Охарактеризуйте процесс VAD.

Тема 8 *Взаимодействие металла со шлаком и футеровкой.*

1. Какое влияние на футеровку оказывает взаимодействие с жидким металлом?

2. Какое влияние на футеровку оказывает взаимодействие со шлаком?

3. Назовите основные зоны износа сталеразливочных ковшей, перечислите причины, по которым это происходит

4. Как влияет на стойкость футеровки повышенное содержание FeO в металле и шлаке?

5. Перечислите основные способы повышения стойкости футеровки металлургических агрегатов.

6. Как влияет на стойкость футеровки содержание различных составляющих шлака?

Тема 9 *Современные технологии получения стали высокого качества.*

1. Как достигается необходимое качество стали?

2. Насколько эффективно совмещение продувки инертным газом с обработкой синтетическим шлаками?

3. Какие специальные методы воздействия на жидкий металл в промежуточном ковше и кристаллизаторе МНЛЗ вы знаете?

4. В чем особенность технологии электромагнитного перемешивания стали в промежуточном ковше МНЛЗ?

5. На каких физических принципах основывается электромагнитное воздействие на жидкий металл?

6. В чем особенность технологии производства стали с ультранизким содержанием углерода методами внепечной обработки.

6.5 Вопросы для подготовки к коллоквиумам и экзамену и выполнению тестовых заданий

1. Какие задачи преследует внепечная обработка чугуна и стали?

2. Какие методы внепечной обработки чугуна и стали используются в настоящее время?

3. В чем суть технологии внедоменной десульфурации чугуна?

4. В чем суть технологии внедоменной дефосфорации чугуна.

5. Какие особенности совместного проведения операций десульфурации и дефосфорации.

6. Какие особенности обработки чугуна магнием?

7. Какие особенности обработки чугуна известью?

8. Какие особенности обработки чугуна известняком?

9. Какие особенности обработки чугуна карбидом кальция?

10. Какие особенности обработки чугуна содой?

11. Какие особенности совместного проведения операций десиликонизации и дефосфорации?

12. Назовите пути повышения эффективности внепечного рафинирования чугуна.

13. Назовите пути экономии дефицитных материалов при внепечной обработке чугуна и решение экологических проблем.

14. В чем особенность технологии ввода различных материалов и их смесей и жидкий металл: силикокальция, РЗМ, магния, извести и др?

15. Назовите особенности процесса IR-УТ.

16. В чем отличие продувочных элементов с ориентированной и неориентированной пористостью?

17. Какие газы используются для продувки жидкого металла?

18. Назовите критерии при выборе продувочного газа, и в чем заключается методика расчета расхода продувочного газа?

19. Где и за счет чего происходят тепловые потери при обработке стали инертными газами?

20. В чем особенность технологии вдувания кальция?

21. Каково влияние обработки кальцием на наличие неметаллических включений в стали?

22. Назовите особенности технологии продувки металла инертным

газом через пористые вставки.

23. Как кальций влияет на качество стали?
24. Какое влияние оказывает соотношение Ca/Al на разливку стали?
25. Каковы равновесные концентрации водорода при пониженном давлении?
26. Каковы равновесные концентрации азота при пониженном давлении?
27. В чем особенность технологии процесса ASEA-SKF?
28. В чем особенность технологии процесса Finkl-VAD?
29. В чем особенность технологии обработки стали при порционном вакуумировании?
30. В чем особенность технологии обработки стали при циркуляционном вакуумировании?
31. Каковы мощность трансформаторов АКП и скорость нагрева стали?
32. В чем заключается эффективность вакуумной обработки стали при ДН-процессе?
33. Приведите динамику скорости снижения температуры и охлаждения стали при ДН- процессе.
34. Назовите основные узлы и их назначение в установке РМ-процесса.
35. Эффективность вакуумной обработки РН-процессом.
36. В чем особенность технологии РМ-процесса, его эффективность?
37. В чем особенность технологии окислительной продувки под вакуумом процессом РН-ОВ?
38. Какие огнеупоры используются для футеровки ковшей АКП (приведите их химический состав, стойкость, себестоимость)?
39. Охарактеризуйте гидродинамику жидкой ванны при продувке металла в ковше инертным газом.
40. Охарактеризуйте термодинамические параметры процесса обезуглероживания.
41. Охарактеризуйте термодинамические параметры процесса раскисления в вакууме.
42. Охарактеризуйте термодинамические параметры процесса дегазации стали при вакуумировании.
43. Каковы механизм и кинетика углеродного раскисления и дегазации стали при вакуумировании?
44. В чем суть технологии вакуум-кислородного обезуглероживания жидкого металла? В чем особенность технологии процесса VOD?
45. Какие разновидности процесса VOD используются в металлургии?
46. В чем особенность технологии процесса SS-VOD?
47. В чем особенность технологии процесса VODK?
48. В чем особенность технологии вакуумирования стали в ковше с дополнительным подогревом? Охарактеризуйте процесс VAD.
49. В чем особенность технологии процесса ASEA-SKF (назначение, конструкция установок, результаты)?
50. В чем особенность технологии процесса LF (назначение,

конструкция установок, результаты)?

51. В чем особенность технологии вакуумирования в струе (назначение, конструкция установок, результаты)?

52. Охарактеризуйте массоперенос и гидродинамику ванны при порционном вакуумировании.

53. Как влияет продувка аргоном на процесс интенсификация порционного вакуумирования?

54. Охарактеризуйте массоперенос и гидродинамику ванны при циркуляционном вакуумировании.

55. В чем особенность технологии процесса РНО (назначение, конструкция установок, результаты)?

56. Какие особенности технологии комбинирования процессов десульфурации и вакуумной обработки стали.

57. В чем особенность технологии циркуляционного вакуумирования с окислением?

58. В чем особенность технологии пульсационной обработка вакуумом?

59. В чем особенность технологии азотирования жидкой стали вдуванием порошкообразных материалов?

60. Приведите общие сведения о комбинированных способах внепечной обработки стали (ASEA-SKF, LF, VAD, AP, LMR).

61. Приведите технологические схемы комбинированных способов внепечной обработки металла.

62. Какие агрегаты постоянного тока используются при внепечной обработке металла?

63. Назовите способы фильтрации неметаллических включений в промежуточном ковше МНЛЗ.

64. В чем особенность технологии продувки металла газами в промежуточном ковше, погружном стакане и кристаллизаторе МНЛЗ?

65. Какие специальные методы воздействия на жидкий металл в промежуточном ковше и кристаллизаторе МНЛЗ вы знаете?

66. В чем особенность технологии электромагнитного перемешивания стали в промежуточном ковше МНЛЗ?

67. На каких физических принципах основывается электромагнитное воздействие на жидкий металл?

68. В чем особенность технологии производства стали с ультранизким содержанием углерода методами внепечной обработки.

69. Перечислите обозначения сталеплавильных процессов по международной классификации.

70. Назовите проблемы экологии, связанные с внепечной обработкой металла.

6.6 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендованная литература

Основная литература

1. Бигеев В. А. Основы металлургического производства : учебник для вузов / В. А. Бигеев, К. Н. Вдовин, В. М. Колокольников [и др.]; под общей редакцией В. М. Колокольцева. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 616 с. – URL : <https://reader.lanbook.com/book/267362?demoKey=4dbc7a1fa24b724d64fb298598b00799#2>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

2. Клим, О. Н. Основы металлургического производства : учебное пособие для среднего профессионального образования / О. Н. Клим. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 168 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-13295-3. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/519357>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

3. Куберский, С. В. Физическое моделирование поведения жидкой ванны промежуточного ковша МНЛЗ в условиях электромагнитных воздействий / С. В. Куберский, О. В. Федотов, С. Р. Завгородний, Д. В. Красюк // Сборник тезисов докладов VI международной научно-технической конференции. Алчевск, 2021. – С. 93-96. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=47466737>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

4. Куберский, С. В. Усовершенствование физической модели пульсирующей продувки расплава в сталеразливочном ковше / С. В. Куберский, Р. В. Крестин // Сборник тезисов докладов VII научно-технической конференции с международным участием. Алчевск, 2023. – С. 199-202. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=57629403>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

Дополнительная литература

1. Баптизманский, В. И. Внепечная обработка стали: учеб. пособие для студ. спец. "Металлургия черных металлов" [текст] / В.И. Баптизманский, А.Г. Величко, Е.И. Исаев. – К.: УМК ВО, – 1988. – 52 с. – URL : <https://search.rsl.ru/ru/record/01001463751>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

2. Внепечная обработка – эффективный путь повышения качества металла: сборник науч.-техн. статей из журнала «Сталь» / Сост. В.А. Кудрин. – М.: Металлургия, – 1987. – 112 с. – URL :

https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_462609/. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

3. Внепечное рафинирование чугуна и стали / [И. И. Борнацкий и др.]. – К.: Техніка, – 1979. – 168 с. – URL : <https://search.rsl.ru/ru/record/01007700824>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

4. Внепечные способы улучшения качества стали / Н. М. Чуйко и др. – К.: Техніка, – 1978. – 128 с. – URL : <https://search.rsl.ru/ru/record/01007630488>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

6. Соколов, Г. А. Внепечное рафинирование стали [текст] / Г.А. Соколов. – М.: Металлургия, – 1977. – 207 с. – URL : <https://search.rsl.ru/ru/record/01007697234>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

7. Куберский, С. В. Кондукционный электромагнитный перемешиватель для стальной / С. В. Куберский, С. Б. Эссельбах // Черные металлы, 2012. – № 8. – С. 17-22. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=17894020>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

8. Зборщик, А. М. Эффективность использования флюидизированной извести для десульфурации чугуна в 300-т заливочных ковшах / А. М. Зборщик, С. В. Куберский, Г. Я. Довгалюк, К. В. Винник, К. Н. Шарандин / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия? 2011. – № 3. – С. 20-23. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=19110807>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

9. Зборщик, А. М. Эффективность современных технологий внедоменной десульфурации чугуна / А. М. Зборщик, С. В. Куберский, К. В. Писмарев, В. В. Акулов, М. Ю Проценко / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2009. – № 11. – С. 10-12. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=19120260>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

10. Смирнов, А. Н. Развитие функциональных и технологических возможностей промежуточных ковшей современных МНЛЗ / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, М. Ю. Проценко, Ю. Ю. Кулиш // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации, 2016. – № 6 (1398). – С. 42-49. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=26342399>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

11. Куберский, С. В. Расширение функциональных возможностей промежуточного ковша МНЛЗ для условий металлургических микро-заводов / Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета, 2017. – № 6 (49). – С. 57-65. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=30725666>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

12. Куберский, С. В. Моделирование пульсирующего режима продувки расплава в сталеразливочном ковше / С. В. Куберский, С. В. Ткаченко, С. А. Фистик // Сборник докладов IV международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. Отв. ред. Кочура В. В., 2018. – С.

48-51. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=39147649>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

13. Куберский, С. В. Исследование массообменных процессов при пульсирующей подаче инертного газа в жидкий расплав сталеразливочного ковша / С. В. Куберский, А. Н. Романчук, Я. А. Романчук, О. В. Стоцкая // Сборник материалов V международной научно-технической конференции. Алчевск, 2020. – С. 121-123. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=44797229>. (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт.— Алчевск. — URL: library.dstu.education.— Текст: электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.— Текст: электронный.

3. Консультант студента: электронно-библиотечная система.— Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.— Текст: электронный.

4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система.— URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.— Текст: электронный.

5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система.—Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. —Текст: электронный.

6. ЭБС Издательства "Университетская библиотека онлайн"
<http://e.lanbook.com/>

7. ЭБС Издательства "ЛАНЬ": [сайт]. – <https://e.lanbook.com/>

8. Цифровая библиотека IPR SMART: [сайт]. – <https://www.iprbookshop.ru/>

9. Национальная электронная библиотека: [сайт]. – <https://rusneb.ru/>

10. Российская Государственная Библиотека: [сайт]. – <https://diss.rsl.ru/>

11. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. – <https://cyberleninka.ru/>

12. Научная электронная библиотека eLIBRARY: [сайт]. – <https://elibrary.ru/defaultx.asp?/>

13. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» – <https://biblio.asu.edu.ru>

14. ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» <https://biblioclub.ru>

15. Информационно-библиотечный комплекс «Политех»
<https://library.spbstu.ru>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
<p>Специальные помещения:</p> <p><i>Учебно-исследовательская лаборатория металлургии чугуна и стали, площадь 134,1 м². Электропечь индукционная для выплавки металла.</i></p> <p><i>Учебно-исследовательская лаборатория электрометаллургии, площадь 53,4 м². Электропечь индукционная вакуумная. Прибор для определения газопроницаемости. Компьютер АМДК-6.</i></p> <p><i>Аудитории для проведения практических занятий, площадь 29,68 м². Доска аудиторная; парты и посадочные места по количеству обучающихся. Компьютер CELERON. Звуковые колонки</i></p> <p><i>Аудитории для проведения практических занятий, площадь 47,9 м². Доска аудиторная; парты и посадочные места по количеству обучающихся; компьютер Intel Pentium; звуковые колонки; мультимедийный проектор EPSON; демонстрационный экран</i></p>	<p>ауд. <u>117</u> корп. <u>лабораторный</u></p> <p>ауд. <u>124</u> корп. <u>лабораторный</u></p> <p>ауд. <u>207</u> корп. <u>лабораторный</u></p> <p>ауд. <u>313</u> корп. <u>лабораторный</u></p>

Лист согласования РПД

Разработал

ст. преп. кафедры
металлургических технологий
(должность)


(подпись)

О. В. Федотов
(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой


(подпись)

Н. Г. Митичкина
(Ф.И.О.)

Протокол №1 заседания кафедры
металлургических технологий

от 30.08.2024 г.

И.о. декана факультета
горно-металлургической
промышленности и строительства
(подпись)

О. В. Князьков
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
22.03.02 Metallurgy
(металлургия черных
металлов)


(подпись)

Н. Г. Митичкина
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись)

О. А. Коваленко
(Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	