

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:17

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Основы теории литейных процессов

Закреплена за подразделением Кафедра литейных технологий и художественной обработки материалов

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация **Инженер-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **8 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 288

в том числе:

аудиторные занятия 136

самостоятельная работа 98

часов на контроль 54

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 5

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	68	68	68	68
Лабораторные	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	136	136	136	136
Контактная работа	136	136	136	136
Сам. работа	98	98	98	98
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	288	288	288	288

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Юдин Василий Анатольевич; к.т.н., доцент, Баженов Вячеслав Евгеньевич; к.т.н., старший преподаватель, Титов Андрей Юрьевич*

Рабочая программа

**Основы теории литейных процессов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра литейных технологий и художественной обработки материалов**

Протокол от 18.05.2021 г., №09/20

Руководитель подразделения д.т.н., профессор Белов Владимир Дмитриевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	сформировать у студентов необходимые знания:
1.2	- свойств металлов и элементов, входящих в состав сплавов, для осознанного выбора способов и условий приготовления сплавов;
1.3	- закономерностей неравновесной кристаллизации для понимания и управления структурой сплавов в литых заготовках;
1.4	- закономерностей затвердевания литых заготовок для получения изделий без усадочных дефектов с необходимым уровнем рабочих свойств.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	ARTCAD	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.2.2	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.2.3	Металлургия алюминия и магния	
2.2.4	Многокомпонентные диаграммы состояния	
2.2.5	Научно-исследовательская работа	
2.2.6	Научно-исследовательская работа	
2.2.7	Научно-исследовательская работа	
2.2.8	Научно-исследовательская работа	
2.2.9	Научно-исследовательская работа	
2.2.10	Научно-исследовательская работа	
2.2.11	Научно-исследовательская работа	
2.2.12	Научные основы нанесения покрытий	
2.2.13	Обогащение руд	
2.2.14	Оборудование для процессов порошковой металлургии	
2.2.15	Оборудование и технологии сталеплавильных цехов	
2.2.16	Основы бизнеса в металлургии	
2.2.17	Основы минералогии и петрографии	
2.2.18	Основы электрометаллургического производства	
2.2.19	Прикладная кристаллография	
2.2.20	Проектирование технологии изготовления отливок	
2.2.21	Производство стали в конвертерах	
2.2.22	Процессы формования и спекания металлических порошков	
2.2.23	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением	
2.2.24	Рециклинг металлов	
2.2.25	Теория промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов	
2.2.26	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента	
2.2.27	Технология литейного производства	
2.2.28	Физико-химические процессы в литейном производстве	
2.2.29	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.2.30	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.2.31	Конструирование литейной оснастки, раздел 1	
2.2.32	Металловедение, часть 1	
2.2.33	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.2.34	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.2.35	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.2.36	Метрология и измерительная техника	
2.2.37	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.2.38	Современные методы производства сплошных и полых изделий	

2.2.39	Теория и технология производства стали в электропечах
2.2.40	Теплотехника и экодизайн металлургических печей
2.2.41	Технологии и оборудование для модификации поверхности
2.2.42	Технология композиционных материалов
2.2.43	Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях
2.2.44	Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза
2.2.45	Информационные технологии управления металлургическими печами
2.2.46	Конструирование литейной оснастки, раздел 2
2.2.47	Логистика вторичных ресурсов
2.2.48	Металловедение, часть 2
2.2.49	Металлургия благородных металлов
2.2.50	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов
2.2.51	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ
2.2.52	Модельное производство
2.2.53	Огнеупоры металлургического производства
2.2.54	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела
2.2.55	Пористые порошковые материалы. Порошковые материалы для узлов трения. Порошковые алмазосодержащие материалы.
2.2.56	Производство отливок из стали и чугуна
2.2.57	Производство тяжелых цветных металлов
2.2.58	Производство ферросплавов
2.2.59	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.60	Технологические линии и комплексы ОМД
2.2.61	Физико-механические свойства металлов
2.2.62	Химия окружающей среды
2.2.63	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.64	Защитные покрытия на металлопродукции
2.2.65	Информационные технологии в деформационной обработке металлов
2.2.66	Комплексное использование сырья и техногенных материалов
2.2.67	Конструкционные порошковые материалы общемашиностроительного и специального назначения
2.2.68	Материаловедение и термообработка металлов и сплавов
2.2.69	Материаловедение неметаллических материалов
2.2.70	Методы исследования технологических процессов и оборудования
2.2.71	Методы оценки качества и исследования металлургических свойств техногенного сырья и вторичных ресурсов
2.2.72	Моделирование процессов и объектов в металлургии
2.2.73	Наилучшие доступные технологии в металлургии
2.2.74	Оборудование литейных цехов
2.2.75	Основы аддитивных технологий
2.2.76	Основы процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза
2.2.77	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов
2.2.78	Производство благородных металлов
2.2.79	Производство легких металлов
2.2.80	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.2.81	Производство редких металлов
2.2.82	Производство слитков из сплавов цветных металлов
2.2.83	Современные методы исследования металлических материалов
2.2.84	Современные процессы в металлургии и материаловедении и методы их исследования
2.2.85	Специальные способы литья
2.2.86	Теория металлургических процессов
2.2.87	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем
2.2.88	Технологии защиты оборудования и металлопродукции от коррозии
2.2.89	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.2.90	Технология композиционных материалов
2.2.91	Экология металлургического производства

2.2.92	Автоматизация машин и агрегатов ОМД
2.2.93	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов
2.2.94	Дизайн литого изделия
2.2.95	Инновационные технологии и оборудование ферросплавного производства
2.2.96	Компьютерное проектирование и инжиниринг
2.2.97	Материаловедческие основы производства твердых сплавов
2.2.98	Методы аттестации наноструктурированных поверхностей
2.2.99	Моделирование технологических процессов
2.2.100	Мониторинг работы металлургического предприятия
2.2.101	Основы теории сварки и пайки литых изделий
2.2.102	Особенности получения высокоточных отливок
2.2.103	Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей
2.2.104	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы
2.2.105	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.2.106	Производство прямовосстановленного железа
2.2.107	Промышленная экология и технологии декарбонизации
2.2.108	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.109	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов
2.2.110	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов
2.2.111	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.2.112	СВС-технологии получения неорганических материалов
2.2.113	Современные производственные технологии
2.2.114	Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы
2.2.115	Технологии Big Data
2.2.116	Технология индустриальных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.2.117	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.118	Экодизайн и зеленые технологии
2.2.119	Экология литейного производства
2.2.120	Автоматизация процессов экстракции
2.2.121	Аддитивные технологии в литейном производстве
2.2.122	Анализ данных и аналитика в принятии решений
2.2.123	Аффинаж благородных металлов
2.2.124	Дефекты в отливках, способы выявления и устранения
2.2.125	Защита интеллектуальной собственности и патентование
2.2.126	Инженерия биоповерхностей
2.2.127	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов
2.2.128	Конструирование и моделирование металлических материалов
2.2.129	Материалы на основе углерода
2.2.130	Металловедение, часть 3
2.2.131	Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов
2.2.132	Методы и инструменты бережливого производства
2.2.133	Моделирование литейных процессов
2.2.134	Обеспечение единства измерений трибологических и механических свойств
2.2.135	Оборудование и технологии специальной электрометаллургии
2.2.136	Обращение со шлаками и шламами
2.2.137	Планирование эксперимента
2.2.138	Разработка и реализация предпринимательских проектов
2.2.139	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния
2.2.140	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов
2.2.141	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства свинца, цинка и сопутствующих элементов
2.2.142	Совмещенные процессы деформационно-термической обработки
2.2.143	Современные методы металлургии и машиностроения
2.2.144	Современные технологические решения в деформационной обработке металлов и сплавов

2.2.145	Термодинамические расчеты многокомпонентных диаграмм состояния
2.2.146	Техногенное сырье и вторичные ресурсы
2.2.147	Технологические основы аддитивного производства и специальной электрометаллургии
2.2.148	Технология производства твердых сплавов
2.2.149	Экологическая экспертиза
2.2.150	Научно-исследовательская работа
2.2.151	Научно-исследовательская работа
2.2.152	Научно-исследовательская работа
2.2.153	Научно-исследовательская работа
2.2.154	Научно-исследовательская работа
2.2.155	Научно-исследовательская работа
2.2.156	Научно-исследовательская работа
2.2.157	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.158	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.159	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.160	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.161	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.162	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.163	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.164	Комплексное использование сырья и отходов глиноземной промышленности

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

#### **ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов**

##### **Знать:**

ПК-2-32 Основные формулы и методики расчетов

ПК-2-31 Основные понятия, принципы и технологии в металлургии

ПК-2-33 Основные закономерности технологических процессов

ПК-2-35 Основные закономерности химических и физико-химических процессов, процессов массопереноса

ПК-2-34 Основные закономерности процессов генерации и переноса теплоты, движения жидкости и газов

#### **ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов**

##### **Знать:**

ПК-1-31 Теорию подобия и моделирования металлургических процессов

ПК-1-32 Методы математического и физического моделирования

ПК-1-34 Законы и понятия физической химии для анализа металлургических процессов

ПК-1-35 Природу фазовых равновесий в металлургических системах

ПК-1-33 Природу химических реакций, используемых в металлургических производствах

#### **ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов**

##### **Уметь:**

ПК-2-У5 Анализировать технологические процессы для определения влияния технологических параметров на качество получаемых изделий

ПК-2-У2 Анализировать результаты и формулировать выводы и рекомендации

ПК-2-У3 Проводить анализ эффективности технологии и оборудования металлургических цехов

ПК-2-У1 Обосновывать выбор метода анализа

ПК-2-У4 Рассчитывать и анализировать химические и физико-химические процессы, процессы массопереноса, происходящие в технологических процессах плавки и литья черных и цветных металлов

<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У4 Определять режимы технологических операций для целенаправленного изменения структуры и свойств металлических материалов
ПК-1-У3 Моделировать и исследовать на физических моделях процессы, протекающие в металлургических печах и агрегатах
ПК-1-У2 Осуществлять корректное математическое описание физических и химических явлений технологических процессов
ПК-1-У1 Строить и анализировать математические модели тепломассопереноса
<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Методами логического, творческого и системного мышления и анализа при решении профессиональных задач
ПК-2-В2 Навыками логического мышления
ПК-2-В3 Методами контроля качества металлических изделий
<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В2 Методами анализа и обработки экспериментальных данных, систематизации научно-технической информации
ПК-1-В3 Методами воздействия на структуру металлических материалов
ПК-1-В1 Методами математического моделирования в металлургических процессах, физическими методами моделирования в металлургии

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Свойства металлов и сплавов</b>							
1.1	Свойства металлов и элементов, определяющие условия приготовления сплавов /Лек/	5	2	ПК-1-31	Л1.2 Л1.3Л2.1			
1.2	Понятие о сплавах. Диаграммы состояния. /Лек/	5	4	ПК-1-32	Л1.2Л2.1			
1.3	Температура плавления металлов и сплавов. Теплофизические свойства /Пр/	5	1	ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1			
1.4	Испарение металлов. Давление пара /Пр/	5	2	ПК-1-33	Л1.2Л2.1			
1.5	Электрические и тепловые свойства /Пр/	5	1	ПК-1-34	Л1.3Л2.1			
1.6	Диффузионный массоперенос /Пр/	5	2	ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1		КМ1	
1.7	Проработка лекционного материала /Ср/	5	5	ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
1.8	Самостоятельное изучение литературы /Ср/	5	5	ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.4Л2.1 Э1			
1.9	Самостоятельное изучение рекомендованных открытых источников /Ср/	5	5	ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.4Л2.1 Э2			
	<b>Раздел 2. Плавка металлов и сплавов</b>							

2.1	Печи для выплавки черных и цветных металлов и сплавов. Типы агрегатов, источники нагрева. Особенности получения расплавов в разных плавильных агрегатах. /Лек/	5	2	ПК-1-34 ПК-1-35	Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.2	Огнеупорные материалы, их природа и свойства. /Лек/	5	2	ПК-1-34	Л1.2Л2.1			
2.3	Принципы расплавления металлов и сплавов и приготовления сплавов. /Лек/	5	2	ПК-1-35	Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.4	Взаимодействие жидкого металла с огнеупорной футеровкой и печными газами. Угар легирующих компонентов сплава. /Лек/	5	2	ПК-2-31	Л1.3Л2.1			
2.5	Принципы рафинирования от неметаллических включений и растворенных газов и модифицирования сплавов. Шлаки и флюсы. /Лек/	5	2	ПК-1-33 ПК-1-34	Л1.2Л2.1			
2.6	Особенности выплавки тугоплавких и химически активных сплавов. /Лек/	5	2	ПК-2-32	Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.7	Приготовление сплавов в печи сопротивления и индукционной печи /Лаб/	5	6	ПК-2-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1			Р1
2.8	Влияние скорости охлаждения сплава при его кристаллизации на размер дендритной ячейки /Лаб/	5	6	ПК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1			Р2
2.9	Тепло- и массоперенос в расплавах. Испарение металлов /Пр/	5	2	ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1			
2.10	Загрязнение расплавов. Угар /Пр/	5	2	ПК-1-В2	Л1.2Л2.1			
2.11	Плавка металлов и сплавов под защитой флюсов. Плавка в вакууме и инертных атмосферах /Пр/	5	2	ПК-2-У4 ПК-2-У5	Л1.3Л2.1			
2.12	Рафинирование и модифицирование металлических расплавов /Пр/	5	2	ПК-1-33 ПК-1-35	Л1.4Л2.1			
2.13	Расчет шихты /Пр/	5	2	ПК-2-32	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1		КМ2	
2.14	Проработка лекционного материала /Ср/	5	6	ПК-1-В3	Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
2.15	Самостоятельное изучение литературы /Ср/	5	6	ПК-2-В2	Л1.4Л2.1 Э1			
2.16	Самостоятельное изучение рекомендованных открытых источников /Ср/	5	6	ПК-1-У2	Л1.1 Л1.3Л2.1 Э2			
2.17	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	5	5	ПК-1-У3	Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
	<b>Раздел 3. Заполнение литейной формы расплавом</b>							



3.1	Взаимодействие металла с материалом формы и моделей. Особенности литья в ПГС, ХТС, ГТС, оболочковые формы, по газифицируемым моделям /Лек/	5	2	ПК-2-31	Л1.2 Л1.3Л2.1			
3.2	Особенности литья в постоянные формы /Лек/	5	2	ПК-2-32	Л1.2Л2.1			
3.3	Понятие о литниково-питающей системе. Типы литниковых систем. Законы гидравлики для литниковых систем. /Лек/	5	2	ПК-2-33	Л1.3Л2.1			
3.4	Основы расчета литниковых систем для отливок, заполняемых гравитационным литьем /Лек/	5	2	ПК-2-34	Л1.2 Л1.3Л2.1			
3.5	Основы расчета прибылей и холодильников для отливок, заполняемых гравитационным литьем /Лек/	5	2	ПК-2-35	Л1.2Л2.1			
3.6	Специальные способы литья. Особенности литниково-питающих систем. /Лек/	5	2	ПК-2-31	Л1.2 Л1.3Л2.1			
3.7	Влияние температуры перегрева и состава сплава на жидкотекучесть. /Лаб/	5	8	ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.8	Течение расплава. Заполнение литейной формы /Пр/	5	1	ПК-2-У3	Л1.2 Л1.4Л2.1			
3.9	Литниковые системы. Основы расчета /Пр/	5	2	ПК-1-У2	Л1.2 Л1.3Л2.1			
3.10	Взаимодействие расплава с формой /Пр/	5	1	ПК-2-32 ПК-2-33	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1			КМ3
3.11	Проработка лекционного материала /Ср/	5	5	ПК-1-У3 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
3.12	Самостоятельное изучение литературы /Ср/	5	5	ПК-2-У3 ПК-2-У4	Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1			
3.13	Самостоятельное изучение рекомендованных открытых источников /Ср/	5	5	ПК-1-У4 ПК-1-В1	Л1.2Л2.1 Э2			
3.14	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	5	5	ПК-1-У4	Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
	<b>Раздел 4. Кристаллизация сплавов</b>							
4.1	Равновесная кристаллизация сплавов твердых растворов /Лек/	5	2	ПК-2-31	Л1.2 Л1.3Л2.1			
4.2	Равновесная кристаллизация сплавов эвтектических и перитектических систем /Лек/	5	6	ПК-2-32	Л1.2Л2.1			
4.3	Модели неравновесной кристаллизации сплавов. /Лек/	5	2	ПК-2-33	Л1.3Л2.1			

4.4	Неравновесная кристаллизация сплавов твердых растворов /Лек/	5	2	ПК-2-34	Л1.2 Л1.3Л2.1			
4.5	Неравновесная кристаллизация сплавов эвтектических и перитектических систем /Лек/	5	2	ПК-2-35	Л1.2Л2.1			
4.6	Диффузионное переохлаждение. Дендритная кристаллизация /Лек/	5	4	ПК-2-34	Л1.3Л2.1			
4.7	Эвтектики строение, виды. Использование эвтектических сплавов в литейном производстве. /Лек/	5	2	ПК-2-35	Л1.2 Л1.3Л2.1			
4.8	Кристаллизация чистых металлов и сплавов /Пр/	5	1	ПК-2-У1	Л1.2 Л1.3Л2.1			
4.9	Кристаллизация сплавов. Равновесная и неравновесная кристаллизация /Пр/	5	2	ПК-2-У2	Л1.1Л2.1			
4.10	Диффузионное переохлаждение. Дендритная кристаллизация /Пр/	5	2	ПК-2-У3	Л1.1 Л1.4Л2.1			
4.11	Влияние скорости охлаждения на кристаллизацию /Пр/	5	2	ПК-2-У4	Л1.1 Л1.4Л2.1		КМ4	
4.12	Выполнение расчетно-графических работ /Ср/	5	5	ПК-2-В1	Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
4.13	Проработка лекционного материала /Ср/	5	5	ПК-2-У5	Л1.4Л2.1 Э1			
4.14	Самостоятельное изучение литературы /Ср/	5	5	ПК-2-В2	Л1.1 Л1.3Л2.1 Э2			
4.15	Самостоятельное изучение рекомендованных открытых источников /Ср/	5	5	ПК-2-В3	Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
	<b>Раздел 5. Затвердевание литых заготовок</b>							
5.1	Затвердевание отливок из сплавов, не имеющих температурного интервала кристаллизации, в песчаных и металлических литейных формах /Лек/	5	4	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.3Л2.1			
5.2	Затвердевание отливок из сплавов, обладающих температурным интервалом кристаллизации, в песчаных и металлических литейных формах /Лек/	5	2	ПК-1-32 ПК-2-32	Л1.2Л2.1			
5.3	Последовательное и объемное затвердевание. Двухфазная область в затвердевающей отливке /Лек/	5	4	ПК-1-33 ПК-2-33	Л1.3Л2.1			
5.4	Объемная усадка отливок /Лек/	5	2	ПК-1-34 ПК-2-34	Л1.2 Л1.3Л2.1			
5.5	Прибыли на отливках /Лек/	5	2	ПК-1-35 ПК-2-35	Л1.2Л2.1			

5.6	Структура отливок. Ликвация, напряжения, трещины в отливках /Лек/	5	2	ПК-1-31 ПК-2-35	Л1.3Л2.1			
5.7	Литейные свойства сплавов /Лек/	5	2	ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.2 Л1.3Л2.1			
5.8	Определение величины свободной и затруднённой линейной усадки сплавов /Лаб/	5	6	ПК-1-У4 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			Р4
5.9	Определение склонности сплавов к образованию трещин при затруднённой усадке /Лаб/	5	8	ПК-1-У3 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1			Р5
5.10	Ликвация в отливках. Газы в отливках /Пр/	5	1	ПК-2-32 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1			
5.11	Объемная усадка отливок. Напряжения и трещины в отливках. Коробление отливок /Пр/	5	2	ПК-1-У1	Л1.3Л2.1			
5.12	Особенности затвердевания отливок из узко- и широко интервальных сплавов /Пр/	5	2	ПК-1-У2	Л1.4Л2.1			
5.13	Питание и направленное затвердевание отливок. Прибыли и холодильники /Пр/	5	2	ПК-1-В2 ПК-2-У4	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1			КМ5
5.14	Проработка лекционного материала /Ср/	5	5	ПК-2-У1	Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
5.15	Самостоятельное изучение литературы /Ср/	5	5	ПК-2-В2	Л1.3Л2.1 Э1			
5.16	Самостоятельное изучение рекомендованных открытых источников /Ср/	5	5	ПК-2-В3	Л1.2Л2.1 Э2			
5.17	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	5	5	ПК-2-В1 ПК-2-В3	Л1.4Л2.1 Э1 Э2			

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа №1		Свойства металлов и сплавов Температура плавления. Плотность. Теплофизические свойства. Давление пара. Электрическое сопротивление. Диффузионный массоперенос. Вязкость. Поверхностная энергия. О строении металлических расплавов.
КМ2	Контрольная работа №2		Плавка металлов и сплавов Тепло- и массоперенос в расплавах. Испарение и кипение расплавов. Загрязнение расплавов и потери металлов при плавке. Плавка металлов под защитными покровами, в инертной и защитной атмосфере и в вакууме. Рафинирование металлических расплавов. Раскисление и модифицирование расплавов. Общая последовательность операций при плавке. Расчет шихты.

КМ3	Контрольная работа №3	ПК-2-31	Заполнение литейной формы расплавом Неподвижный расплав. Течение расплава. Сужающиеся и расширяющиеся литниковые системы. Основы расчета литниковых систем. О подсосе воздуха в литниковых системах. Взаимодействие расплава с материалами литейной формы.
КМ4	Контрольная работа №4	ПК-2-32;ПК-2-33	Кристаллизация сплавов Кристаллизация чистых металлов. Влияние и поведение нерастворимых примесей. Кристаллизация сплавов твердых растворов. Диффузионное переохлаждение. Дендритная кристаллизация. Кристаллизация эвтектических сплавов. Кристаллизация при очень больших скоростях охлаждения.
КМ5	Контрольная работа №5	ПК-2-34;ПК-2-35	Затвердевание литых заготовок Затвердевание отливок и сплавов, не имеющих температурного интервала кристаллизации Затвердевание отливок и сплавов, обладающих температурным интервалом кристаллизации. Эмпирические закономерности процесса затвердевания отливок. Основы аналитического расчета затвердевания отливок Основы расчета затвердевания отливок численными методами Объемная усадка отливок Питание и направленное затвердевание отливок. Прибыли на отливках и основы их расчета Структура отливок. Модифицирование структуры. Ликвация в отливках. Газы в отливках Линейная усадка сплавов и отливок Напряжения в отливках. Коробление и разрушение отливок

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа №1		Приготовление сплавов в печи сопротивления и индукционной печи
P2	Лабораторная работа №2		Влияние скорости охлаждения сплава при его кристаллизации на размер дендритной ячейки
P3	Лабораторная работа №3	ПК-2-У1;ПК-2-У2	Влияние температуры перегрева и состава сплава на жидкотекучесть
P4	Лабораторная работа №4	ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-В1	Определение величины свободной и затрудненной линейной усадки сплавов
P5	Лабораторная работа №5	ПК-2-У5;ПК-2-В2;ПК-2-В3	Определение склонности сплавов к образованию трещин при затрудненной усадке

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

<p>Экзаменационный билет состоит из 3-х теоретических вопросов из следующего списка вопросов:</p> <p>ПК-1-31 Теорию подобия и моделирования металлургических процессов Какие газы могут растворяться в жидком сплаве железо + 30% никеля? Каково назначение выпоров в литейных формах? Существуют ли сплавы, у которых коэффициенты распределения компонентов равны 1? Известные Вам литейные свойства сплавов и способы их определения. Какова плотность сплава Ti + 50% масс. Sn ? Плотность титана 4,5 г/см<sup>3</sup>, плотность олова 7,3 г/см<sup>3</sup>. Какие металлы (указать не менее трёх) обладают температурой плавления в пределах 1000 -1500оС? В каких жидких металлах растворяется гелий? Что такое «зональная ликвация» в отливках? Каков состав (в % масс.) сплава, соответствующего формуле CuZn? (мольные массы Cu и Zn примерно одинаковы). ПК-1-32 Методы математического и физического моделирования Сколько кг алюминия можно расплавить в тигле, если он вмещает 20 кг жидкой меди? Какой газ может содержаться в порах, возникших при кристаллизации магниевых сплавов? Каковы виды потерь при плавке металлов и сплавов? Какие условия необходимы для действительно равновесной кристаллизации сплавов? Какие легирующие компоненты из перечисленных (Al, Cr, Mn, Ti, Mo ,W) будут увеличивать плотность никелевых сплавов? Какой вид энергии необходим для плавки Mo, Cr, Ti?</p>
--

Каково содержание никеля в центре дендритных ячеек литого сплава медь + 10% никеля, если коэффициент распределения никеля в меди равен 2?

Какая температура держится в жидкой сердцевине затвердевающей отливки?

Какие легирующие компоненты титановых сплавов (Cr, Mn, Mo, W) будут активно испаряться при вакуумной плавке этих сплавов?

ПК-1-33 Природу химических реакций, используемых в металлургических производствах

Какие сплавы нельзя готовить на фугеровке, содержащей кремнезём (SiO<sub>2</sub>)?

Чем обычно раскисляют при плавке медь и её сплавы?

Каково влияние нерастворимых в расплаве частиц на процесс кристаллизации, свойства и структуру металла?

Какие причины вызывают возникновение газовой пористости в отливках?

Литниковая система, её устройство, назначение?

Какие сплавы, находясь в жидком состоянии в атмосфере сернистого газа, будут одновременно насыщаться растворёнными серой и кислородом?

Какова цель перемешивания расплава при плавке?

Что означает марка тигля «М100»?

Что такое коэффициент распределения?

ПК-1-34 Законы и понятия физической химии для анализа металлургических процессов

Каково содержание кремния в %% масс. в сплаве, соответствующем по составу формуле Mg<sub>2</sub>Si (молярные массы Si и Mg равны 28г и 24г соответственно)?

Какова плотность расплава при разливке, если плотность сплава при 200С принять за 1(указать приблизительно)?

Какие металлы обладают плотностью большей, чем у Fe?

Как плавят молибден и его сплавы (температура, среда, материалы плавильной ёмкости, вид энергии)?

Какие сплавы на основе меди при переплавке на воздухе будут насыщаться растворённым кислородом?

Какие условия способствуют появлению в макроструктуре отливки зоны столбчатых кристаллов?

Какие газы могут растворяться в жидком чугуна (железо +3% углерода + 2% кремния + 1% марганца)?

Почему все материалы, загружаемые в плавильную печь, и плавильный инструмент должны быть сухими?

Что такое дендритная ячейка?

ПК-1-35 Природу фазовых равновесий в металлургических системах

Что такое двухфазная область в затвердевающей отливке?

Какие металлы при введении их в жидкий алюминий будут плавать на поверхности расплава?

Какие газы выделяются из жидкой нераскисленной углеродистой стали при кристаллизации расплава?

Нужно ли раскислять жидкий чугун перед разливкой?

Что показывает неравновесный солидус?

Каково содержание никеля в центре дендритных ячеек в сплаве Fe + 10% Ni, если коэффициент распределения никеля в железе равен 0,95?

Какой газ может содержаться в порах, образовавшихся при кристаллизации чугуна (железо + 4% углерода + 1,5% кремния + 1% марганца)?

Что такое жидкотекучесть сплавов, как её определяют?

Каков состав сплава (%% масс.), соответствующий формуле Al<sub>2</sub>CuMg? Молярные массы алюминия, меди, магния равны соответственно (г) 27, 64, 24.

ПК-2-31 Основные понятия, принципы и технологии в металлургии

Может ли содержаться кислород в порах, возникших при кристаллизации чугуна?

Какова цель использования шлаков и флюсов при плавке металлов?

Как обеспечить направленное затвердевание отливок?

Каков состав последних капель жидкости при равновесной кристаллизации сплава алюминия с 7% цинка, если коэффициент распределения цинка равен 0,5?

Каков обычный общий вид макроструктуры отливок?

Какие металлы и элементы кристаллизуются с увеличением объема?

Какие газы могут содержаться в порах, возникших в отливках из оловянных бронз?

Какие металлы при плавке никогда не раскисляют (назвать не менее 4)?

Как изменится массовая доля эвтектической составляющей в структуре сплава после кристаллизации с повышенной скоростью охлаждения по сравнению с определённой по равновесной диаграмме состояния?

ПК-2-32 Основные формулы и методики расчетов

Какова плотность золота 583-й пробы (плотность чистой меди 8,96 г/см<sup>3</sup>, чистого золота 19,3 г/см<sup>3</sup>)?

Имеет ли какое-либо значение температурный интервал кристаллизации сплава для качества получаемой отливки?

Какова величина изменения («+» увеличение, «-» уменьшение) удельного объёма при плавлении алюминия, висмута, железа, кремния, меди, никеля?

Какие оксиды составляют основу огнеупорных материалов, способных выдерживать воздействие металлических расплавов?

Какова величина коэффициента распределения меди в сплаве Al+10% Cu, если первые появляющиеся кристаллы содержат 1,8% Cu?

Каков механизм образования в отливках «горячих» (кристаллизационных) трещин?

По какому свойству близки Cr, Zr, V?

Что такое неравновесный солидус?

Как называются сплавы на основе меди (назвать две группы сплавов)?

ПК-2-33 Основные закономерности технологических процессов

В каком состоянии находятся газы, растворённые в металлах?

В чём выражается коренное различие в поведении при плавке алюминия и магния?

Какова величина коэффициента распределения углерода в сплавах железа с 2-4% этого элемента, если растворимость углерода в железе при эвтектической температуре равна 2,15%С, эвтектика содержит 4,3%С ?  
 Что такое прибыль на отливке? Каково её назначение?  
 Какие металлы, находясь в жидком состоянии, способны растворять азот?  
 В какой период плавки производится операция модифицирования расплава?  
 Что можно сказать о характере кристаллизации сплава, если в его микроструктуре обнаружены дендриты?  
 Как соотносятся линейная усадка сплавов и линейная усадка отливок?  
 Добавки какого металла будут закипать при введении в жидкую медь при 1100о С?  
 ПК-2-34 Основные закономерности процессов генерации и переноса теплоты, движения жидкости и газов  
 Назовите металлы, обладающие высоким давлением пара (более 10 Па) при своей температуре плавления.  
 Какие оксиды составляют основу огнеупорных материалов, способных выдерживать воздействие металлических расплавов?  
 Что такое лигатура, каково назначение лигатур?  
 Как удалить дендритную ликвацию?  
 Какова приведённая толщина отливок: куба с ребром 10 см; цилиндра высотой 25 см, радиусом 5 см; плиты с размерами 10×40×100 см<sup>3</sup>?  
 Какие металлы можно расплавить в печи, имеющей температуру 800оС (указать не менее пяти)?  
 Какие металлы можно плавить графитовых тиглях без опасности загрязнения расплава углеродом?  
 Необходим ли процесс раскисления при плавке цинковых, магниевых и алюминиевых сплавов?  
 Что можно сказать о коэффициентах распределения вольфрама в сплавах Fe+10%W и Fe+20%W , если на диаграмме состояния железо-вольфрам в области твёрдых растворов имеется температурный минимум на линиях ликвидуса и солидуса при 15% W?  
 ПК-2-35 Основные закономерности химических и физико-химических процессов, процессов массопереноса  
 Как получить аморфный металл?  
 Какой металл в сплаве Fe+20%Ni+5%Al обладает наибольшей плотностью?  
 Атомные массы кислорода и аргона равны соответственно 16 г и 40 г. Какова мольная масса этих элементов в газообразном состоянии?  
 Что такое «настыль», «козёл»?  
 Как изменяется температурный интервал кристаллизации сплава твёрдого раствора в условиях неравновесной кристаллизации?  
 Как выражается «прямая» и «обратная» зональная ликвация в отливках (показать на примерах отливок из углеродистой стали с 0,3%С и из сплава Al+5%Cu)?  
 Какие оксиды входят в состав огнеупорных материалов? Указать не менее пяти.  
 Какие металлы и сплавы можно плавить в стальных и чугунных тиглях?  
 Чем объясняется «кипение» расплава, залитого в литейную форму?

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

Предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;  
 б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;  
 в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;  
 г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы;

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Базлова Татьяна Алексеевна, Лактионов Сергей Владимирович	Металлургические технологии. Литейное производство: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Metallurgy	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л1.2	Пикунов М. В.	Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок: учеб. пособие для студ. вузов спец. 150104 (110400) 'Литейное пр -во черных и цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Пикунов Михаил Владимирович, Базлова Татьяна Алексеевна, Матвеев С. В.	Теоретические основы литейных процессов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Metallургия	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л1.4	Пикунов Михаил Владимирович, Пилецкая Елена Георгиевна, Балашова Наталья Павловна	Теория литейных процессов. Ч. 1: Свойства металлов и сплавов. Приготовление растворов. Заливка литейных форм: сб. задач	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Флемингс М., Жуков А. А., Рабинович Б. В.	Процессы затвердевания: монография	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1977

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

Э1	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams

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

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
А-107	Лаборатория	верстаки формовочные-бшт, бегуны для приготовления формовочной смеси, бункер хранения формовочной смеси, печи сопротивления, печь индукционная РЕЛТЕК, верстак слесарный, стеллаж хранения моделей и стержневых ящиков, стеллаж с опоками, кладовая хранения шихтовых материалов
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

--