

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1157626	Теоретические основы и технологии производства черных металлов

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Metallurgy	Код ОП 1. 22.03.02/33.02
Направление подготовки 1. Metallurgy	Код направления и уровня подготовки 1. 22.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гилева Лариса Юрьевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	металлургии железа и сплавов
2	Загайнов Сергей Александрович	доктор технических наук, доцент	Профессор	металлургии железа и сплавов
3	Некрасов Илья Владимирович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	металлургии железа и сплавов

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Теоретические основы и технологии производства черных металлов

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле реализуется изучение базовых технологий извлечения черных металлов из природного и техногенного сырья. В состав модуля включены дисциплины: «Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья», «Теория и технология доменной плавки», «Теория и технология производства стали», «Спецэлектрометаллургия и производство ферросплавов», содержание которых позволит студентам получить системные теоретические знания о природном, техногенном сырье и топливе для производства черных металлов, теоретических основах процессов технологических операций предварительной подготовки руд к плавке, извлечения (экстракции) железа из руд, о закономерностях процессов и технологии доменной плавки, методах прямого получения железа, о технологиях выплавки, внепечной обработки и разлива стали, производства ферросплавов и специальных рафинирующих переплавных процессов. В процессе освоения дисциплин модуля обучающиеся приобретают умения оценивать технологические режимы процессов получения черных металлов, выявлять факторы, оказывающие доминирующее влияние на их эффективность, осуществлять технологические процессы и предлагать обоснованные решения по их совершенствованию. При реализации дисциплин модуля используются проектная технология обучения, проблемное обучение, информационно-коммуникационные технологии, групповая работа. Проблемное обучение, применяемое в процессе изучения разделов дисциплин основано на разборе реальных производственных проблем и поиске их решений, предусмотрена защита проекта по модулю, в котором студенты должны использовать полученные знания и продемонстрировать умение выполнять задания по выбору технологической схемы и материалов для получения заданного продукта.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теория и технология доменной плавки	9
2	Проект по модулю «Теоретические основы и технологии производства черных металлов»	1
3	Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья	8
4	Теория и технология производства стали	10
5	Спецэлектрометаллургия и производство ферросплавов	8
ИТОГО по модулю:		36

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
---------------------	------------------

Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены
---	------------------

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Проект по модулю «Теоретические основы и технологии производства черных металлов»	ПК-5 - Способен выполнять расчеты технологических процессов и оборудования для получения черных металлов	<p>З-1 - Объяснять методики балансовых расчетов процессов получения черных металлов.</p> <p>З-2 - Объяснять принципы и методики расчетов технологических режимов процессов получения черных металлов</p> <p>У-1 - Анализировать результаты технологических расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Выбирать методы балансовых и технологических расчетов процессов получения черных металлов в зависимости от типа технологической задачи, анализировать результаты расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима</p> <p>П-1 - Самостоятельно выполнять расчеты технологических режимов процессов получения черных металлов для заданных условий работы печей, используя методы балансовых расчетов, и формулировать требования к параметрам процессов.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельности при выполнении расчетных работ</p>
Спецэлектрометаллургия и производство ферросплавов	ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом	У-1 - Оценить взаимосвязь разрабатываемого элемента с техническим объектом, системой или технологическим процессом в целом

	<p>экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>П-1 - Выполнить разработку заданного элемента технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Проявлять самостоятельность и творчество при решении поставленной задачи</p>
	<p>ПК-1 - Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности</p>	<p>З-1 - Характеризовать конструктивные и технологические особенности процессов подготовки сырья к доменной плавки и металлизации рудных материалов</p> <p>З-2 - Изложить технологию выплавки чугуна в доменной печи, описать основные действия по предотвращению расстройств и аварийных ситуаций в работе доменных печей, при остановке и задувке доменных печей.</p> <p>З-3 - Изложить технологии выплавки, внепечной обработки и разливки стали, перечислив целевые технологические результаты для каждого технологического этапа и сталеплавильного процесса в целом.</p> <p>З-4 - Характеризовать конструктивные и технологические особенности процессов спецэлектрометаллургии и производства ферросплавов</p> <p>У-1 - Анализировать технологические режимы и выявлять факторы, оказывающие доминирующее влияние на эффективность процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Исходя из данных мониторинга технологического процесса получения черных металлов вырабатывать обоснованные решения по его корректировке с целью повышения эффективности.</p> <p>У-3 - Обосновать параметры процесса для получения окускованного железорудного материала заданного состава.</p> <p>У-4 - Обосновать выбор компонентов железорудных материалов и флюсов для получения чугуна с заданным содержанием примесей и шлака оптимального состава.</p>

		<p>У-5 - Обосновать выбор состав шихты и последовательность технологических операций на каждом технологическом этапе сталеплавильного производства в зависимости от заданной номенклатуры металлопродукции, имеющегося производственного оборудования и его технологических возможностей.</p> <p>П-1 - Выполнять задания по выбору технологической схемы, агрегатов и материалов для получения заданного продукта.</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор технологических параметров при отклонениях от принятой технологии и предлагать меры по их устранению</p> <p>Д-1 - Демонстрировать интерес к профессиональной деятельности и стремление к расширению профессиональных знаний</p>
	<p>ПК-4 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области металлургии черных металлов</p>	<p>З-3 - Изложить основные подходы к математическому описанию физико-химических процессов получения сплавов на основе железа</p> <p>У-3 - Выбирать математическое описание процессов черной металлургии для решения конкретной технологической задачи</p> <p>П-1 - Разрабатывать на основе имеющегося математического описания процессов черной металлургии компьютерные модели для проведения вычислительного эксперимента и систем поддержки принятия решений</p> <p>П-2 - Оформлять отчет по научно-исследовательской работе в соответствии с установленными требованиями и презентацию доклада с использованием офисного пакета приложений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p>
	<p>ПК-5 - Способен выполнять расчеты технологических процессов и оборудования для</p>	<p>З-1 - Объяснять методики балансовых расчетов процессов получения черных металлов.</p>

<p>получения черных металлов</p>	<p>3-2 - Объяснять принципы и методики расчетов технологических режимов процессов получения черных металлов</p> <p>У-1 - Анализировать результаты технологических расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Выбирать методы балансовых и технологических расчетов процессов получения черных металлов в зависимости от типа технологической задачи, анализировать результаты расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима</p> <p>П-1 - Самостоятельно выполнять расчеты технологических режимов процессов получения черных металлов для заданных условий работы печей, используя методы балансовых расчетов, и формулировать требования к параметрам процессов.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельности при выполнении расчетных работ</p>
<p>ПК-6 - Способен на основе анализа технологических процессов черной металлургии разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию</p>	<p>3-2 - Сформулировать основные мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности процессов получения сплавов на основе железа.</p> <p>3-3 - Сформулировать основные критерии эффективности процессов получения сплавов на основе железа</p> <p>У-2 - Анализировать технологические режимы процессов черной металлургии и выявлять факторы, оказывающие доминирующее влияние на их эффективность.</p> <p>У-3 - Сравнить эффективность основных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности процессов черной металлургии при действующих ограничениях</p> <p>П-2 - Предлагать технологические мероприятия, направленные на совершенствование процессов черной</p>

		<p>металлургии, используя компьютерные методы расчета технологического режима.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать самостоятельность при работе со специальной литературой с целью поиска и анализа современных тенденций в области производства черных металлов</p>
Теория и технология доменной плавки	<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>У-1 - Оценить взаимосвязь разрабатываемого элемента с техническим объектом, системой или технологическим процессом в целом</p> <p>П-1 - Выполнить разработку заданного элемента технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Проявлять самостоятельность и творчество при решении поставленной задачи</p>
	<p>ПК-1 - Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности</p>	<p>З-1 - Характеризовать конструктивные и технологические особенности процессов подготовки сырья к доменной плавки и металлизации рудных материалов</p> <p>З-2 - Изложить технологию выплавки чугуна в доменной печи, описать основные действия по предотвращению расстройств и аварийных ситуаций в работе доменных печей, при остановке и задувке доменных печей.</p> <p>З-3 - Изложить технологии выплавки, внепечной обработки и разливки стали, перечислив целевые технологические результаты для каждого технологического этапа и сталеплавильного процесса в целом.</p> <p>З-4 - Характеризовать конструктивные и технологические особенности процессов спецэлектрометаллургии и производства ферросплавов</p> <p>У-1 - Анализировать технологические режимы и выявлять факторы, оказывающие доминирующее влияние на эффективность процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Исходя из данных мониторинга технологического процесса получения</p>

		<p>черных металлов вырабатывать обоснованные решения по его корректировке с целью повышения эффективности.</p> <p>У-3 - Обосновать параметры процесса для получения окускованного железорудного материала заданного состава.</p> <p>У-4 - Обосновать выбор компонентов железорудных материалов и флюсов для получения чугуна с заданным содержанием примесей и шлака оптимального состава.</p> <p>У-5 - Обосновать выбор состав шихты и последовательность технологических операций на каждом технологическом этапе сталеплавильного производства в зависимости от заданной номенклатуры металлопродукции, имеющегося производственного оборудования и его технологических возможностей.</p> <p>П-1 - Выполнять задания по выбору технологической схемы, агрегатов и материалов для получения заданного продукта.</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор технологических параметров при отклонениях от принятой технологии и предлагать меры по их устранению</p> <p>Д-1 - Демонстрировать интерес к профессиональной деятельности и стремление к расширению профессиональных знаний</p>
	<p>ПК-3 - Способен разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению некондиционной продукции.</p>	<p>З-3 - Изложить технологические условия получения продуктов доменной плавки заданного качества</p> <p>У-3 - Обосновывать используя физико-химические закономерности, зависимость химического состава продуктов плавки от параметров доменной плавки</p> <p>П-3 - Разрабатывать мероприятия, направленные на стабилизацию химического состава продуктов доменной плавки</p>
	<p>ПК-4 - Способен выполнять отдельные</p>	<p>З-3 - Изложить основные подходы к математическому описанию физико-</p>

	<p>этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области металлургии черных металлов</p>	<p>химических процессов получения сплавов на основе железа</p> <p>У-3 - Выбирать математическое описание процессов черной металлургии для решения конкретной технологической задачи</p> <p>П-1 - Разрабатывать на основе имеющегося математического описания процессов черной металлургии компьютерные модели для проведения вычислительного эксперимента и систем поддержки принятия решений</p> <p>П-2 - Оформлять отчет по научно-исследовательской работе в соответствии с установленными требованиями и презентацию доклада с использованием офисного пакета приложений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p>
	<p>ПК-5 - Способен выполнять расчеты технологических процессов и оборудования для получения черных металлов</p>	<p>З-1 - Объяснять методики балансовых расчетов процессов получения черных металлов.</p> <p>З-2 - Объяснять принципы и методики расчетов технологических режимов процессов получения черных металлов</p> <p>У-1 - Анализировать результаты технологических расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Выбирать методы балансовых и технологических расчетов процессов получения черных металлов в зависимости от типа технологической задачи, анализировать результаты расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима</p> <p>П-1 - Самостоятельно выполнять расчеты технологических режимов процессов получения черных металлов для заданных условий работы печей, используя методы балансовых расчетов, и формулировать требования к параметрам процессов.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельности при выполнении расчетных работ</p>

	<p>ПК-6 - Способен на основе анализа технологических процессов черной металлургии разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию</p>	<p>З-2 - Сформулировать основные мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности процессов получения сплавов на основе железа.</p> <p>З-3 - Сформулировать основные критерии эффективности процессов получения сплавов на основе железа</p> <p>У-2 - Анализировать технологические режимы процессов черной металлургии и выявлять факторы, оказывающие доминирующее влияние на их эффективность.</p> <p>У-3 - Сравнить эффективность основных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности процессов черной металлургии при действующих ограничениях</p> <p>П-2 - Предлагать технологические мероприятия, направленные на совершенствование процессов черной металлургии, используя компьютерные методы расчета технологического режима.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать самостоятельность при работе со специальной литературой с целью поиска и анализа современных тенденций в области производства черных металлов</p>
<p>Теория и технология производства стали</p>	<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>У-1 - Оценить взаимосвязь разрабатываемого элемента с техническим объектом, системой или технологическим процессом в целом</p> <p>П-1 - Выполнить разработку заданного элемента технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Проявлять самостоятельность и творчество при решении поставленной задачи</p>
	<p>ПК-1 - Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и</p>	<p>З-1 - Характеризовать конструктивные и технологические особенности процессов подготовки сырья к доменной плавки и металлизации рудных материалов</p>

	<p>определять меры по обеспечению их безопасности</p>	<p>З-2 - Изложить технологию выплавки чугуна в доменной печи, описать основные действия по предотвращению расстройств и аварийных ситуаций в работе доменных печей, при остановке и задувке доменных печей.</p> <p>З-3 - Изложить технологии выплавки, внепечной обработки и разливки стали, перечислив целевые технологические результаты для каждого технологического этапа и сталеплавильного процесса в целом.</p> <p>З-4 - Характеризовать конструктивные и технологические особенности процессов спецэлектрометаллургии и производства ферросплавов</p> <p>У-1 - Анализировать технологические режимы и выявлять факторы, оказывающие доминирующее влияние на эффективность процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Исходя из данных мониторинга технологического процесса получения черных металлов вырабатывать обоснованные решения по его корректировке с целью повышения эффективности.</p> <p>У-3 - Обосновать параметры процесса для получения окускованного железорудного материала заданного состава.</p> <p>У-4 - Обосновать выбор компонентов железорудных материалов и флюсов для получения чугуна с заданным содержанием примесей и шлака оптимального состава.</p> <p>У-5 - Обосновать выбор состав шихты и последовательность технологических операций на каждом технологическом этапе сталеплавильного производства в зависимости от заданной номенклатуры металлопродукции, имеющегося производственного оборудования и его технологических возможностей.</p> <p>П-1 - Выполнять задания по выбору технологической схемы, агрегатов и материалов для получения заданного продукта.</p>
--	---	--

	<p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор технологических параметров при отклонениях от принятой технологии и предлагать меры по их устранению</p> <p>Д-1 - Демонстрировать интерес к профессиональной деятельности и стремление к расширению профессиональных знаний</p>
<p>ПК-3 - Способен разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению некондиционной продукции.</p>	<p>З-1 - Классифицировать дефекты непрерывнолитой заготовки.</p> <p>У-1 - Обосновать зависимость степени поражения непрерывнолитой заготовки основными дефектами от технологических параметров ее производства</p> <p>П-1 - Разработать рекомендации по снижению степени поражения непрерывнолитой заготовки определенным видом дефектов.</p>
<p>ПК-4 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области металлургии черных металлов</p>	<p>З-3 - Изложить основные подходы к математическому описанию физико-химических процессов получения сплавов на основе железа</p> <p>У-3 - Выбирать математическое описание процессов черной металлургии для решения конкретной технологической задачи</p> <p>П-1 - Разрабатывать на основе имеющегося математического описания процессов черной металлургии компьютерные модели для проведения вычислительного эксперимента и систем поддержки принятия решений</p> <p>П-2 - Оформлять отчет по научно-исследовательской работе в соответствии с установленными требованиями и презентацию доклада с использованием офисного пакета приложений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p>
<p>ПК-5 - Способен выполнять расчеты технологических процессов и оборудования для</p>	<p>З-1 - Объяснять методики балансовых расчетов процессов получения черных металлов.</p>

<p>получения черных металлов</p>	<p>3-2 - Объяснять принципы и методики расчетов технологических режимов процессов получения черных металлов</p> <p>У-1 - Анализировать результаты технологических расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Выбирать методы балансовых и технологических расчетов процессов получения черных металлов в зависимости от типа технологической задачи, анализировать результаты расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима</p> <p>П-1 - Самостоятельно выполнять расчеты технологических режимов процессов получения черных металлов для заданных условий работы печей, используя методы балансовых расчетов, и формулировать требования к параметрам процессов.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельности при выполнении расчетных работ</p>
<p>ПК-6 - Способен на основе анализа технологических процессов черной металлургии разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию</p>	<p>3-2 - Сформулировать основные мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности процессов получения сплавов на основе железа.</p> <p>3-3 - Сформулировать основные критерии эффективности процессов получения сплавов на основе железа</p> <p>У-2 - Анализировать технологические режимы процессов черной металлургии и выявлять факторы, оказывающие доминирующее влияние на их эффективность.</p> <p>У-3 - Сравнить эффективность основных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности процессов черной металлургии при действующих ограничениях</p> <p>П-2 - Предлагать технологические мероприятия, направленные на совершенствование процессов черной</p>

		<p>металлургии, используя компьютерные методы расчета технологического режима.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать самостоятельность при работе со специальной литературой с целью поиска и анализа современных тенденций в области производства черных металлов</p>
<p>Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья</p>	<p>ПК-1 - Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности</p>	<p>З-1 - Характеризовать конструктивные и технологические особенности процессов подготовки сырья к доменной плавки и металлизации рудных материалов</p> <p>З-2 - Изложить технологию выплавки чугуна в доменной печи, описать основные действия по предотвращению расстройств и аварийных ситуаций в работе доменных печей, при остановке и задувке доменных печей.</p> <p>З-3 - Изложить технологии выплавки, внепечной обработки и разливки стали, перечислив целевые технологические результаты для каждого технологического этапа и сталеплавильного процесса в целом.</p> <p>З-4 - Характеризовать конструктивные и технологические особенности процессов спецэлектрометаллургии и производства ферросплавов</p> <p>У-1 - Анализировать технологические режимы и выявлять факторы, оказывающие доминирующее влияние на эффективность процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Исходя из данных мониторинга технологического процесса получения черных металлов вырабатывать обоснованные решения по его корректировке с целью повышения эффективности.</p> <p>У-3 - Обосновать параметры процесса для получения окучкованного железорудного материала заданного состава.</p> <p>У-4 - Обосновать выбор компонентов железорудных материалов и флюсов для получения чугуна с заданным содержанием примесей и шлака оптимального состава.</p>

		<p>У-5 - Обосновать выбор состав шихты и последовательность технологических операций на каждом технологическом этапе сталеплавильного производства в зависимости от заданной номенклатуры металлопродукции, имеющегося производственного оборудования и его технологических возможностей.</p> <p>П-1 - Выполнять задания по выбору технологической схемы, агрегатов и материалов для получения заданного продукта.</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор технологических параметров при отклонениях от принятой технологии и предлагать меры по их устранению</p> <p>Д-1 - Демонстрировать интерес к профессиональной деятельности и стремление к расширению профессиональных знаний</p>
	<p>ПК-3 - Способен разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению некондиционной продукции.</p>	<p>З-2 - Изложить технические требования к качеству твердого топлива и железорудных материалов</p> <p>У-2 - Обосновывать мероприятия, направленные на повышение качества железорудных материалов и твердого топлива</p> <p>П-2 - Оценивать металлургическую ценность твердого топлива и железорудных материалов</p>
	<p>ПК-4 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области металлургии черных металлов</p>	<p>З-3 - Изложить основные подходы к математическому описанию физико-химических процессов получения сплавов на основе железа</p> <p>У-3 - Выбирать математическое описание процессов черной металлургии для решения конкретной технологической задачи</p> <p>П-1 - Разрабатывать на основе имеющегося математического описания процессов черной металлургии компьютерные модели для проведения вычислительного эксперимента и систем поддержки принятия решений</p>

		<p>П-2 - Оформлять отчет по научно-исследовательской работе в соответствии с установленными требованиями и презентацию доклада с использованием офисного пакета приложений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p>
	<p>ПК-5 - Способен выполнять расчеты технологических процессов и оборудования для получения черных металлов</p>	<p>З-1 - Объяснять методики балансовых расчетов процессов получения черных металлов.</p> <p>З-2 - Объяснять принципы и методики расчетов технологических режимов процессов получения черных металлов</p> <p>У-1 - Анализировать результаты технологических расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима процессов черной металлургии.</p> <p>У-2 - Выбирать методы балансовых и технологических расчетов процессов получения черных металлов в зависимости от типа технологической задачи, анализировать результаты расчетов и делать выводы по эффективности технологического режима</p> <p>П-1 - Самостоятельно выполнять расчеты технологических режимов процессов получения черных металлов для заданных условий работы печей, используя методы балансовых расчетов, и формулировать требования к параметрам процессов.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельности при выполнении расчетных работ</p>
	<p>ПК-6 - Способен на основе анализа технологических процессов черной металлургии разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию</p>	<p>З-2 - Сформулировать основные мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности процессов получения сплавов на основе железа.</p> <p>З-3 - Сформулировать основные критерии эффективности процессов получения сплавов на основе железа</p> <p>У-2 - Анализировать технологические режимы процессов черной металлургии и выявлять факторы, оказывающие</p>

		<p>доминирующее влияние на их эффективность.</p> <p>У-3 - Сравнивать эффективность основных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности процессов черной металлургии при действующих ограничениях</p> <p>П-2 - Предлагать технологические мероприятия, направленные на совершенствование процессов черной металлургии, используя компьютерные методы расчета технологического режима.</p> <p>Д-1 - Демонстрировать самостоятельность при работе со специальной литературой с целью поиска и анализа современных тенденций в области производства черных металлов</p>
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория и технология доменной плавки

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Загайнов Сергей Александрович	доктор технических наук, доцент	Профессор	металлургии железа и сплавов
2	Гилева Лариса Юрьевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	металлургии железа и сплавов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Гилева Лариса Юрьевна, Доцент, металлургии железа и сплавов
- Загайнов Сергей Александрович, Профессор, металлургии железа и сплавов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1, T1	Основные понятия теории и технологии доменного процесса	Производство чугуна в доменных печах. Устройство доменного цеха и печи. Шихтовые материалы доменной плавки. Основные задачи при производстве чугуна
P1, T2	Восстановление оксидов железа и примесей в доменной печи	Термодинамика и кинетика восстановления оксидов железа. Понятие прямого и косвенного восстановления. Восстановление примесей. Поведение серы в доменной печи.
P1, T3	Горение топлива и образование газов.	Процессы горения кокса в фурменной зоне. Понятие фурменного очага. Теоретическая температура горения. Изменение состава и температуры газов по протяженности фурменного очага.
P1, T4	Движение шихты и газов в доменной печи	Условия и особенности движения шихты. Условия движения газов. Характеристики слоя сыпучих материалов. Понятие степени уравновешивания шихты.
P1, T5	Процессы шлакообразования.	Понятие шлака. Особенности процессов шлакообразования в доменной печи. Первичный, промежуточный и конечный шлаки. Основные свойства доменных шлаков.
P1, T6	Теплообмен в доменной печи	Закономерности теплообмена в слое. Особенности теплообмена в доменной печи. Понятие верхней и нижней

		тепловой зон доменной печи. Оценка теплового состояния доменной печи
P1, T7	Влияние режимных параметров на показатели работы доменных печей	Использование материального и теплового баланса для оценки влияния параметров загружаемой шихты и комбинированного дутья на показатели плавки. Факторы, способствующие повышению производительности доменной печи. Факторы, определяющие удельный расход кокса
P2, T1	Современная технология доменной плавки	Современная технология доменной плавки. Цели и задачи управления доменным процессом. Показатели работы доменных печей. Технологический персонал доменного цеха. Роль инженеров в организации технологии. Основные режимы доменной плавки Режим загрузки доменной печи. Дутьевой и газодинамический режим доменной плавки. Основные параметры, характеризующие дутьевой режим плавки. Тепловое состояние доменной печи. Методы оценки теплового состояния печи. Шлаковый режим доменной плавки. Параметры, характеризующие шлаковый режим плавки. Сход шихтовых материалов
P2, T2	Шихтовые материалы доменной плавки, их приемка, контроль и загрузка	Показатели качества железорудных материалов. Влияние качества ЖРМ на работу доменных печей. Качество кокса. Влияние качества кокса на работу доменных печей. Требования к качеству флюсов. Основные закономерности формирования столба шихтовых материалов. Зависимость характеристик столба шихтовых материалов от распределения рудной нагрузки по радиусу печи. Влияние программы загрузки на распределение материалов. Формирование порции в загрузочном аппарате
P2, T3	Управление ходом доменной плавки	Задачи управления ходом доменной печи. Методы оценки влияния параметров загружаемой шихты и комбинированного дутья на ход доменной плавки. Взаимосвязь между основными физико-химическими процессами. Расчетные методы оценки влияния режимных параметров на показатели работы печи. Понятие переходных процессов. Переходные процессы, вызванные изменением качества шихтовых материалов. Переходные процессы, вызванные изменением рудной нагрузки. Переходные процессы, вызванные изменением параметров комбинированного дутья. Контролируемые параметры, характеризующие развитие основных процессов доменной плавки. Параметры, характеризующие тепловое состояние плавки, сход шихтовых материалов и устойчивость распределения газового потока по сечению доменной печи. Показания средств измерения и визуальные признаки плавки при контроле хода плавки
P2, T4	Расстройства хода доменной печи	Понятие - «нормальная» работа печи. Признаки нормальной работы печи. Способы компенсации контролируемых возмущений. Расчеты, выполняемые для компенсации действующих возмущений. Нарушение теплового режима доменной плавки. Причины нарушения теплового состояния печи. Разогрев и горячий ход печи. Признаки разогрева, его возможные последствия, меры борьбы. Похолодание и холодный ход печи. Признаки похолодания, его возможные последствия, меры борьбы. Нарушение устойчивости газового

		<p>потока в доменной печи. Периферийный поток газов в печи. Причины его появления. Распознавание периферийного газового потока. Последствия периферийного потока газов. Меры по ликвидации периферийного движения газа в печи. Центральный газовый поток в доменной печи. Причины его появления. Распознавание осевого (центрального) потока газа. Меры по ликвидации центрального потока газа в печи. Канальный газовый поток. Причины появления канального хода потока газов в печи и его распознавание. Меры по ликвидации канального газового потока в печи. Другие виды нарушения газораспределения в доменной печи. Нарушение ровного схода шихты в доменной печи. Подвисание шихтовых материалов в печи. Верхние и нижние подвисания шихты в печи. Причины подвисания шихтовых материалов в доменной печи. Признаки, по которым можно судить о верхнем и нижнем подвисании шихтовых материалов в печи. Подвисания шихты при горячем и холодном ходе плавки. Меры по ликвидации подвисаний шихты в печи. «Тугой ход» доменной плавки. Нарушение шлакового режима. Причины нарушения шлакового режима. Признаки нарушения шлакового режима и меры борьбы с ними. Другие виды отклонений от нормального хода доменной плавки. Загромождение горна доменной печи. Причины загромождения горна печи. Признаки, по которым можно судить об этом нарушении. Меры борьбы с загромождением горна доменной печи. Образование настывлей в доменной печи и их предупреждение. Неполадки в работе основного и вспомогательного оборудования доменной печи и аварии на доменных печах. Основные меры по предупреждению аварий в доменном производстве</p>
<p>P2, T5</p>	<p>Эксплуатация доменной печи</p>	<p>Остановка печи, ремонты и выдувка доменной печи. Остановки доменной печи: кратковременная, длительная, внезапная. Порядок проведения операций при остановках печи. Правила техники безопасности при остановках доменной печи. Классификация ремонтов печей. Продолжительность ремонтов и межремонтных периодов. Выдувка доменной печи. Подготовительные работы, связанные с выдувкой печи. Способы выдувок доменных печей. Порядок операций при выдувке. Правила техники безопасности при выдувке доменных печей. Обслуживание доменной печи. Уход за чугунными и шлаковыми летками. Ремонт футляра летки. Сушка футляра и чугунной летки. Открытие и закрытие леток для чугуна и шлака. Уход за главным горновым желобом, скиммером и разводными желобами для чугуна и шлака. Инструмент для обслуживания чугунных и шлаковых леток. Выпуск чугуна и шлака. Правила техники безопасности при выпуске жидких продуктов плавки из доменной печи. Возможные неполадки при выпусках чугуна: заливка железнодорожных путей и рабочей площадки чугуном, выход из строя электрической пушки, выброс кокса из чугунной летки, уход чугуна на шлаковую сторону. Уход за охлаждающими устройствами. Признаки прогара охлаждающих устройств. Смена сгоревших охлаждающих устройств. Инструмент, используемый для смены охлаждающих устройств. Правила техники безопасности при замене сгоревших охлаждающих устройств. Обслуживание</p>

		<p>воздухонагревателей. Последовательность перекидки клапанов воздухонагревателей при постановке их на «дутье» и на «нагрев». Правила техники безопасности при обслуживании воздухонагревателей. Обслуживание механизмов подачи и загрузки шихтовых материалов.</p> <p>Эксплуатация агрегатов для очистки газа. Классификация газоопасных мест. Подготовка печи и ее оборудования к задувке. Сушка доменной печи и блока воздухонагревателей перед задувкой. Методы сушки печи и воздухонагревателей. График нагрева сушки и остывания огнеупорной кладки при сушке. Продолжительность сушки. Подготовка доменной печи к задувке. Подготовка чугуновой летки к первым выпускам чугуна. Проверка газового тракта и его оборудования перед задувкой. Проверка механизмов подачи и загрузки шихтовых материалов, механизмов уборки чугуна и шлака перед задувкой печи. Состав и свойства шихт задувочного периода. Расход кокса в задувочной шихте. Количество и состав шлака в задувочный период. Расчет задувочных шихт. Продолжительность раздувочного периода и особенности этого периода. Правила техники безопасности в период задувки печи</p>
--	--	--

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	Д-1 - Проявлять самостоятельность и творчество при решении поставленной задачи
			ПК-1 - Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их	Д-1 - Демонстрировать интерес к профессиональной деятельности и стремление к расширению профессиональных знаний

			безопасности	
			ПК-4 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области металлургии черных металлов	Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление
			ПК-5 - Способен выполнять расчеты технологических процессов и оборудования для получения черных металлов	Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельность и при выполнении расчетных работ

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория и технология доменной плавки

Электронные ресурсы (издания)

1. Роговский, А. Н.; Внедоменная десульфурация чугуна – современные способы : учебное пособие.; Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, Липецк; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/22858.html> (Электронное издание)
2. Лялюк, В. П.; Теоретические основы процессов горения топлива и газодинамики доменной плавки : монография.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/86650.html> (Электронное издание)
3. Лялюк, В. П.; Моделирование процессов доменной плавки : монография.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/98427.html> (Электронное издание)
4. Лялюк, В. П.; Технология и оборудование подготовки, подачи и загрузки шихтовых материалов в доменную печь : монография.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/98477.html> (Электронное издание)
5. ; Качество кокса и перспективы доменной плавки; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/98414.html> (Электронное издание)
6. , Тягунов, Г. В., Ярошенко, Ю. Г.; Экология : учебник.; Логос, Москва; 2013; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233716> (Электронное издание)

Печатные издания

1. ; Основы теории и технологии доменной плавки; УрО РАН, Екатеринбург; 2005 (11 экз.)
2. , Вегман, Е. Ф., Жеребин, Б. Н., Похвиснев, А. Н., Юсфин, Ю. С., Курунов, И. Ф., Пареньков, А. Е., Черноусов, П. И.; Металлургия чугуна : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению

110100 "Металлургия черных металлов" и металлург. специальностям.; Академкнига, Москва; 2004 (15 экз.)

3. Вегман, Е. Ф.; Краткий справочник доменщика; Metallurgia, Москва; 1981 (27 экз.)

4. , Вегман, Е. Ф.; Доменное производство : Справочник: В 2 т. Ч. 1. Подготовка руд и доменный процесс; Metallurgia, Москва; 1989 (21 экз.)

5. , Вегман, Е. Ф., Жеребин, Б. Н., Похвиснев, А. Н., Юсфин, Ю. С., Курунов, И. Ф., Пареньков, А. Е., Черноусов, П. И.; Metallurgia чугуна : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению 110100 "Металлургия черных металлов" и металлург. специальностям.; Академкнига, Москва; 2004 (15 экз.)

6. , Китаев, Б. И., Суханов, Е. Л., Ярошенко, Ю. Г.; Теплотехника доменного процесса; Metallurgia, Москва; 1978 (13 экз.)

7. ; Тепловая работа шахтных печей и агрегатов с плотным слоем; Metallurgia, Москва; 1989 (17 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=746> - "Теория и технология доменной плавки"

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория и технология доменной плавки

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
6	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Экстракция черных металлов из природного
и техногенного сырья

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Каплун Лев Исаакович	доктор технических наук, старший научный сотрудник	Профессор	металлургии железа и сплавов
2	Климов Александр Владимирович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	металлургии железа и сплавов
3	Малыгин Александр Викторович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	металлургии железа и сплавов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Каплун Лев Исаакович, Профессор, металлургии железа и сплавов
- Климов Александр Владимирович, Доцент, металлургии железа и сплавов
- Малыгин Александр Викторович, Профессор, металлургии железа и сплавов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
T1	Железорудная база России и зарубежных стран	Железорудная база России, стран ближнего и дальнего зарубежья. Металлургическая характеристика главных железорудных месторождений. Характеристика рынка железорудного сырья. Подготовка сырья как одно из основных направлений развития доменного производства.
T2	Характеристика железных и марганцевых руд	Железорудная база черной металлургии. Железорудные минералы, их характеристика. Классификация руд по минералогическим признакам. Пустая порода руд, ее характеристика, состав. Полезные и вредные примеси руд, их влияние на качество металла и работу доменных печей. Характеристика качества руды: богатство, состав пустой породы, примеси, кусковатость, насыпная масса, восстановимость, пористость, температура размягчения и др. Требования к качеству железных руд. Принципы металлургической и экономической оценки рудного сырья. Зависимость металлургической ценности сырья от содержания железа, пустой породы, условий плавки, географического расположения месторождения, условий добычи. Распространенность марганца в природе. Основные рудные минералы. Пустая порода и примеси марганцевых руд. Требования черной металлургии к марганцевым рудам: химический состав, отношение содержания марганца к содержанию железа, гранулометрический состав,

		<p>обогащаемость. Характеристика основных месторождений марганцевых руд России и зарубежных стран. Состояние рынка марганцевых руд.</p>
Т3	Флюсы доменной плавки	<p>Роль флюсов в доменной плавке. Общая характеристика доменных шлаков по составу. Типы флюсов: основные, кислые, глиноземистые и др, их флюсующая способность. Требования к составу флюсов по содержанию флюсующих компонентов и вредных примесей. Характеристика основных флюсующих материалов: известняк, доломитизированный известняк, известь, ракушечник, мел, карбонатные марганцевые руды, кварциты и бедные кремнистые руды и др.</p> <p>Флюсы для сталеплавильных производств</p>
Т4	Заменители руд и флюсов	<p>Понятие о заменителях руд и флюсов. Возможность замены руд и флюсов отходами различных производств. Отходы переделных металлургических производств, чугунный скрап, сталеплавильные, конвертерные, сварочные и другие шлаки, окалина. Колчеданные огарки. Колошниковая пыль, шламы газоочистки, марганцовистые шлаки. Использование металлического скрапа и отходов металлообрабатывающих производств в шихте доменных печей и сталеплавильном производстве.</p>
т5	Способы подготовки сырья	<p>Классификация способов подготовки металлургического сырья. Цель, значение и эффективность предварительной подготовки, общая характеристика способов подготовки</p> <p>Дробление и измельчение: Сущность процессов дробления и измельчения. Современные представления о процессе разрушения хрупких тел. Прочность, крепость, твердость и абразивность горных пород. Предел прочности на сжатие. Шкала крепости горных пород Протодьяконова. Теория дробления: законы Риттингера, Кирпичева-Кика, Ребиндера, Бонда, Хукки и их взаимная связь. Способы дробления. Дробление крупное, среднее и мелкое. Схемы дробления. Стадии дробления. Степень и эффективность дробления. Открытые, замкнутые циклы дробления. Классификация, технологические и конструктивные особенности основного дробильного оборудования.</p> <p>Измельчение полезных ископаемых. Сущность и назначение. Типы мельниц. Измельчающая среда. Конструкция и принцип работы барабанных мельниц. Вибрационные, струйные, центробежные мельницы. Области применения мельниц разных типов. Режимы работы барабанных мельниц. Критическая скорость вращения мельницы. Удельная производительность мельниц. Схемы измельчения. Стадии измельчения. Влияние условий и параметров работы мельницы на результаты измельчения.</p> <p>Грохочение и классификация: Цель и способы разделения сыпучих материалов по крупности. Фракционный состав материалов. Процессы грохочения и классификации. Грохоты, их устройство и области применения. Теоретические основы классификации. Устройство классификаторов, их типы и</p>

		<p>область применения. Технология грохочения и классификации, технологические схемы, показатели работы</p> <p>Обжиг шихтовых материалов: Цель и физико-химические основы обжига. Окислительный и восстановительный обжиг. Устройство агрегатов для обжига руд. Обжиг известняка, агрегаты, их устройство и принцип действия.</p> <p>Обогащение железных и марганцевых руд: Цель обогащения руд. Физические основы и показатели процесса обогащения. Методы обогащения. Магнитная сепарация – основной метод обогащения железных руд. Сухая и мокрая магнитная сепарация руд. Устройство магнитных сепараторов, их характеристики и области применения. Технологии и аппараты для обогащения руд гравитационными методами и флотацией. Технологические схемы обогатительных фабрик и горно-обогатительных комбинатов и показатели их работы. Проблемы обогащения окисленных руд.</p> <p>Усреднение шихтовых материалов: Необходимость, цель и показатели усреднения. Методы усреднения химического состава и физических свойств руд при добыче, на складах, в бункерах. Машины для усреднения. Организация усреднения шихтовых материалов в доменных цехах.</p>
T6	Топливо для доменной плавки	<p>Требования, предъявляемые к доменному топливу. Общая характеристика топлив: древесный уголь, кокс, углеводородные газы, жидкое и пылевидное топлива. Значение и роль каждого из них в современном доменном производстве.</p> <p>Процесс производства кокса, устройство коксовых печей, технология коксохимического производства. Классификация каменных углей. Качество доменного кокса: технический анализ, физические и механические свойства. Методы определения физико-химических свойств кокса. Тушение кокса – мокрое и сухое. Сортировка кокса. Продукты коксования.</p> <p>Углеводородные газы как топливо доменных печей. Природный газ и коксовый газ, их свойства, состав. Мазут и другие продукты нефтепереработки, их состав, свойства, способы подачи в доменные печи. Пылевидное топливо, его ресурсы, состав, характеристика. Приготовление пылевидного топлива и принципы его сжигания.</p> <p>Перспективы замены кокса другими недефицитными и дешевыми видами топлива. Технико-экономическая оценка использования заменителей кокса, коэффициенты замены.</p>
T7	Окускование мелких руд и концентратов	<p>Подготовка шихт к окускованию. Цель и методы окускования. Смешивание шихт для агломерации и производства окатышей. Окомкование шихт для агломерации и производства окатышей</p>
T8	Теоретические основы агломерационного процесса и обжига окатышей	<p>Испарение влаги и ее конденсация в слое железорудных материалов. Разложение гидратных и карбонатных соединений при агломерации и обжиге окатышей. Спекание и минералообразования в твердых фазах. Горение твердого топлива в агломерируемом слое. Окислительно-</p>

		<p>восстановительные реакции оксидов железа, серы и других вредных примесей. Плавление шихты, формирование расплава. Процесс минералообразования в расплаве и в период его кристаллизации. Формирование физической структуры агломерата и окатышей. Теплообменные процессы. Газодинамика агломерируемого слоя и слоя окатышей. Моделирование газодинамических и теплообменных процессов при агломерации и обжиге</p>
T9	Агломерация мелких руд и концентратов	<p>Характеристика компонентов агломерационной шихты, подготовка ее к спеканию – смешивание и окомкование. Газопроницаемость слоя шихты и методы ее определения. Ход процесса спекания в слое, его показатели. Изменение температуры и других характеристик процесса во времени и по высоте спекаемого слоя. Поведение влаги в процессе агломерации.</p> <p>Физико-химические процессы при агломерации железных руд. Разложение гидратов и карбонатов. Диссоциация оксидов. Окислительно-восстановительные реакции с участием оксидов железа. Поведение серы, фосфора, мышьяка при агломерации.</p> <p>Процессы формирования физической структуры агломерата. Химический и минералогический составы агломератов. интенсификация аглопроцесса.</p>
T10	Производство окатышей	<p>Схема процесса производства окатышей, подготовка шихты, получение сырых окатышей, обжиг окатышей – сушка, подогрев, обжиг, охлаждение. Качество сырых окатышей: прочность на сбрасывание, сопротивление раздавливанию, истираемость высушенных окатышей. Физико-химические процессы при обжиге окатышей: химические реакции магнетита и сульфидов, разложение карбонатов. Химические реакции в твердых фазах. Формирование физической структуры окатышей. Рекристаллизация, образование расплава, диссоциация гематита. Особенности удаления серы при производстве окатышей. Интенсификация процесса обжига окатышей.</p>
T11	Требования к качеству окускованного сырья	<p>Физические свойства: прочность в холодном состоянии, прочность при восстановлении. Сравнение прочности агломерата и окатышей при восстановительно-тепловой обработке, причины потери прочности при восстановлении. Физико-химические свойства: восстановимость, температурный интервал размягчения и плавления. Пути повышения качества агломерата и окатышей. Экономика производства окускованного сырья</p>
T12	Общие вопросы бескоксовой металлургии	<p>Развитие и современный уровень методов бескоксовой металлургии в мире и в России. Получение частично металлизированных железорудных материалов для доменной плавки, для их переплавки в сталеплавильных агрегатах. Металлизация железа для переработки комплексных полиметаллических руд. Восстановление оксидов железа с целью получения железного порошка для порошковой металлургии. Основные направления в технологии</p>

		производства металлизированных окатышей. Требования к металлизированным материалам, предназначенным для сталеплавильного производства и к агрегатам, в которых они производятся. Классификация способов металлизации железорудных материалов и прямого получения железа: по виду и назначению получаемого продукта; по типу применяемых агрегатов для осуществления процесса; по виду применяемых топлива и восстановителя; по виду применяемых железорудных материалов; по физико-химическим основам технологических процессов; по масштабам производства; методы получения жидкого металла из руд.
T13	Технологические схемы и аппараты металлизации и прямого получения железа	Установки металлизации железорудных материалов и внедоменного получения железа: металлизация агломерата и окатышей на конвейерных машинах в процессе их производства; металлизация в трубчатых вращающихся печах и комбинированных установках (процессы: «Хит Фаст», СЛ и РН, Крупп–Рен–процесс, способы Японских фирм, «Аккар», «Сибэлектросталь», «Механобрчермет» и др.); металлизация в шахтных печах и ретортах. Способы: Виберга, «Армко», «Пурофер», «Мидрекс», «Хил 1», «Хил 3»; установка Белорецкого меткомбината и завода «Запорожсталь», установки Японских фирм и др. металлизация в проходных печах с наружным обогревом. Способы: «Хёганес», установка на Сулинском метзаводе, на Браварском заводе порошковой металлургии, на Днепровском алюминиевом заводе, опытная установка на Макеевском метзаводе, Процесс «Эчеверриа» (Испания); металлизация в аппаратах с кипящим слоем. Процессы: «Новальфер», «Шипли», «Фиор», «Фатакучи». Методы и аппараты для получения газообразного и других видов топлива и восстановителей

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности	Д-1 - Демонстрировать интерес к профессиональной деятельности и стремление к расширению профессиональных знаний
			ПК-4 - Способен выполнять отдельные этапы	Д-1 - Демонстрировать аналитические

			научно-исследовательских и экспериментальных работ в области металлургии черных металлов	способности и критическое мышление
			ПК-5 - Способен выполнять расчеты технологических процессов и оборудования для получения черных металлов	Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельность и при выполнении расчетных работ
			ПК-6 - Способен на основе анализа технологических процессов черной металлургии разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию	Д-1 - Демонстрировать самостоятельность при работе со специальной литературой с целью поиска и анализа современных тенденций в области производства черных металлов

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья

Электронные ресурсы (издания)

1. ; Подготовка металлургического сырья для доменной и бездоменной металлургии железа : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617664> (Электронное издание)

Печатные издания

1. ; Основы теории и технологии доменной плавки; УрО РАН, Екатеринбург; 2005 (11 экз.)
2. Коротич, В. И., Фролов, Ю. А., Каплун, Л. И., Коротич, В. И.; Теоретические основы технологий окускования металлургического сырья. Агломерация : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Металлургия чер. металлов".; [УГТУ-УПИ], Екатеринбург; 2005 (10 экз.)
3. , Чижикова, В. М.; Сырье для черной металлургии : Справочник: В 2 т. Т. 1. Производство окускованного сырья для черной металлургии (сырье, технологии, оборудование, метрология) ; Машиностроение-1, Москва; 2001 (4 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория и технология производства стали

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Егиазарьян Денис Константинович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	металлургии железа и сплавов
2	Некрасов Илья Владимирович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	металлургии железа и сплавов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Некрасов Илья Владимирович, Доцент, металлургии железа и сплавов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Современное состояние и перспективы производства стали	Понятие стали. Классификация стали. Сталь и альтернативные конструкционные материалы: технические, экономические и экологические аспекты применения и производства. Динамика, современное состояние и перспективы мирового производства стали. Производство стали в России и на Урале.
P2	Развитие и современное состояние способов производства стали	Развитие и современное состояние технологической схемы производства черных металлов. Получение стали из чугуна. Предпосылки, разработки и развитие конвертерного, мартеновского и электродугового сталеплавильных процессов. Современная структура сталеплавильного производства. Технологические задачи и общая характеристика процессов получения литой стали. Принципиальная схема сталеплавильных процессов, ее особенности с точки зрения приложения законов физической химии к анализу сталеплавильных процессов.
P3	Природа и физико-химические особенности взаимодействия металлической и шлаковой фаз	Химический потенциал и активность компонентов раствора. Стандартные состояния и коэффициенты активности. Изменение изобарного потенциала и активности при изменении идеальной системы сравнения и стандартного состояния. Влияние состава раствора на коэффициент активности компонента. Методы оценки. Аппарат параметров взаимодействия. Использование модели регулярных растворов.

		<p>Капиллярная активность и адсорбция компонентов в растворах железа. Кинетические свойства расплавов железа. Вязкость. Диффузионная способность компонентов.</p> <p>Природа и свойства шлаковых расплавов. Функции шлаков в сталеплавильных процессах. Источники шлаков, молекулярный состав. Диаграммный метод анализа шлаковых систем, его приложение к системам на основе оксидов кремния и кальция с компонентами основных и кислых шлаков. Шлакообразование: механизм и кинетика.</p> <p>Жидкие шлаки. Развитие представлений о строении жидких шлаков. Молекулярные представления. Ионная природа оксидных расплавов. Ионобразование и типы ионов в расплавах сталеплавильных шлаков.</p> <p>Оценка активности компонентов шлаковых расплавов. Теория совершенных и регулярных ионных растворов. Основные положения и области применения. Расчетные соотношения для активностей и коэффициентов активности ионов.</p> <p>Физико-химические и технологические свойства шлаков. Вязкость и поверхностное натяжение. Зависимость от состава и температуры.</p> <p>Основность шлаков. Методы оценки основности. Технологические показатели основности. Активность анионов кислорода шлака как показатель основности. Оценка активности анионов кислорода для шлаков различного состава. Модель совершенных ионных растворов. Полимерная модель силикатных расплавов.</p> <p>Особенности взаимодействия металла и шлака. Электрохимическая природа взаимодействия. Характер электродных процессов на границе раздела фаз, взаимосвязь равновесного распределения элементов между металлом и шлаком. Межфазные свойства, границы раздела, капиллярная активность компонентов металла и шлака.</p>
<p>P4</p>	<p>Термодинамический и кинетический анализ главных сталеплавильных реакций</p>	<p>Сродство элементов примесей железа к кислороду. Критерий сродства. Нормальное сродство. Относительные скорости окисления примесей. Гипотеза М.М. Карнаухова и модель С.И. Попея.</p> <p>Влияние температуры на порядок окисления примесей. Влияние концентрации компонента на скорость его окисления. Критическая концентрация компонента. Трактовка критической концентрации. Кинетические режимы окисления примеси.</p> <p>Окисление шлакообразующих примесей. Особенности протекания реакций. Выбор компонентов шлака, отражение в стехиометрической записи реакций. Особенности термодинамического описания, выбор стандартных состояний, оценка активности компонентов и константы равновесия.</p> <p>Условия окисления и поведение кремния в сталеплавильных процессах. Раствор кремния в железе. Поведение в бесконечно</p>

		<p>разбавленных растворах, влияние состава раствора на активность. Распределение кремния между металлом и шлаком. Стехиометрическая запись реакций окисления кремния. Термодинамическое описание. Тепловой эффект реакции, роль в теплогенерации при выплавке стали различными процессами. Полнота протекания реакции окисления кремния. Влияние состава шлака и температуры. Обратимость реакции. Поведение кремния в основных и кислых процессах. Экспериментальные данные. Количественное описание распределения кремния между металлом и шлаком в сталеплавильных процессах.</p> <p>Условия окисления и поведение марганца в сталеплавильных процессах. Раствор марганца в железе и его сплавах, термодинамика растворов. Электрохимическое описание распределения марганца между металлом и шлаком. Стехиометрическая запись реакции окисления марганца. Термодинамическое описание. Расчетные и экспериментальные данные. Тепловой эффект реакции, роль в процессах теплогенерации при выплавке стали. Полнота протекания реакции окисления марганца. Влияние температуры и состава шлака. Обратимость реакции. Поведение марганца в основных и кислых процессах. Количественное описание распределения марганца между металлом и шлаком в сталеплавильных процессах.</p> <p>Дефосфорация металла. Раствор фосфора в железе и его сплавах, термодинамика растворов. Особенности фазовых переходов в системе железо-фосфор, природа влияния фосфора на свойства стали. Электрохимическое описание распределения фосфора между металлом и шлаком. Константа равновесия и ее зависимость от температуры и состава шлака. Роль основности шлака в процессах дефосфорации, характер влияния содержания оксидов двухвалентного железа. Стехиометрическая запись реакции окисления фосфора, термодинамические данные для ее описания. Тепловой эффект реакции, роль в процессах теплогенерации при выплавке стали. Обратимость реакции, условия рефосфорации. Основы количественного описания распределения фосфора между металлом и шлаком в сталеплавильных процессах.</p> <p>Кинетика окисления шлакообразующих примесей. Механизм реакций, стадии процесса, возможности кинетического и диффузионного торможения. Закономерности диффузионного режима. Критические концентрации примесей. Закономерности смешанного и кинетического режимов, условия их реализации. Влияние на кинетику процесса условий перемешивания и концентрации примеси в металле.</p> <p>Десульфурация металла. Раствор серы в железе и его сплавах. Термодинамика растворов. Капиллярная активность серы. Особенности фазовых переходов в системе «железо-сера», природа влияния серы на свойства стали. Пределы удаления серы при десульфурации стали. Электрохимическое описание распределения серы между металлом и шлаком. Коэффициент распределения серы. Зависимость от температуры и состава шлака. Роль основности шлака в процессах десульфурации</p>
--	--	---

		<p>металла, характер влияния оксидов двухвалентного железа. Взаимосвязь процессов распределения серы и кислорода. Влияние на процессы десульфурации шлаками состава металла и температурного режима процесса. Основы количественного описания степени десульфурации на базе эмпирических данных по распределению серы в основных процессах.</p> <p>Кинетика десульфурации металла шлаками. Экспериментальные данные, обоснование диффузионного режима процесса. Роль перемешивания ванны в процессах десульфурации при выплавке стали.</p> <p>Альтернативные способы десульфурации металла. Десульфурация при обработке металла сульфидообразующими элементами (ЩЗМ) и их оксидами. Окисление серы кислородом металла и газовой фазы.</p> <p>Окисление углерода. Роль реакции в сталеплавильных процессах. Раствор углерода в железе и его сплавах, термодинамика растворов, параметры взаимодействия. Анализ равновесия в трехкомпонентной системе «Fe-O-C». Реакция взаимодействия растворенных в железе углерода и кислорода. Термодинамическое описание реакции. Константа равновесия и тепловой эффект реакции. Условия гомогенного зарождения продуктов реакции. Критический размер пузыря. Гетерогенное зарождение на твердых и пористых границах раздела. Фронт реакции окисления углерода. Окисление углерода на границе «металл – шлак». Вспенивание шлака. Стабильность и разрушение «пены».</p> <p>Перемешивание металла при всплывании пузырей оксида углерода. Работа и мощность перемешивания. Роль параметров жидкой ванны и интенсивность обезуглероживания.</p> <p>Механизм и кинетика окисления углерода. Стадии процесса и закономерности их протекания. Анализ экспериментальных данных по кинетике окисления углерода. Критические концентрации углерода в металле. Области диффузионного торможения реакции по массопереносу углерода и кислорода. Условия протекания реакции в смешанном и кинетическом режимах. Пути интенсификации процесса обезуглероживания. Роль окислительного потенциала газовой фазы и перемешивания. Возможности интенсификации процесса продувкой ванны кислородом.</p>
P5	Раскисление и легирование стали	<p>Раствор кислорода в железе и его сплавах. Термодинамика растворов. Капиллярная активность кислорода. Механизм растворения и растворимость кислорода в железе. Влияние температуры. Общие закономерности изменения содержания кислорода в металле при окислительном рафинировании железоуглеродистого расплава. Верхняя и нижняя граница окисленности. Окисленность металла при равновесии со шлаком. Окисленность металла при равновесии с углеродом расплава. Фактические концентрации кислорода в металле при выплавке стали.</p> <p>Особенности фазовых переходов в системе «железо-кислород». Природа влияния кислорода на свойства стали.</p>

		<p>Раскисление стали. Задачи и способы раскисления. Осаждающее раскисление стали. Химизм процесса. Раскисляющая способность элементов раскислителей. Термодинамика реакций раскисления металла марганцем, кремнием и алюминием. Зарождение продуктов раскисления, их влияние на качество стали. Пути и условия удаления продуктов раскисления из жидкой стали. Закономерности всплывания, осаждения и коагуляции частиц. Комплексное раскисление стали. Условия получения жидких продуктов комплексного раскисления. Повышение раскисляющей способности раскислителей. Технология осаждающего раскисления стали.</p> <p>Диффузионное раскисление стали. Равновесное распределение кислорода между металлом и шлаком. Пути смещения равновесия. Кинетика установления равновесия. Варианты технологической реализации диффузионного раскисления. Достоинства и недостатки диффузионного раскисления.</p> <p>Вакуумное раскисление стали. Зависимость раскисляющей способности углерода от внешнего давления. Технологическая реализация вакуумного раскисления. Достоинства и недостатки.</p> <p>Легирование стали. Природа влияния легирующих элементов на свойства стали. Классификация по характеру влияния на температуры полиморфных превращений и процессы дисперсионного твердения железа. Термодинамика легирования чистыми элементами. Тепловые условия легирования ферросплавами. Окислительно-восстановительные условия легирования. Распределение легирующих элементов между металлом и шлаком, угар элементов при легировании.</p> <p>Кинетика растворения ферросплавов. Закономерности изотермического растворения. Кинетика неизотермического растворения. Эффект намораживания «корочки». Механизм и кинетические особенности растворения тугоплавких и легкоплавких сплавов. Закономерности теплового и диффузионного периодов растворения. Пути интенсификации процесса легирования. Роль перемешивания металла и измельчения ферросплавов. Легирование экзотермическими ферросплавами и жидкими лигатурами.</p>
Р6	Газы и неметаллические включения в стали	<p>Раствор азота и водорода в железе. Термодинамика растворов. Условия растворения газов в жидком металле. Изотерма растворимости. Закон Сивертса. Влияние легирующих элементов на растворимость газов в железе. Изобара растворимости. Влияние газов на свойства стали. Дегазация металла. Уравнение Геллера. Роль вакуумирования и обработки металла инертными газами. Закономерности дегазации металла при выплавке стали. Роль обезуглероживания. Растворимость азота и водорода в сталеплавильных шлаках. Газопроницаемость шлаков. Газонасыщенность стали при выплавке различными процессами.</p>

		<p>Неметаллические включения в стали. Источники, классификация. Характеристика оксидных включений. Характеристика сульфидных включений. Методы контроля. Влияние неметаллических включений на свойства стали. Пути снижения загрязненности стали неметаллическими включениями. Модифицирование.</p>
<p>P7</p>	<p>Конвертерные процессы производства стали</p>	<p>Исторические этапы развития и современное состояние. Роль процессов в современной структуре мирового производства стали.</p> <p>Кислородно-конвертерные процессы. Тепловые условия и качество стали при замене азота дутья кислородом. Варианты процессов.</p> <p>Кислородно-конвертерные процессы с верхним дутьем (по типу LD). Принципиальная схема и параметры процессов. Устройство фурмы для верхней кислородной продувки. Конвертерная установка. Тракт подачи сыпучих материалов. Конструкция и параметры конвертеров. Характер и устройство футеровки конвертера. Огнеупорные материалы. Особенности футеровки элементов конвертера. Механизм износа футеровки. Особенности взаимодействия периклаза углеродистых огнеупоров со шлаком. Расход огнеупоров на выплавку стали. Пути повышения стойкости футеровки конвертера и их эффективность.</p> <p>Характер взаимодействия окислительного дутья с металлом при верхней кислородной продувке.</p> <p>Развитие окислительных процессов в реакционной зоне и зоне циркуляции. Распределение дутья на окисление железа и примесей. Влияние параметров продувки.</p> <p>Условия перемешивания ванны. Роль энергии кислородной струи и обезуглероживания.</p> <p>Условия шлакообразования. Проблемы интенсификации шлакообразования. Роль температурного режима и состава растворяющей фазы. Пути повышения содержания оксидов железа в первичных шлаках. Влияние параметров дутья. Использование флюсов и офлюсованных материалов.</p> <p>Технология кислородно-конвертерного процесса с верхним дутьем. Шихтовые материалы процесса. Состав чугунов. Требования к составу и качеству лома. Качество извести. Виды и качество охладителей и флюсов. Использование магнезиальных и комплексных флюсов. Технологическая схема процесса. Характеристика этапов. Параметры дутья, динамика и особенности поведения примесей по ходу продувки. Кинетика обезуглероживания, шлаковый режим, условия дефосфорации и десульфурации. Поведение марганца и кремния.</p> <p>Продукты плавки. Материальный и тепловой баланс процесса. Пылеобразование и очистка конвертерных газов при верхней кислородной продувке. Испарение и окисление железа в реакционной зоне. Разновидности систем охлаждения и очистки конвертерных газов. Особенности устройства и</p>

		<p>работы газоотводящих трактов в системах с дожиганием, без дожигания и частичным дожиганием конвертерных газов. Типы и эффективность систем газоочистки.</p> <p>Технико-экономические показатели кислородно-конвертерных процессов с верхним дутьем. Длительность плавки и производительность. Сортамент, качество и область применения стали. Возможности переработки лома и энергоемкость. Особенности процесса, ограничивающие возможности повышения его эффективности.</p> <p>Конвертерные процессы с донным кислородным дутьем. Предпосылки создания и развития процессов. Принципы устройства и работы донных кислородных фурм. Разновидности процессов. Технологические особенности. Условия пылеобразования, перемешивания, шлакообразования и дефосфорации. Технико-экономические показатели процессов.</p> <p>Конвертерные процессы с комбинированным дутьем. Предпосылки разработки и развития процессов. Разновидности процессов. Технологические особенности. Условия перемешивания, шлакообразования и дефосфорации. Тепловые условия процессов. Условия дожигания оксида углерода в полости конвертера.</p> <p>Пути технического прогресса в конвертерном производстве стали.</p>
P8	Подовые процессы производства стали	<p>Предпосылки создания и развития электросталеплавильных процессов. Условия теплогенерации при электродуговом разряде. Схема устройства дуговой печи переменного тока. Варианты конструкции печи. Особенности. Футеровка рабочего пространства, электрическое и механическое оборудование. Удельная мощность трансформатора, масса садки, дополнительные источники энергии и теплогенерации. Шихтовые материалы. Варианты технологий выплавки стали. Качество стали. Производительность.</p> <p>Современный электродуговой процесс. Технологические задачи современного электродугового процесса. Концепция сверхмощной дуговой печи. Устройство современной ДСП. Удельная мощность трансформатора, масса садки. Конфигурация и размеры рабочего пространства. Организация выпуска продуктов плавки. Особенности конструкции свода и стен сверхмощной ДСП. Футеровка печи. Направления повышения стойкости футеровки. Требования к конструкции элементов и системе охлаждения.</p> <p>Шихтовые материалы. Виды и качество лома. Подготовка лома. Подогрев лома. Конструктивные решения. Эффективность. Энергетический баланс современного электросталеплавильного процесса. Дополнительные источники энергии и теплогенерации.</p> <p>Технология плавки в сверхмощных дуговых печах. Особенности электрического режима. Интенсивность продувки кислородом. Преимущества плавки в ДСП с использованием «болота». Особенности окисления примесей и нагрева металла</p>

		<p>в современных ДСП. Особенности шлакового режима в сверхмощных ДСП. Работа под магниезиальными шлаками. Вспенивание шлаков в ДСП. Назначение. Техническая реализация. Эффективность. Особенности качества полупродукта ДСП. Использование жидкого чугуна в составе шихты ДСП.</p> <p>Технико-экономические показатели процесса. Длительность плавки и производительность агрегата, удельный расход электроэнергии, общая энергоемкость. Выход годного.</p> <p>Дуговые печи постоянного тока. Устройство. Особенности применения постоянного тока при выплавке стали.</p>
P9	Внепечная обработка стали	<p>Предпосылки развития процессов внепечной обработки стали. Задачи и методы внепечной обработки. Вакуумирование стали. Анализ процессов повышения качества при вакуумировании.</p> <p>Способы вакуумирования. Ковшовое вакуумирование. Процессы VD и VOD. Порционное и циркуляционное вакуумирование. Процессы DH и RH. Эффективность процессов.</p> <p>Обработка стали инертными газами. Анализ процессов повышения качества при обработке. Конструкции продувочного устройства. технологические проблемы. Совершенствование оборудования и технологии обработки инертными газами. Эффективность обработки.</p> <p>Обработка металла рафинировочными шлаками в условиях газового перемешивания и электродугового подогрева. Установка «печь-ковш». Функциональные элементы установки. Технология. Процессы повышения качества и эффективность комплексной обработки стали. Использование элементов шлакового рафинирования в вакуумных процессах.</p> <p>Обработка металла твердыми порошкообразными реагентами. Состав инъекционной установки. Варианты технологии. Эффективность.</p> <p>Современное состояние внепечной обработки и место в технологической схеме производства стали.</p>
P10	Организация разливки стали и устройство цехов	<p>Разливка стали как технологический процесс получения слитков. Способы разливки стали. Разливка стали в изложницы. Непрерывная разливка стали. Этапы развития непрерывной разливки и современное состояние. Устройство и схема работы машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Типы машин.</p> <p>Основные закономерности формирования слитка. Зарождение и рост кристаллов. Фундаментальный закон и продолжительность полного затвердевания. Особенности качества слитка. Дефекты усадочного происхождения, кристаллическая и химическая неоднородность.</p>

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	Д-1 - Проявлять самостоятельность и творчество при решении поставленной задачи
			ПК-1 - Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности	Д-1 - Демонстрировать интерес к профессиональной деятельности и стремление к расширению профессиональных знаний
			ПК-4 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области металлургии черных металлов	Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление
			ПК-5 - Способен выполнять расчеты технологических процессов и оборудования для получения черных металлов	Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельность и при выполнении расчетных работ
			ПК-6 - Способен на основе анализа технологических процессов черной металлургии разрабатывать	Д-1 - Демонстрировать самостоятельность при работе со специальной литературой с

			предложения и рекомендации по их совершенствованию	целью поиска и анализа современных тенденций в области производства черных металлов
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория и технология производства стали

Электронные ресурсы (издания)

1. Рощин, В. Е.; Электрометаллургия и металлургия стали : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617668> (Электронное издание)
2. Рощин, В. Е.; Физика пирометаллургических процессов : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617669> (Электронное издание)
3. Рощин, В. Е.; Структуры стальных слитков и дефекты деформированного металла в заготовках : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617670> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Поволоцкий, Д. Я., Вишкарев, А. Ф., Кудрин, В. А.; Внепечная обработка стали : Учеб. для вузов по направлению "Металлургия" и специальности "Металлургия черн. металлов".; МИСИС, Москва; 1995 (2 экз.)
2. Кудрин, В. А.; Металлургия стали : учеб. для вузов по специальности "Металлургия черных металлов".; Металлургия, Москва; 1989 (62 экз.)
3. Кудрин, В. А.; Металлургия стали : Учебник для вузов.; Металлургия, Москва; 1981 (18 экз.)
4. Воскобойников, В. Г., Кудрин, В. А., Якушев, А. М.; Общая металлургия : Учеб. для металлург. специальностей вузов.; Металлургия, Москва; 1985 (25 экз.)
5. Воскобойников, В. Г., Кудрин, В. А., Якушев, А. М.; Общая металлургия : Учеб. для вузов.; Металлургия, Москва; 1998 (22 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория и технология производства стали

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Kaspersky Anti-Virus 2014
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Kaspersky Anti-Virus 2014
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Kaspersky Anti-Virus 2014
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Спецэлектromеталлургия и производство
ферросплавов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Клеоновский Михаил Витальевич	без ученой степени, без ученого звания	Преподавате ль	металлургии железа и сплавов
2	Лозовая Елизавета Юрьевна	к.т.н., доцент	доцент	Металлургия железа и сплавов
3	Шешуков Олег Юрьевич	д.т.н., профессор	профессор	Металлургия железа и сплавов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Лозовая Елизавета Юрьевна, доцент, Metallургия железа и сплавов
- Шешуков Олег Юрьевич, профессор, Metallургия железа и сплавов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Общие сведения о спецэлектрометаллургии	<p>Введение. Понятие качества стали. Способы повышения чистоты металла и улучшения структуры слитка. Внепечное вакуумирование, продувка аргоном, порошками, обработка синтетическим шлаком. Закономерность возникновения специальных процессов улучшения качества стали.</p> <p>Задачи спецэлектрометаллургии. Основные направления улучшения качества металла: обработка шлаком, применение физического и химического вакуума, перегрев металла и вакуумная дистилляция, плазменная плавка, направленная кристаллизация. Классификация специальных процессов электроплавки по способу нагрева, рафинирующей среде. Сортамент сталей и сплавов, подвергаемых специальным переплавам.</p>
P2	Теоретические основы рафинирующих переплавок	<p>Влияние вакуума и температуры. Дегазация металла в вакууме. Удаление неметаллических включений в вакууме. Движение металла в жидкой ванне и на оплавленном торце электрода.</p> <p>Переход включениями границы раздела металл – газовая фаза. Коагуляция неметаллических включений. Диссоциация и</p>

		<p>восстановление включений. Рафинирующее действие шлака. Испарение примесей в вакууме.</p> <p>Десульфурация металла. Раскисление металла. Поведение водорода и азота.</p> <p>Кристаллизация металла при переплавных процессах в кристаллизаторе. Жидкое и твердое состояние вещества. Закономерности зарождения кристаллов. Особенности роста кристаллов и формирования структуры металла. Распределение примесей в слитке.</p>
<p>РЗ</p>	<p>Электрошлаковый переплав</p>	<p>Сущность способа ЭШП. Metallургические особенности электрошлаковых печей. Технологические и электрические характеристики электрошлакового процесса. Регулирование электрического режима плавки. Основные схемы и варианты ЭШП. Классификация печей по назначению, конструктивным особенностям, способу электропитания. Устройство типовой электрошлаковой печи.</p> <p>Требования к основным материалам для ЭШП. Особенности выплавки исходной стали для ЭШП в сталеплавильных агрегатах различных типов. Способы изготовления расходуемых электродов. Технологические и metallургические требования, предъявляемые к флюсам. Физико-химические свойства оксидно-фторидных расплавов: химический состав, электропроводность, вязкость, плавкость, плотность, летучесть, адгезионная способность к неметаллическим включениям, окислительная способность, сульфидная емкость. Характеристика основных флюсов ЭШП. Подготовка флюсов к плавке.</p> <p>Metallургия ЭШП</p> <p>Шлаковая ванна как источник тепла при ЭШП. Общие закономерности плавления расходуемых электродов. Капельный перенос металла. Температурное поле в расходуемом электроде, пленке жидкого металла и капле. Движение шлака. Поверхностные явления в системе металл-шлак. Рафинирование металла при ЭШП. Физико-химические особенности взаимодействия фаз. Окислительно-восстановительные процессы, средства борьбы с окислительными процессами при ЭШП. Удаление серы и некоторых других примесей, поведение фосфора. Расчеты химических процессов. Механизм очищения металла от неметаллических включений при ЭШП, поведение газов, влияние состава флюса и параметров переплава на чистоту металла.</p> <p>Технологическая схема переплава Разновидности технологии ЭШП – плавка на жидком и твердом старте. Рабочий процесс, основные периоды, их назначение, охлаждение, разделение и уборка слитков. Особенности технологии переплава в стационарный и подвижной кристаллизатор.</p> <p>Кристаллизация металла. Структура слитка Дефекты поверхности слитка ЭШП: пережиги, заливины, газовые</p>

		<p>пузыри, трещины, электропробой. Дефекты излома, рост зерна у аустенита, пористость, загрязнения и свищи, корки, зоны повышенной травимости, послойная кристаллизация. Эффективность ЭШП при производстве сталей специального назначения, другие области применения ЭШП. Пути совершенствования процесса, охрана окружающей среды.</p>
P4	<p>Переplавные рафинировочные процессы в вакууме</p>	<p>Теоретические основы рафинирования металла в вакууме Раскисление металла углеродом, водородом, металлическими сплавами в вакууме. Обезуглероживание металла. Удаление неметаллических включений. Испарение компонентов расплава в вакууме. Процессы дегазации. Влияние вакуума на десульфурацию.</p> <p>Технология вакуумно-дугового переплава (ВДП). Область применения ВДП. Особенности горения дуги в вакууме, ее стабилизация. Тепловыделение при вакуумной дуговой плавке, управление режимом переплава. Рафинирование металла от газов, примесей, НВ, при ВДП. Роль электрической дуги и поверхностных явлений при рафинировании. Кристаллизация слитка ВДП. Макро- и микроструктура слитка и свойства металла. Основные дефекты, способы их устранения. Техно-экономические показатели процесса и охрана окружающей среды. Перспективы развития ВДП.</p> <p>Технология вакуумно-индукционной плавки (ВИП). Выделение и распределение мощности в ванне. Рафинирование металла при ВИП. Взаимодействие компонентов металла с футеровкой тигля в вакууме. Особенности конструкции вакуумных индукционных печей: электрооборудование, футеровка, вакуумные системы. Технологические операции плавки. Особенности технологии выплавки жаропрочных, трансформаторных стали- и прецизионных сплавов в вакуумных индукционных печах. Методы интенсификации ВИП. ТЭП, охрана окружающей среды.</p> <p>Технология электроннолучевого переплава (ЭЛП). Закономерности электроннолучевого нагрева. Выделение и перераспределение тепла, температурное поле ванны. Электронные пушки. Технологические схемы ЭЛП, конструкции печей. Рабочий процесс ЭЛП. Рафинирование металла при ЭЛП, поведение примесей. Качество металла. Перспективы развития ЭЛП. Техно-экономические показатели. Охрана окружающей среды.</p>
P5	<p>Плазменная плавка</p>	<p>Теоретические основы плазменной металлургии. Классификация электроплазменных процессов. Низкотемпературная плазма. Процессы в плазменном разряде. Источники низкотемпературной плазмы для металлургических целей, конструкции и характеристики плазмотронов. Устойчивость плазменного шнура. Плазмообразующие газы, изменение газовой фазы в процессе переплава. Физико-химические закономерности взаимодействия расплавленного</p>

		<p>металла и газа. Растворение и удаление газов из металла в плазменных печах. Особенности рафинирования металла от оксидных НВ, поведение цветных примесей.</p> <p>Металлургия и технология плазменной плавки и плазменно-дугового переплава. Конструктивные особенности плазменно-дуговых печей для плавки и рафинирования стали и сплавов. Плавильные плазменные печи с керамическим тиглем. Переплавные плазменные печи с водоохлаждаемыми кристаллизаторами. Технология плазменной плавки. Сортамент выплавляемых сталей. Особенности плавления и рафинирования металла, качество металла после плазменной плавки. Рабочий процесс ПДП. Воздействие плазменной дуги на металл. Температурное поле жидкой ванны. Управление движением металла в жидкой ванне. Рафинировочные процессы при переплаве. Особенности кристаллизации слитка. Качество плазменно-дугового металла, области его применения.</p> <p>Применение плазмы при получении металлов. Термическое разложение, карботермическое восстановление в жидкой и газовой фазе. Восстановление окислов водородной плазмой. Установки для восстановления металлов. Сравнение технико-экономических показателей различных модификаций плазменных процессов плавки. Охрана окружающей среды.</p>
Р6	Текущее состояние спецэлектрометаллургии	Проблемы использования и тенденции развития спецэлектрометаллургии. Возможные направления совершенствования переплавок. Выводы.
Р7	Определение, назначение и классификация ферросплавов	<p>Понятие о ферросплавах, лигатурах, сплавах для раскисления. Требования к ферросплавам, их назначение. Легирование железа ферросплавами и чистыми металлами. Удаление примесей из жидкого железа при помощи ферросплавов. Модифицирование чугуна и стали ферросплавами. Классификация ферросплавов. Понятие ведущего элемента. Роль железа в ферросплавах. Степень восстановления (извлечения) ведущего элемента. Базовая тонна (понятие и методы расчета). Примеси.</p> <p>Классификация способов получения ферросплавов. Виды ферросплавных процессов. Электротермический, металлотермический, электролитический методы. Роль доменного процесса в производстве ферросплавов. Вакуумтермический, конвертерный способы, их особенности, область применения и краткая характеристика. Периодические и непрерывные процессы. Шлаковые и бесшлаковые, флюсовые и бесфлюсовые процессы. Классификация ферросплавных процессов по типу восстановителя.</p>
Р8	Аналитические методы математического моделирования и основы	Физико-химические основы процессов получения ферросплавов. Превращения материалов в ванне печи. Процессы диссоциации, плавления, растворения, восстановления, формирования фаз. Возможное соотношение скоростей этих процессов и задачи управления.

	<p>электротермии получения ферросплавов</p>	<p>Шлакообразование и его влияние на ход процесса восстановления. Роль флюсов в различных процессах производства ферросплавов.</p> <p>Основы теории восстановления оксидов. Общая характеристика восстановительных процессов. Термодинамика, механизм и кинетика восстановления металлов газами и твердым углеродом.</p> <p>Особенности восстановления прочных и малопрочных окислов. Термодинамика восстановления оксидов и расплава. Кинетические закономерности окисления углерода, кремния, алюминия. Кинетика восстановления оксидов расплава углеродом металлической фазы. Металлотермическое восстановление. Особенности углерода, кремния, алюминия как восстановителей. Выбор восстановителей. Восстановление руд. Формирование металлической фазы при производстве ферросплавов.</p> <p>Процессы с участием расплавов при окислительном рафинировании. Физико-химические основы рафинирования металла от углерода. Способы рафинирования. Электрическая дуга в рудовосстановительной печи. Строение ванны печи бесшлакового, шлакового и многошлакового процесса. Глубина погружения электродов в шихту. Газовый режим. Процессы теплопередачи. Температурное поле ванны. Особенности дугового нагрева в многошлаковых процессах. Управление температурным режимом печи при дуговом нагреве.</p> <p>Электрическое поле одно- и трехфазной электрической печи. Эквивалентная схема ванны руднотермической печи и распределение тока и мощности по ее объему. Влияние геометрических параметров, состава и свойств шихты на величину токов шихтовой проводимости. Управление концентрацией мощности в печи.</p>
<p>Р9</p>	<p>Оборудование ферросплавного производства</p>	<p>Устройство ферросплавных цехов. Технологическая взаимосвязь отдельных цехов. Структура ферросплавных цехов. Выбор типа и мощности ферросплавных печей. Основные направления реконструкции действующих цехов.</p> <p>Оборудование ферросплавного производства. Классификация плавильных агрегатов. Оборудование подготовки, дозирования и подачи шихты на печь. Оборудование разливочных пролетов и складов готовой продукции.</p> <p>Рудовосстановительные печи. Кожух печи. Способы изготовления футеровки. Назначение гарнисажа. Механизмы вращения ванны. Свод печи. Схемы и основные агрегаты установок очистки газов. Электроды, их конструкция. Режим обжига, свойства графитированных и самообжигающихся электродов. Электрододержатели. Механизмы перемещения и перепуска.</p> <p>Печи периодического действия, основные элементы их конструкций, оборудование. Электрододержатели. Механизмы</p>

		<p>наклона печи. Электрическая схема питания установки. Электрооборудование. Устройство мощных токопроводов печи. Электрические соотношения в цепи. Сопротивление ванны печи. Перераспределение мощности по фазам. Электрические характеристики печей. Выбор электрического режима.</p> <p>Расчет параметров рудовосстановительных печей. Определение мощности трансформатора и электрических параметров установки. Расчет геометрических размеров рабочего пространства печи.</p>
P10	Теория и технология производства сплавов кремния	<p>Состав, назначение и качество сплавов. Теоретические основы восстановления кремния. Термодинамика, кинетика и механизм восстановления диоксида кремния углеродом. Управление полнотой прохождения стадий. Переход в сплав из шихты вредных примесей: хрома, фосфора, серы, алюминия, титана, пути снижения их содержания в ванне. Процессы, проходящие на различных горизонтах в печи. Строение ванны печи. Последовательность превращений материалов по горизонтам.</p> <p>Технологическая схема производства ферросилиция. Материалы. Оборудование. Особенности технологии плавки в открытой печи. Влияние на ход процесса газопроницаемости и электрического сопротивления шихты. Отклонения от нормального хода плавки и меры их устранения. Обслуживание горна. Особенности плавки в закрытых печах. Контроль технологических параметров. Вращение ванны печи. Поведение элементов в ходе плавки, их распределение. Характеристика продуктов плавки. Рафинирование ферросилиция от примесей. Показатели работы печей. Особенности выплавки кремния кристаллического.</p>
P11	Теория и технология производства марганца и его сплавов	<p>Свойства марганца, влияние его на свойства стали. Состав, назначение, качество марганцевых сплавов. Физико-химические условия восстановления марганца из оксидов углеродом, кремнием и алюминием. Руды марганца. Характеристика концентратов. Способы окускования и дефосфорации марганцевого сырья. Поведение фосфора в плавке.</p> <p>Выплавка углеродистого ферромарганца. Шихтовые материалы. Оборудование. Флюсовый и безфлюсовый способы производства, основные реакции. Электрический и температурный режимы плавки. Обслуживание печи. Выпуск, разливка и разделка сплава. Показатели производства.</p> <p>Сплавы кремния и марганца. Растворимость углерода в силикомарганце. Способы производства сплавов. Физико-химические особенности совместного восстановления кремния и марганца из расплавов углеродом. Распределение элементов в плавке. Характеристика печей. Параметры и ход плавки,</p>

		<p>температурный и шлаковый режимы. Показатели производства.</p> <p>Низкоуглеродистый ферромарганец и металлический марганец. Способы производства. Оборудование. Шихтовые материалы. Сущность каждого передела. Технологические параметры плавки, выпуск и разливка металла. Пути повышения использования марганца. Показатели производства.</p>
<p>P12</p>	<p>Теория и технология производства хрома и его сплавов</p>	<p>Свойства хрома и его соединений. Влияние хрома на свойства стали. Состав, назначение и качество сплавов. Руды хрома. Составы, строение, классификация руд, их подготовка к плавке. Углеродистый и передельный феррохром. Марки, состав шихты, характеристика процесса, особенности печей. Строение плавильного пространства ванны при шлаковых процессах с закрытым колошником. Физико-химические основы шлакообразования при восстановлении хромовых руд. Кратность шлака, выбор состава, температура плавления шлака по диаграмме состояния. Влияние состава шлака на температуру процесса. Принципиальные различия и особенности технологии выплавки передельного и товарного феррохрома. Содержание серы и углерода в сплаве, управление качеством металла. Особенности технологии плавки в закрытой печи. Обслуживание печи. Расстройства хода печи и их устранение. Выпуск и разливка металла и шлака.</p> <p>Ферросиликохром. Сущность одно- и двухстадийного способов производства. Особенности восстановления кремния в присутствии хрома и совместное их восстановление из руды и кварцита. Составы и свойства металла, растворимость углерода в твердых и жидких сплавах хрома с кремнием. Шихтовые материалы. Печи. Шлаковый и бесшлаковый процессы, их особенности, преимущества и недостатки. Различия в строении ванны печи, электрического режима, ведении плавки. Возможные нарушения хода печи, их устранение. Показатели плавки. Качество сплава по содержанию углерода и фосфора.</p> <p>Средне- и низкоуглеродистый феррохром. Металлический хром. Азотированные сплавы. Сущность различных способов производства, технологические параметры. Оборудование и технология электросиликотермической плавки. Температурный и шлаковый режим. Управление процессом и качеством получаемого металла по содержанию углерода, кремния, фосфора. Особенности производства безуглеродистого феррохрома в электропечи и методом смешивания расплавов. Возможности методов, необходимые технологические параметры. Варианты разливки сплава. Свойства и использование шлака. Экономика производства феррохрома силикотермическим методом. Конвертерный способ получения среднеуглеродистого феррохрома. Вакуумные способы обезуглероживания феррохрома. Аллюминотермический способ выплавки металлического хрома и феррохрома. Получение азотированного феррохрома.</p>

		<p>Варианты технологии и показатели производства. Экзотермический феррохром.</p>
P13	<p>Производство ферровольфрама и феррованадия</p>	<p>Ферровольфрам. Свойства ферровольфрама и его соединений. Физико-химические условия восстановления вольфрама из концентратов различными восстановителями. Состав, назначение и качество сплавов с вольфрамом. Методы выплавки ферровольфрама. Оборудование. Плавка с вычерпыванием сплава. Периоды плавки и практика их ведения. Поведение примесей вольфрама в плавке. Электрический, шлаковый и температурный режимы плавки. Контроль за состоянием ванны, гарнисажа, уровнем подины. Пути снижения потерь вольфрама. Другие методы выплавки ферровольфрама: плавка на блок в электрических дуговых печах, внепечные методы. Пути повышения качества ферровольфрама.</p> <p>Феррованадий. Свойства ванадия и его соединений. Физико-химические условия восстановления ванадия из оксидов углеродом, кремнием, алюминием. Состав, назначение и качество сплавов с ванадием. Технологическая схема извлечения ванадия из железных руд. Характеристика стадий передела. Плавка феррованадия в электропечи. Периоды плавки и практика их ведения. Управление температурным и шлаковым режимом процесса. Пути улучшения использования ванадия.</p>
P14	<p>Металлотермическое производство сплавов</p>	<p>Термодинамика и кинетика алюминотермического восстановления оксидов. Техника взаимодействия и разделения металлических и шлаковых расплавов. Тепловой баланс алюминотермического процесса. Классификация процессов алюминотермического восстановления.</p> <p>Ферротитан. Состав, назначение и свойства сплавов с титаном. Концентраты титана. Физико-химические условия восстановления титана из оксидов углеродом, кремнием и алюминием. Способы производства ферротитана и их сущность. Параметры алюминотермического способа производства, ход процесса. Состав и свойства высокоглиноземистого титанового шлака, его использование. Роль осадителя, варианты технологии выплавки лигатур с титаном. Использование отходов титанового производства.</p> <p>Ферромолибден. Состав, назначение и свойства сплава. Минералы молибдена. Обжиг концентратов. Восстановление молибдена из оксидов кремнием и алюминием. Назначение составляющих шихты, их подготовка к плавке. Оборудование для плавки. Варианты ведения процессов. Состав продуктов. Пути повышения использования молибдена.</p> <p>Сплавы с ниобием. Свойства ниобия и его соединений. Влияние ниобия на свойства сталей. Сортамент и применение феррониобия. Минералы и руды ниобия. Физико-химические</p>

		<p>условия восстановления ниобия из оксидов различными восстановителями. Варианты технологии получения феррониобия. Лигатуры с ниобием.</p> <p>Производство комплексных раскислителей и лигатур. Экзотермические ферросплавы. Физико-химические свойства щелочно-земельных металлов и алюминия. Составы и назначение сплавов. Практика применения.</p> <p>Выплавка силикокальция. Углеродовосстановительный и силикотермический процессы. Теория и технология.</p> <p>Производство комплексных лигатур и экзотермических ферросплавов. Составы сплавов. Технология производства. Назначение, особенности применения и преимущества сплавов.</p>
P15	<p>Экономика и организация ферросплавного производства.</p> <p>Охрана среды</p>	<p>Технико-экономическая характеристика ферросплавного производства. Ремонт оборудования ферросплавных цехов. Планирование производства. Характеристика вредных выбросов в ферросплавном производстве. Вопросы охраны природы. Основные направления развития ферросплавной промышленности.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности	Д-1 - Демонстрировать интерес к профессиональной деятельности и стремление к расширению профессиональных знаний

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Спецэлектрометаллургия и производство ферросплавов

Электронные ресурсы (издания)

1. Павлов, В. А., Жданова, А. В.; Спецэлектрометаллургия сталей и сплавов : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/106523.html>

(Электронное издание)

2. Рошин, В. Е.; Электрометаллургия и металлургия стали : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617668> (Электронное издание)

3. Дашевский, В. Я.; Ферросплавы: теория и технология; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/115239.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Павлов, В. А., Жданов, А. В.; Спецэлектрометаллургия сталей и сплавов : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 22.03.02, 22.04.02 - Металлургия.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018 (10 экз.)

2. Лисиенко, В. Г., Прохоров, А. М., Лисиенко, В. Г.; Оборудование промышленных предприятий : справ. изд. : в 6 т. Т. 2. Электрошлаковый переплав ; Теплотехник, Москва; 2009 (2 экз.)

3. Ключев, М. М.; Плазменно-дуговой переплав; Металлургия, Москва; 1980 (2 экз.)

4. , Чернобровин, В. П., Пашкеев, И. Ю., Михайлов, Г. Г., Лыкасов, А. А., Сенин, А. В., Толканов, О. А.; Теоретические основы процессов производства углеродистого феррохрома из уральских руд; ЮУрГУ, Челябинск; 2004 (3 экз.)

5. , Зайко, В. П., Жучков, В. И., Леонтьев, Л. И., Карноухов, В. Н., Воронов, Ю. И.; Технология ванадийсодержащих ферросплавов : [моногр.]; Академкнига, Москва; 2004 (8 экз.)

6. Еднерал, Ф. П.; Электрометаллургия стали и ферросплавов : Учеб. пособие для вузов.; Metallurgizdat, Москва; 1963 (2 экз.)

7. Поволоцкий, Д. Я., Мальков, Н. В., Рошин, В. Е.; Электрометаллургия стали и ферросплавов : Учебник.; Металлургия, Москва; 1995 (3 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3211 - электронный курс к дисциплине "Спецэлектрометаллургия стали"

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

nbtngu.ru/search – Научная библиотека Московского Государственного Университета им. М. В.Ломоносова.

<http://e.lanbook.com/> - ЭБС "Лань", издательство "Лань"

<http://www.sciencedirect.com/> - Базы данных с полнотекстовыми публикациями в научных периодических изданиях Science Direct

<http://www.ebscohost.com/> - Базы данных с полнотекстовыми публикациями в научных периодических изданиях EBSCO

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Спецэлектрометаллургия и производство ферросплавов

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	M365AppsForEnterpriseEDU ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES