

## Рабочая программа дисциплины (модуля) **Разливка стали и спецэлектрOMETаллургия**

Закреплена за кафедрой	ЭлектрOMETаллургии
Направление подготовки	22.03.02 METаллургия
Профиль	METаллургия черных металлов
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Общая трудоемкость	<b>4 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану	144 Формы контроля в семестрах:
в том числе:	экзамен 7
аудиторные занятия	72
самостоятельная работа	43
часов на контроль	27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Практические	36	36	36	36
КСР	2	2	2	2
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	74	74	74	74
Сам. работа	43	43	43	43
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*дтн, Проф., Сафонов Владимир Михайлович*

---

---

Рабочая программа

**Разливка стали и спецэлектрoметаллургия**

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-22.plx Metallургия черных металлов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСиС" 25.02.2022, протокол № 5-22

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Электрoметаллургии**

Протокол от 25.05.2022 г., № 9

Зав. кафедрой Еланский Д.Г. \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**1.1 | **Дать знания по основам электрометаллургии спецстали****2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Цикл (раздел) ОП: | Б1.В.ДВ.03

**2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

2.1.1 | Экология металлургического производства

2.1.2 | Металлургические технологии

2.1.3 | Оборудование металлургических цехов

2.1.4 | Математика

2.1.5 | Информатика

**2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

2.2.1 | Проектирование металлургических цехов

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ****ПК-1: Способен определять организационные и технические меры для выполнения производственных заданий в подразделениях электросталеплавильного цеха****ПК-1.2: Проводит анализ причин изменений параметров и показателей процессов выплавки и разлива стали****Знать:**

ПК-1.2-31 методы анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов

**ПК-1.1: Проводит контроль текущих отклонений от заданных величин параметров и показателей процессов производства непрерывнолитых заготовок и (или) слитков стали****Знать:**

ПК-1.1-31 основные способы производства спец сталей

**ПК-1.2: Проводит анализ причин изменений параметров и показателей процессов выплавки и разлива стали****Уметь:**

ПК-1.2-У1 обосновывать выбор оборудования для производства спец сталей

**ПК-1.1: Проводит контроль текущих отклонений от заданных величин параметров и показателей процессов производства непрерывнолитых заготовок и (или) слитков стали****Уметь:**

ПК-1.1-У1 выбирать и разрабатывать технологическую схему производства спецстали, обосновать избранную технологию расчетами

**ПК-1.2: Проводит анализ причин изменений параметров и показателей процессов выплавки и разлива стали****Владеть:**

ПК-1.2-В1 методами анализа при изменении параметров в спецэлектрометаллургии

**ПК-1.1: Проводит контроль текущих отклонений от заданных величин параметров и показателей процессов производства непрерывнолитых заготовок и (или) слитков стали****Владеть:**

ПК-1.1-В1 навыками улучшения технологии производства спец сталей

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
	Раздел 1. Стали и сплавы с особыми свойствами. Пути обеспечения заданных служебных свойств стали и сплавов.					

1.1	Достоинства и недостатки углеродистых сталей. Пути повышения эксплуатационных характеристик стали. Классификация сталей. Маркировка сталей. Стандартизация. Примеси и их классификация. Неметаллические включения. Влияние примесей и неметаллических включений на свойства легированных сталей. Влияние серы. Влияние фосфора. Влияние водорода. Влияние азота. Влияние кислорода. Металлургическое качество сталей. Влияние вакуума на поведение примесей. Рафинирование стали шлаком. Получение жидкой стали высокого качества. Кристаллизация и строение слитка обычной разливки. Способы повышения качества слитка обычного производства. Получение слитка вертикально направленным формированием. Экономическая эффективность применения легированных марок стали. /Лек/	7	6	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
1.2	Изучение маркировки стали по стандартам: ГОСТ, ASTM, JIS, DIN. Классификация легирующих элементов. Влияние легирующих элементов на критические точки сталей. Влияние легирующих элементов на температуру критических точек А1, А3, А4. Изучение диаграмм «Fe – легирующий элемент». /Пр/	7	6	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
1.3	Проработка лекционного источников материала, самостоятельное изучение литературы, самостоятельное изучение рекомендованных открытых. Выполнение ДЗ 1 /Ср/	7	12	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
	<b>Раздел 2. Стали и сплавы с особыми свойствами. Основные требования к составу и качеству литой заготовки. Технология выплавки, внепечной обработки и разливки сталей и сплавов с особыми свойствами</b>					
2.1	Конструкционные и коррозионностойкие стали с особыми свойствами. Оценка возможностей применения традиционных сталеплавильных агрегатов для выплавки различных марок стали и сплавов с особыми свойствами. Проблемы и методы их решения. Выплавка особонизкоуглеродистых конструкционных сталей типа IF в кислородном конвертере с применением ковшовой вакуумной обработки. Выплавка коррозионностойких сталей с особо низким содержанием примесей (в т.ч., суперферритов) с применением ковшовой вакуум-кислородной и аргонокислородной обработки. Особенности формирования структуры слитков и непрерывно-литых заготовок специальных сталей. Особенности разливки специальных сталей. Способы повышения качества слитков и литых заготовок /Лек/	7	10	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	

2.2	Расчет содержания углерода при производстве особонизкоуглеродистых конструкционных сталей типа IF с применением ковшовой вакуумной обработки. Расчет содержания углерода и хрома при выплаве коррозионностойких сталей с особо низким содержанием примесей с применением ковшовой вакуум-кислородной и аргонокислородной обработки. Применение программного комплекса GIBBS выбора технологии выплавки спецстали. /Пр/	7	12	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
2.3	Проработка лекционного материала, самостоятельное изучение литературы, самостоятельное изучение рекомендованных открытых источников /Ср/	7	12	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
<b>Раздел 3. Вакуумно-индукционная плавка</b>						
3.1	Раскисление металла углеродом в вакуумной индукционной печи. Восстановление неметаллических включений и взаимодействие металла с огнеупорной футеровкой. Раскисление металла газообразными реагентами. Раскисление в вакууме металлическими раскислителями. Процессы дегазации. Испарение компонентов при плавке в вакууме. Испарение из металла при плавке в вакуумной индукционной печи. Десульфурация в вакууме. Конструкции вакуумных индукционных печей. Принцип действия индукционных печей. Классификация и обозначение индукционных плавильных электропечей. Открытые индукционные печи. Вакуумные индукционные печи. Обозначение индукционных плавильных печей. Применение вакуумных индукционных печей для выплавки специальных сталей и сплавов на основе никеля. /Лек/	7	10	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
3.2	Расчет равновесной концентрации кислорода в металле при взаимодействии с углеродом в вакуумной индукционной печи. Расчет возможности восстановления неметаллических включений и взаимодействия металла с огнеупорной футеровкой в ВИП. Раскисление металла газообразными реагентами. Раскисление в вакууме металлическими раскислителями. Оценка возможности дегазации стали в ВИП. Выполнение ДЗ 2 /Пр/	7	10	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
3.3	Проработка лекционного материала, самостоятельное изучение литературы, самостоятельное изучение рекомендованных открытых источников /Ср/	7	10	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
<b>Раздел 4. Переплавные процессы.</b>						

4.1	<p>Электрошлаковый переплав. Шлаковая ванна как источник теплоты. Схема установки и вариант технологического процесса ЭШП. Энергетические особенности ЭШП. Особенности формирования слитка при ЭШП. Металлургические особенности ЭШП. Качество и сортамент металла, полученного ЭШП. Вакуумно-дуговой переплав. Электрический дуговой разряд как источник теплоты. Конструктивно-технологические особенности печи ВДП. Энергетические особенности ВДП. Характерные особенности формирования слитка. Особенности протекания металлургических процессов при ВДП. Критерии качества и сортамента металла, получаемого при ВДП. Выплавка особонизкоуглеродистых конструкционных мартенситостареющих сталей с применением вакуумно-дугового переплава. Электроннолучевой переплав. / Электронный луч как источник теплоты Варианты схем электронно-лучевых установок. Энергетические закономерности и особенности формирования слитка. Металлургические особенности, качество и сортамент металла. Выплавка особонизкоуглеродистых конструкционных мартенситостареющих сталей с применением электроннолучевого переплава. Плазменно-дуговой переплав. Особенности трансформации электрической энергии в тепловую в плазменной (сжатой) дуге. Конструктивно-технологические особенности. Энергетические закономерности и особенности формирования слитка. Металлургические особенности, качество и сортамент металла. Выплавка высокоазотистых коррозионностойких сталей, в т.ч., с применением плазменно-дугового переплава /Лек/</p>	7	10	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
4.2	<p>Оценка степени десульфурации при ЭШП. Оценка скорости кристаллизации и особенностей формирования обычных и наплавляемых слитков. Определение связи между глубиной жидкой ванны и скоростью плавки при переплавных процессах. Расчет продолжительность полного затвердевания стального слитка. Оценка связи между расположением структурных зон в наплавляемом слитке и режимом переплава. Определение допустимой глубины жидкой фазы в заготовке и максимально допустимой скорости разливки при непрерывной разливке металла /Пр/</p>	7	8	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
4.3	<p>Проработка лекционного материала, самостоятельное изучение литературы, самостоятельное изучение рекомендованных открытых источников /Ср/</p>	7	9	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
	КСР	7	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	
	Контроль	7	27		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2Л2.3	

**5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ (Приложение)****6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Под ред. проф. Григоряна В.А.	Электрометаллургия стали и ферросплавов. Раздел: Расчёты по технологии электроплавки.- Издание 2-е, дополненное: Сборник заданий	Методические пособия	Москва, 2001
Л1.2	Симонян Л.М.	Металлургия спецсталей. Теория и технология спецэлектрометаллургии: Курс лекций	Методические пособия	Москва, 2007
Л1.3	Кудрин В.А., Шишимиров В.А.	Технология производства стали: учебное пособие	Электронный каталог	МоскваАльянс, 2017

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Егоров А.В.	Электрометаллургия стали и спецэлектрометаллургия. Электроплавильные печи черной металлургии: Учебное пособие	Методические пособия	Москва, 2007
Л2.2	Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г.	Специальные стали: Учебник	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=3147">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=3147</a>	МИСиС, 1999
Л2.3	В.А. Григорян Л.Н. Белянчиков., А.Я. Стомахин	Физико-химические расчёты электросталеплавильных процессов. Учеб. пособие	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2957">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2957</a>	Металлургия, 1989

**6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Э1	ООО Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php">http://elibrary.misis.ru/action.php</a>
----	------------------------------------	---

**6.3 Перечень программного обеспечения**

П.1	Windows 7 Professional
П.2	Microsoft Office 2007
П.3	антивирусное ПО Dr.Web
П.4	MS Teams
П.5	LMS Canvas

**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных**

И.1	Научная электронная библиотека <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>
И.2	Электронная библиотека МИСиС <a href="http://lib.misis.ru">http://lib.misis.ru</a>
И.3	ЭБС Университетская библиотека онлайн <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
И.4	Российская платформа открытого образования <a href="http://openedu.ru">http://openedu.ru</a>

**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

4	Разливка стали и спецэлектрометаллургия	Аудитория № 4 для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, текущего контроля, индивидуальных консультаций, промежуточной аттестации, групповых консультаций: доска классическая, доска интерактивная, компьютер с доступом к сети "Интернет" (1 шт.), проектор (1 шт.), экран (1 шт.), рабочее место преподавателя, стол (16 шт.), стул (32 шт.) ПО:Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007, антивирусное ПО Dr.Web, MS Teams, Visual Studio, комплект тематических презентаций
46	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся	доска классическая, компьютер с доступом к сети "Интернет" (16 шт.), проектор (1 шт.), экран (1 шт.), рабочее место преподавателя, стол (16 шт.), стул (32 шт.) ПО:Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007, Компас, антивирусное ПО Dr.Web, MS Teams, Visual Studio

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Весь курс разделен на самостоятельные взаимосвязанные части, т.е. имеет модульное построение. Развитие самостоятельности студентов достигается индивидуализацией домашних заданий, задач и вопросов для внутрисеместрового контроля знаний.

Лекции проводятся с использованием мультимедийных технологий в специально оборудованных аудиториях, при этом лекционный материал демонстрируется с использованием графического редактора Power Point.

В конце каждого практического занятия рекомендуется проводить 10-15 минутный контроль для оценки уровня усвоения материала каждым студентом.

Дисциплина требует самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.

Перед выполнением студентами самостоятельной внеаудиторной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает: цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки