

Рабочая программа дисциплины (модуля) **Металлургические технологии**

Закреплена за кафедрой

Направление подготовки

Профиль

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144 Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 6

аудиторные занятия

12

самостоятельная работа

130

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
Неделя	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	6	6	6	6
Практические	6	6	6	6
Контроль самостоятельной работы	2	2	2	2
Итого ауд.	12	12	12	12
Контактная работа	14	14	14	14
Сам. работа	130	130	130	130
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дтн, Проф., Сафонов Владимир Михайлович

Рабочая программа

Металлургические технологии

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 Metallургия, ЭМ-23 ЗО.plx , утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСиС" 29.12.2022, протокол № 5-22

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электрометаллургии

Протокол от 25.05.2023 г., №9

Зав. кафедрой Еланский Д.Г. _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ						
1.1	Сформировать знания по основным теоретическим и технологическим основам производства стали в ДСП, включая выплавку углеродистого полупродукта, ковшовую обработку и разливку стали на МНРС; сформировать способность к аналитическому мышлению при решении ряда технологических задач, сопровождающих производство стали в ЭСПЦ.					
2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ						
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О					
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:					
2.1.1	Математика					
2.1.2	Химия					
2.1.3	Экология					
2.1.4	Методы контроля и анализа веществ					
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:					
2.2.1	Компьютерное моделирование технологических процессов ОМД					
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ						
ОПК-2: Способен участвовать в проектировании и разработке технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений						
ОПК-2.1: Демонстрирует знания технических объектов, систем и технологических процессов						
Знать:						
ОПК-2.1-33 теоретические основы процессов окислительного рафинирования						
ОПК-2.1-32 структуру и особенности интегрированных металлургических предприятий и минизаводов;						
ОПК-2.1-31 классификацию и потребительские свойства стали;						
Уметь:						
ОПК-2.1-У3 анализировать преимущества и недостатки двух основных схем производства стали						
ОПК-2.1-У2 выбирать тип плавильного агрегата для обеспечения необходимых технико-экономических показателей плавки;						
ОПК-2.1-У1 анализировать преимущества и недостатки двух основных схем производства стали;						
Владеть:						
ОПК-2.1-В2 оценкой ресурсо-экологических характеристик производственных процессов						
ОПК-2.1-В1 навыками решения инженерных задач на базе полученных теоретических знаний;						
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
	Раздел 1. Электросталеплавильное производство. Мини металлургический завод.					
1.1	Предпосылки развития технологии сталелитейного модуля, их классификация. Сущность современной технологии производства стали в электропечах. Классификация металлургических мини заводов. Обзор современных, прогрессивных и инновационных вариантов технологии и агрегатов выплавки, ковшовой обработки и разливки в сталелитейном модуле. Концепция построения сталелитейного модуля. /Лек/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	

1.2	Анализ особенностей развития и современного состояния металлургии различных стран мира (на базе информации сайта worldsteel.org). Структура и планировка комплекса. Выбор основного технологического оборудования. Принцип взаимодействия основного и вспомогательного оборудования сталеплавильного модуля. Состав и назначение агрегатов электросталеплавильного модуля, особенности технологической схемы и планировки оборудования /Пр/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
1.3	1. Работа с конспектом лекций. 2. Работа с практическими примерами на этапе подготовки к занятиям. 3. Работа по подготовке домашних заданий /Ср/	6	26	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
	Раздел 2. Дуговая сталеплавильная печь					
2.1	Классификация электропечей. Конструкция, оборудование и технические параметры ДСП. Электрический ток. Электрическая дуга. Электродинамические явления в дуге. Вольтамперная характеристика электрической дуги. Регулирование параметров электрической дуги. Упрощенная электрическая схема дуговой печи. Коэффициент мощности электроплавильного агрегата. Условия горения электрической дуги в ДСП, электрические потери. Тепловой к.п.д. электрической дуги. Факторы, влияющие на эффективность нагревания электрической дугой в ДСП. Механическое оборудование, средства ввода химической энергии, конструкция футеровки подины, система водяного охлаждения элементов конструкции, газоход и газоочистка. Рабочие характеристики ДСП. Технические характеристики и эксплуатация графитированных электродов. /Лек/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
2.2	Технические характеристики и особенности конструкции ДСП-180 Выксунского металлургического завода. Изучение конструкции и работы ДСП на материалах сайта Steeluniversity.org /Пр/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
2.3	1. Работа с конспектом лекций. 2. Работа с практическими примерами на этапе подготовки к занятиям. 3. Работа по подготовке домашних заданий /Ср/	6	22	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
	Раздел 3. Технология выплавки углеродистого продукта в ДСП.					

3.1	Особенности современной системы сталеплавильной технологии во взаимосвязи с физико-химическими процессами в расплавах железа. Химические реакции в металле и шлаке при выплавке углеродистого полупродукта. Реакции растворения водорода и азота в металле. Способы управления физико-химическими процессами выплавки. Средства и способы управления технологическим процессом выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи. Шихтовые материалы. Способы организации технологического процесса плавления стального лома и окисления примесей в жидком металле. Принципы выбора оптимальных параметров нагрева металла электрической дугой. Окислительные реакции в ванне ДСП. Особенности окисления углерода в современной ДСП. Дефосфорация стали. Технология выплавки углеродистого полупродукта в дуговой сталеплавильной печи. Энергетический и материальный баланс выплавки углеродистого полупродукта в современной ДСП. /Лек/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
3.2	Выполнение расчетов равновесного состояния с применением программного комплекса GIBBS. Температурная зависимость растворимости кислорода в железе на выпуске из ДСП. Сравнительная оценка равновесного и фактического содержания кислорода и углерода в железе. Зависимость равновесного содержания кислорода и углерода в железе от температуры и давления. Оценка равновесного содержания кислорода и кремния в железе. Оценка равновесного содержания кислорода и алюминия в железе. /Пр/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
3.3	1. Работа с конспектом лекций. 2. Работа с практическими примерами на этапе подготовки к занятиям и лабораторной работе. 3. Работа по подготовке домашних заданий /Ср/	6	18	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
Раздел 4. Сталеплавильное производство						

4.1	Устройство и принцип работы оборудования АКП. АКП: механическое оборудование, электрооборудование, короткая сеть, конструкция футеровки сталеразливочного ковша и продувочных узлов, система водяного охлаждения. Рабочие характеристики АКП. Средства и способы управления технологией ковшовой обработки стали. Принципы выбора оптимальных параметров нагрева металла электрической дугой и продувки стали инертным газом в сталеразливочном ковше. Энергетический баланс АКП. Основные технологические операции, выполняемые в агрегате ковш-печь. Формирование шлака: оценка состояния шлакового покрова, корректировка химического состава шлака, основные принципы удаления серы из стали, влияние состава и количества шлака, продувки инертным газом на скорость реакции и глубину десульфурации. Нагрев металла: электрический и продувочный режимы, контроль температуры. Перемешивание: усреднение состава и температуры, нагрев, десульфурация, взаимодействие с футеровкой ковша, покровным шлаком и печной атмосферой. Раскисление металла и шлака: глубинное (осаждающее) раскисление, диффузионное раскисление. Раскисление марганцем, кремнием, алюминием, кальцием. Совместное раскисление кремнием, марганцем, алюминием и кальцием. Доводка металла по химическому составу и температуре. Контроль химического состава металла. Вторичное окисление. /Лек/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
4.2	Выполнение расчетов равновесного состояния с применением программного комплекса GIBBS. Раскисление и легирование заданной марки стали. Методика оценки интенсивности вдувания инертного газа в сталеразливочный ковш для выполнения технологических операций. Ферросплавы. Выбор ферросплава. /Пр/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
4.3	1. Работа с конспектом лекций. 2. Работа с практическими примерами на этапе подготовки к занятиям. 3. Работа по подготовке домашних заданий /Ср/	6	20	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
	Раздел 5. Вакуумирование стали					

5.1	Основные способы вакуумирования стали в ковше. Сущность и назначение процесса VD. Устройство и принцип работы VD. Возможности дегазации раскисленной стали при продувке инертным газом при атмосферном давлении и под вакуумом. Техника создания вакуума. Механическое оборудование, вакуумное оборудование, система водяного охлаждения, система очистки и охлаждения отходящих газов. Особенности технологии вакуумирования нераскисленной и раскисленной стали. Контроль кондиций стали перед вакуумированием. Набор вакуума: визуальный контроль, поведение шлака, рабочие режимы продувки инертным газом. Выдержка: продолжительность достижения требуемой степени рафинирования, режим продувки, скорость охлаждения стали. Разгерметизация камеры. Рабочие характеристики VD. /Лек/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
5.2	Выполнение расчетов равновесного состояния с применением программного комплекса GIBBS. Методика оценки дегазации стали в сталеразливочном ковше /Пр/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
5.3	1. Работа с конспектом лекций. 2. Работа с практическими примерами на этапе подготовки к занятиям. 3. Работа по подготовке домашних заданий /Ср/	6	22	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
	Раздел 6. Разливка стали					
6.1	Процесс кристаллизации непрерывнолитого слитка. Основные параметры тонкослябовой МНРС. Основные особенности конструкции тонкослябовой МНРС. Основные функциональные узлы МНРС. Поворотный стенд. Промежуточный ковш. Защитная труба. Подвод металла в кристаллизатор. Кристаллизатор МНРС. Зона вторичного охлаждения. Система мягкого обжата слитка. Технологический перелив стали на МНЛЗ. Дефекты непрерывнолитой заготовки. /Лек/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
6.2	Изучение огнеупорных материалов. Демонстрация на холодной модели и анализ поведения металла в кристаллизаторе тонкослябовой МНРС. Работа на модели «Непрерывная разливка стали» на компьютерной модели сайта Steeluniversity.org. /Пр/	6	1	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	
6.3	1. Работа с конспектом лекций. 2. Работа с практическими примерами на этапе подготовки к занятиям и лабораторной работе. 3. Работа по подготовке домашних заданий /Ср/	6	22	ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Вопросы к зачету (ПК-1.1, ОПК-5.1)

1. Технологическая схема и сущность металлургического производства.
2. Современные требования к качеству стали.
3. Назовите основные стратегии развития металлургического предприятия и приведите примеры.
4. Изложите технологическую схему современного процесса производства стали.
5. Дайте характеристику реакции окисления углерода при производстве стали (запишите химические реакции, по

- которым возможно окисление углерода; назовите факторы, влияющие на скорость и глубину протекания реакций)
6. Дайте характеристику реакции дефосфорации расплава при производстве стали (запишите химические реакции, по которым возможна дефосфорация; назовите факторы, влияющие на скорость и глубину протекания реакций).
 7. Доменная печь: назначение, принцип действия.
 8. Формирование чугуна в доменной печи: восстановление и науглероживание железа.
 9. Сущность сталеплавильного производства, способы промышленного производства стали.
 10. Укажите пределы, в которых обычно в настоящее время изменяется доля металлического лома в шихте ДСП. Какие факторы оказывают влияние на расход лома?
 11. Источники кислорода при производстве стали, передача кислорода в металл.
 12. Раскисление и легирование сталей: цели, применяемые материалы.
 13. Классификация сталей.
 14. Реакции окисления углерода при производстве стали.
 15. Окисление и восстановление кремния в сталеплавильном агрегате.
 16. Удаление фосфора при производстве стали, факторы, влияющие на остаточное содержание фосфора.
 17. Удаление серы при производстве стали, факторы, влияющие на остаточное содержание серы.
 18. Дайте характеристику реакции десульфурации расплава при производстве стали (запишите химические реакции, по которым возможна десульфурация; назовите факторы, влияющие на скорость и глубину протекания реакций).
 19. Шихта сталеплавильного производства.
 20. Подготовка компонентов шихты к плавке: способы подготовки стального лома.
 21. Подготовка компонентов шихты к плавке: внедоменная десульфурация чугуна.
 22. Подготовка компонентов шихты к плавке: производство извести.
 23. ДСП: назначение, основные показатели плавки.
 24. Общее устройство ДСП.
 25. Устройство кислородных инжекторов ДСП.
 26. Технологический цикл конвертерной плавки.
 27. Изменение химического состава металла и шлака по ходу продувки в конвертере.
 28. Общая характеристика ДСП.
 29. Дайте краткую характеристику глубинного (осаждающего) раскисления стали
 30. Дайте характеристику материальных потерь при продувке стали кислородом.
 31. Опишите структуру теплового баланса ДСП.
 32. Цели и методы ковшовой обработки стали.
 33. Применение нейтральных газов для обработки жидкой стали в ковше.
 34. Способы раскисления стали. Их преимущества и недостатки.
 35. Построение современной технологической цепочки.
 36. Реакции окисления углерода при производстве стали.
 37. Окисление кремния в сталеплавильном агрегате.
 38. Окисление марганца при производстве стали.
 39. Удаление фосфора при производстве стали, факторы, влияющие на остаточное содержание фосфора.
 40. Удаление серы при производстве стали, факторы, влияющие на остаточное содержание серы.
 41. Шихта сталеплавильного производства.
 42. Подготовка компонентов шихты к плавке: способы подготовки стального лома.
 43. Технологический цикл плавки стали в ДСП.
 44. Перечислите основные технологические воздействия в ДСП.
 45. Электросталеплавильное производство: назначение, основные показатели выплавки стали в электропечи.
 46. Дуговые сталеплавильные печи – общее устройство.
 47. Цели и методы внеагрегатной обработки стали.
 48. Перечислите основные технологические воздействия в АКП.
 49. Режим перемешивания стали в АКП.
 50. Влияние обработки на качество готового металла.
 51. Вакуумирование жидкой стали в ковше: способы.
 52. Вакуумирование жидкой стали в ковше: применяемое оборудование.
 53. Вакуумирование жидкой стали в ковше: влияние вакуумирования на качество готового металла.
 54. Перечислите основные технологические воздействия в камерном вакууматоре.
 55. Комплексная обработка жидкой стали в ковше.
 56. Разливка стали: назначение, способы разливки, оборудование для разливки (ковши, изложницы).
 57. Непрерывная разливка стали: назначение, преимущества, основные показатели процесса.
 58. Общее устройство МНЛЗ.
 59. Классификация МНЛЗ.
 60. Константа равновесия химической реакции.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Тематика домашних заданий(ПК-1.1, ОПК-5.1):

Домашнее задание № 1. Химический состав, механические свойства и применение стали (марка стали). Оценить влияние химического состава на свойства стали.

Домашнее задание № 2. Для марки стали (ДЗ №1) разработать технологию выплавки, ковшовой обработки и разливки.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

По курсу предусмотрен зачет с оценкой.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Промежуточная аттестация по дисциплине предусмотрена в форме зачета с оценкой.

Для получения зачета необходимо выполнение следующих условий:

1. Регулярное посещение лекционных и практических занятий
 2. Выполнение и защита всех предусмотренных по дисциплине домашних заданий
- При сдаче домашних заданий предусмотрена система оценивания.

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Зачетная оценка выставляется как среднеарифметическая на основе оценок контрольных мероприятий семестра

Результат освоения компетенций (частей компетенций) устанавливается следующим образом:

Оценка ЗАЧТЕНО «Отлично» - Компетенция сформирована.

Оценка ЗАЧТЕНО «Хорошо» - Компетенция сформирована.

Оценка ЗАЧТЕНО «Удовлетворительно» - Компетенция сформирована.

Оценка НЕЗАЧТЕНО «Неудовлетворительно» - Компетенция не сформирована.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Воскобойников В.Г., Кудрин В.А.	Общая металлургия: учебник	Электронный каталог	Москва Металлургия, 1985
Л1.2	Еланский Д.Г., Линчевский Б.В., Кальменев А.А. Еланский Д.Г., Линчевский Б.В., Кальменев А.А.	Основы производства и обработки металлов: учебник	Электронный каталог	Москва МГВМИ, 2005

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф.	Металлургия железа: учебник	Электронный каталог	Москва ИКЦ "Академкнига", 2007
Л2.2	Кудрин В.А. В.А. Кудрин, В.А. Шишимиров	Технологические процессы производства стали: учебник	Электронный каталог	Ростов н/Д Феникс, 2017
Л2.3	Еланский Г.Н. Еланский, Д.Г. Еланский	Строение и свойства металлических расплавов: учебное пособие	Электронный каталог	Москва ЮРАЙТ, 2020
Л2.4	Кудрин В.А., Шишимиров В.А. Кудрин В.А., Шишимиров В.А.	Технология производства стали: учебное пособие	Электронный каталог	Москва Изд. Альянс, 2017

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Office
П.2	LMS Canvas
П.3	Microsoft PowerPoint
П.4	Microsoft Excel
П.5	Microsoft Word
П.6	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
32	Металлургические технологии	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к
4	Металлургические технологии	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к
4	Металлургические технологии	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к
6	Металлургические технологии	Компьютеры, доступ к интернету
4	Металлургические технологии	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Весь курс разделен на самостоятельные взаимосвязанные части, т.е. имеет модульное построение. Развитие самостоятельности студентов достигается индивидуализацией домашних заданий. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

На практических занятиях и при выполнении домашних занятий осваиваются классические методы решения задач. В начале каждого практического занятия рекомендуется проводить 10-15 минутный тестовый контроль для оценки уровня усвоения материала каждым студентом.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.