

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
2022 г.

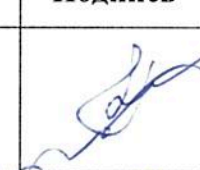
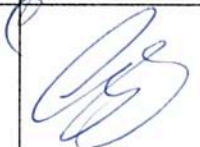
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Литейное производство

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры <i>Литейное производство</i>	Код ПА 2.6.3.
Группа специальностей <i>Химические технологии, науки о материалах, металлургия</i>	Код 2.6.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» от 31.03.2022 №315/03

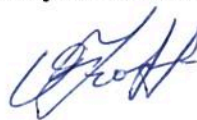
Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Брусницын Сергей Викторович	Д.т.н., ст. науч. сотр	Профессор	Кафедра литейного производства и упрочняющих технологий	
2	Сулицин Андрей Владимирович	Д.т.н., доцент	Заведующий кафедрой	Кафедра литейного производства и упрочняющих технологий	

Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

Председатель учебно-методического совета
Протокол № 20220526-01 от 26.05.2022 г.



[О.Ю. Корниенко]

Согласовано:

Начальник ОПНПК



[Е.А. Бутрина]

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Литейное производство» относится к базовой части программы аспирантуры.

Цель дисциплины: формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний, умений и навыков в области литейного производства, ориентированного на отрасли металлургии и машиностроения.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующих задач:

- сформировать у аспирантов представление об основных проблемах литейного производства по получению качественных отливок;
- определить четкие представления о взаимосвязи качества отливок с технологическими процессами получения, применяемыми материалами и технологическим оборудованием;
- сформировать умение научного обоснования области применения того или иного технологического процесса для конкретной номенклатуры отливок, конкретного сплава;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при решении конкретной научно-технической задачи при выполнении диссертационной работы.

1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- состав, структуру и основные свойства литейных сплавов и материалов, применяемых в литейном производстве;
- методы исследования процессов литейного производства;
- физико-химические основы технологических процессов литейного производства;
- основные закономерности процессов, происходящих в расплавах, отливках и литейных формах;
- технологии производства литых заготовок и фасонных отливок.

Уметь:

- использовать методы исследования процессов и материалов литейного производства;
- пользоваться физико-химическими основами и основными закономерностями процессов при разработке технологий литейного производства;
- разрабатывать энерго-, ресурсосберегающие и экологически чистые технологии получения литых заготовок и фасонных отливок.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- современными методами исследования процессов и материалов литейного производства;
- энерго-, ресурсосберегающими и экологически чистыми литейными технологиями;
- методами управления процессами формирования заданных структуры и свойств литых заготовок и фасонных отливок;
- навыками работы с научной литературой с целью определения направления исследования и решения специализированных задач.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины в 6 семестре (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1	104

4.	Промежуточная аттестация	104	1	Экзамен
5.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6	108
6.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Общая характеристика литейного производства	Литейное производство как наука о процессах получения металлических расплавов и отливок. Литейное производство - основная заготовительная база современного машиностроения. Роль отечественных ученых в развитии теории и технологии литейного производства. Технико-экономические показатели производства литых изделий. Современное состояние и основные тенденции развития литейного производства в России и зарубежных странах.
P2	Теоретические основы литейного производства	Свойства металлов и сплавов в твёрдом и жидком состоянии, определяющие условия плавки (плотность, температура плавления, давление пара, вязкость и др.) Структура металлических расплавов. Термодинамические особенности процессов плавления. Металлохимические свойства элементов. Основные термодинамические константы. Термодинамические функции в расчетах металлургических процессов. Кинетика гетерогенных металлургических реакций. Взаимодействие металлов и сплавов с газами. Газонасыщение и газовыделение. Влияние температуры и давления. Системы металл-водород, металл-кислород, металл-водяной пар. Азот в жидком железе. Взаимодействие металлических расплавов с футеровкой плавильных и раздаточных печей, с материалами плавильных тиглей. Защита металлических расплавов от взаимодействия с воздушной средой. Плавка в защитной или инертной атмосфере, вакуумная плавка. Применение шлаков, флюсов, защитных покровов. Взаимодействие металлических и шлаковых расплавов. Основы теории шлаковых расплавов. Свойства жидких шлаков. Диссоциация. Свойства конденсированных фаз. Температурная функция прочности соединений. Особенности диссоциации окислов. Прочность окислов. Углерод, кремний, марганец, сера и фосфор в жидком железе. Тепловые и физико-химические основы плавки чугуна в различных плавильных агрегатах. Пути и методы интенсификации процесса плавки чугуна. Рафинирование расплавов от растворенных примесей и газов. Способы дегазации и раскисления. Фильтрация расплавов. Модифицирование 1 и 2 рода. Термовременная обработка расплава. Экологические проблемы при плавке и обработке расплава в жидком состоянии и заливке. Понятие о качестве отливки. Основные закономерности формирования свойств отливки. Теплообмен между отливкой и формой. Тепловые свойства литейных сплавов и материала форм и стержней. Математические модели теплового взаимодействия отливки и формы. Расчет затвердевания и охлаждения литейных сплавов в форме. Влияние конфигурации отливок и технологических факторов литья на кинетику затвердевания и охлаждения отливок. Управление тепловыми процессами. Моделирование тепловых процессов на ЭВМ с целью отработки технологии. Гидравлические процессы при заполнении формы. Основные законы гидравлики. Металлические расплавы как жидкости. Способы заполнения литейных форм Назначение литниковых систем, их конструкции, процессы, происходящие в литниковых системах. Типы литниковых

		<p>систем. Проектирование и расчет литниковых систем. Управление процессом заполнения форм. Жидкотекучесть сплавов, влияние металлургических и технологических факторов на жидкотекучесть литейных сплавов и качество отливок. Физико-химические процессы на границе отливки с формой. Газовый режим формы. Окисление поверхности отливки в газовой атмосфере формы. Карбидобразование в поверхностном слое стальных отливок. Взаимодействие окислов на поверхности отливки с материалом формы. Возникновение различных видов пригара. Способы повышения качества поверхности отливок. Поверхностное легирование. Кристаллизационные процессы. Термодинамика зарождения и роста центров кристаллизации. Равновесная и неравновесная кристаллизация сплавов, ее причины и последствия. Влияние скорости охлаждения на процесс кристаллизации. Ликвация, неметаллические включения, газы и газовые дефекты в отливках. Влияние состава, технологических и конструктивных факторов на развитие ликвационных процессов. Основные методы ограничения развития ликвационных процессов. Влияние металлургических и технологических факторов на характер литой макро- и микроструктуры отливок. Управление кристаллизационными процессами. Способы уменьшения и устранения дефектов в отливках. Усадочные процессы. Физическая природа усадки. Усадочная пористость. Влияние технологических факторов и состава сплавов на формирование усадочных раковин. Прибыли и их классификация. Основы расчета прибылей. Регулирование работы прибылей и организация питания отливок. Трехмерное моделирование процессов затвердевания для оценки правильности разработанной технологии изготовления отливки. Усадочные деформации отливок. Горячие и холодные трещины. Теоретические основы процесса образования трещин, влияние состава, технологических и конструктивных факторов на процесс формирования трещин. Способы предохранения отливок от трещин. Остаточные напряжения в отливках. Причины возникновения остаточных напряжений. Методы исследования и количественной оценки остаточных напряжений. Технологические средства снижения уровня остаточных напряжений в отливках. Релаксация напряжений. Способы предохранения отливок от коробления. Режимы термической обработки для снижения напряжений.</p>
РЗ	Технологические основы литейного производства	<p>Требования, предъявляемые к формовочным материалам. Физико-химические, механические и технологические свойства формовочных и стержневых смесей. Методы определения. Кварцевые формовочные пески, их минералогический состав. Классификация формовочных песков по содержанию глины, примесям и зерновому составу. Методы испытания. Формовочные глины, минералогический состав и их строение. Классификация глин и методы испытания. Выбор глин в зависимости от назначения смеси. Факторы, определяющие связующую способность глин. Связующие материалы. Требования, предъявляемые к ним. Классификация связующих материалов. Органические и неорганические связующие. Синтетические смолы. Выбор связующих материалов и методы испытаний их свойств. Противопригарные и другие вспомогательные материалы. Противопригарные добавки в смесь, краски и натирки. Свойства и составы этих материалов. Классификация формовочных и стержневых смесей. Формовочные смеси для сырых и упрочнённых форм. Формовочные и стержневые смеси с тепловым и химическим упрочнением. Технологические свойства смесей. Критерии выбора смесей при разработке технологии. Физико-химические и технологические особенности упрочнения смесей с неорганическими и органическими связующими. Теоретические основы процессов холодного отверждения смесей с синтетическими смолами. Теория формирования прочности смесей с синтетическими смолами. Технологические процессы: SO₂ Cold-Gox-amini-Beteset-, Redset-, Alhaset-, Carbophen- Per-set- про-</p>

цессы. Теория формирования прочности смесей с жидким стеклом. Физико-химические процессы при отверждении смесей с цементами и фосфатами. Пластичные и жидкие ХТС с жидким стеклом. Физико-химические принципы получения жидких самотвердеющих смесей ЖСС. Методы испытаний свойств ХТС и ЖСС. Виды ЖСС и области их использования. Реологические свойства ЖСС и ХТС. Смесей для изготовления форм с тепловой сушкой и поверхностной подсушкой. Технология приготовления формовочных и стержневых смесей. Регенерация формовочных и стержневых смесей и её разновидности: гидравлическая, механическая, термическая, термомеханическая, пневматическая и др. Требования к модельно-литейной оснастке. Ее элементы, конструкция и назначение. Модели, стержневые ящики, подмодельные плиты, стержневые плиты, драйера, опоки. Классификация модельных комплектов. Выбор материалов для их изготовления. Разработка технологического процесса изготовления отливок. Определение линии разъема формы, количества стержней. Припуски на усадку и механическую обработку, литейные уклоны. Конструкции деревянных модельных комплектов. Классы точности и прочности. Выбор древесных пород для изготовления модельных комплектов. Предварительная обработка древесины. Инструмент и оборудование, используемое для изготовления модельных комплектов. Типы модельных заготовок, способы их соединения. Отделка моделей и стержневых ящиков. Унификация модельных заготовок и нормализация однотипных моделей и стержневых ящиков. Металлические и полимерные модельные комплекты. Влияние способа изготовления, числа съёмов формы и стержней на конструкцию и материал моделей и стержневых ящиков. Технология изготовления металлических модельных комплектов. Типы заготовок. Способы обработки. Классификация способов изготовления литейных форм основные приемы ручной формовки. Формовка в почве, кессонах и жакетах. Формовка в парных-опоках по неразъемной и разъемной моделям. Формовка в нескольких опоках. Изготовление отливок в стержнях. Анализ операций технологического процесса изготовления форм с позиции их механизации и автоматизации. Машинная формовка. Способы уплотнения литейных форм: прессование верхнее, нижнее; встряхивание, уплотнение пескометом. Их сравнительный анализ. Способы удаления модели из формы. Влияние способа удаления на точность операции. Виды машинной формовки. Формовка в парных опоках, стопочная формовка, безопочная формовка с вертикальной плоскостью разъема. Импульсная и вакуумная формовка. Изготовление стержней. Классы сложности стержней, их влияние на выбор типа стержневой смеси и технологию изготовления стержня. Изготовление стержней пескодувным, пескоструйными методами по холодной и нагреваемой оснастке. Преимущества упрочнения стержней в оснастке. Изготовление стержней и форм с тепловой сушкой. Изготовление стержней из ЖСС и ПСС. Сборка и заливка литейных форм. Расчет усилий, действующих на форму при заливке её металлом. Литейные ковши. Возможности механизации и автоматизации операций сборки и заливки. Автоматические заливочные устройства. Дозирование металла. Определение времени охлаждения отливки в форме, в том числе по результатам моделирования на ЭВМ. Выбивка и очистка литья. Схемы выбивки опок. Удаление стержней из отливок, механические и гидравлические методы. Способы очистки поверхности удаления заливок. Возможности механизации автоматизации отдельных операций. Термическая обработка отливок. Классификация, характерные особенности и область применения специальных видов литья, их преимущества и недостатки. Кокильное литье. Области применения. Особенности формирования структуры и свойств отливок при литье в кокиль черных и цветных сплавов. Особенности подготовки форм при литье в кокиль. Подвод металла в питание отливок. Основные виды де-

		<p>фектов кокильного литья и методы их предотвращения. Литье в облицованные кокили. Литье под давлением. Область применения. Особенности формирования структуры и свойств отливок при литье под давлением. Машины с холодной и горячей камерой сжатия. Литье методом выжимания. Центробежное литье. Гидродинамические особенности центробежного литья. Давление металла в форме. Особенности процесса затвердевания отливки в поле центробежных сил. Особенности формирования моно- и биметаллических заготовок. Ликвационные явления при центробежном литье. Удаление неметаллических включений и газов. Усадочные явления. Макро- и микроструктура отливок. Явление полосчатости. Гравитационный коэффициент. Механические свойства металла центробежных заготовок. Особенности технологии получения крупных толстостенных и фасонных заготовок. Теплоизоляционные покрытия изложниц, методы их нанесения. Флюсы, применяемые при производстве центробежного литья, и их назначение. Непрерывное литье. Теоретические основы непрерывного литья. Его преимущества и недостатки. Электрошлаковое литье. Сущность метода электрошлакового литья. Литье по выплавляемым моделям. Области применения. Технологический процесс изготовления моделей и форм. Литниковые системы. Подготовка форм под заливку. Сплавы, применяемые для литья по выплавляемым моделям. Другие виды литья: литье по выжигаемым моделям, литье в оболочковые формы, литье в вакуумированные и магнитные формы. Литье выжиманием. Особенности каждого процесса.</p>
P4	Технология производства отливок	<p>Применение чугуна в машиностроении и других отраслях народного хозяйства. Характеристика чугуна как конструкционного, так и литейного материала. Номенклатура чугунов, используемых для изготовления отливок: серый чугун с пластинчатым графитом, ковкий чугун, высокопрочный чугун, легированные чугуны со специальными свойствами. Основные отличия эксплуатационных и литейных свойств этих групп чугунов. Области применения ГОСТы на отливки из чугуна. Особенности технологического процесса изготовления чугунных отливок. Связь механических свойств чугуна с химическим составом и скоростью охлаждения. Кристаллизация и структурообразование чугунов. Основы теории кристаллизации чугуна по стабильной и метастабильной системам. Современные представления о кристаллизации и формообразовании графита. Гипотезы и теоретические представления о возможной роли межфазной энергии, переохлаждения, адсорбционных и дислокационных явлений при формообразовании графита. Влияние состава, физических и физико-химических факторов на структурообразование и графитизацию чугуна. Влияние основных компонентов чугуна. Влияние степени перегрева, выдержки и скорости охлаждения. Влияние инокулирующих присадок. Структурные диаграммы для серого, белого, полувинчатого и высокопрочного чугуна при литье в песчаные и металлические формы. Методы их построения. Основы получения высококачественных чугунных отливок. Выбор состава чугуна, физических и физико-химических методов воздействия на его кристаллизацию. Основные принципы подвода металла и питания отливок. Конструкция и расчет дроссельных литниковых систем. Принцип направленного затвердевания. Теплофизические и гидродинамические процессы в форме, методы управления ими. Современные методы контроля качества чугунных отливок. Механические свойства и конструкционная прочность чугуна с различной формой графита. Современные методы оценки механических свойств. Основы линейной механики разрушения. Влияние состава, структуры, величины зерна, количества, характера распределения неметаллических включений и содержания газов. Влияние масштабного фактора на механические свойства чугуна. Механические свойства при повышенных и низких температурах. Серый, ковкий, высокопрочный чугуны, чугун с вермикулярным графитом, синтетические чугуны. Леги-</p>

рованные чугуны с высокими параметрами специальных свойств. Теоретические основы легирования. Основные легирующие компоненты и их влияние на термодинамику и кинетику структурообразования. Классификация по составу, назначению, структуре. Жаростойкие чугуны, теоретические основы процесса окисления металлов. Рост чугуна при термоциклировании. Изменения структуры свойства чугуна при длительной выдержке в области высоких температур. Коррозионностойкие чугуны. Износостойкие и антифрикционные чугуны. Основы теории трения и изнашивания металлов. Ударно-абразивное изнашивание, зависимость износостойкости от твердости чугуна. Жаропрочные, немагнитные и другие виды чугунов со специальными свойствами. Методы оценки специальных свойств. Особенности технологии плавки и модифицирования легированных чугунов. Технологические свойства чугуна. Характеристика, методы исследования и качественной оценки основных параметров технологических свойств чугунов: жидкотекучести, линейной усадки, склонности к ликвации и трещинообразованию. Связь литейных свойств с процессами кристаллизации и графитообразования. Плавка чугуна. Теоретические основы плавки чугуна. Современные тенденции в развитии методов плавки чугуна. Принцип выбора плавильных агрегатов. Влияние технологии плавки на свойства жидкого чугуна и качество металла в отливках. Плавка чугуна в вагранке. Особенности плавки в коксовых коксогазовых и газовых вагранках на холодном и подогретом дутье. Особенности основного и кислого процессов. Современные методы интенсификации плавки. Плавка чугуна в электропечах. Металлургические процессы при плавке в электропечах. Основы плазменной, электронно-лучевой и электрошлаковой плавки. Особенности плавки синтетического чугуна на стальных отходах, металлизированных окатышах и др. Технологические особенности duplex процессов. Типы печей для электроплавки чугуна и их отличительные особенности. Техничко-экономические показатели. Требования, предъявляемые к шихтовым материалам в зависимости от марок чугуна и характера их назначения. Топливо. Флюсы. Подготовка шихтовых материалов и флюсов к плавке. Расчет шихты. Технологические особенности плавки чугунов различных марок. Внепечная обработка чугуна. Управление процессом плавки. Использование жидкого доменного чугуна для производства фасонных отливок. Методы контроля жидкого чугуна. Модифицирование чугуна. Теоретические основы модифицирования. Модифицирование чугуна для получения различных форм графита. Модифицирование чугунов с пластинчатым графитом. Модифицирование ковких чугунов. Модифицирующие присадки для получения заданной структуры, принцип их действия. Технология модифицирования чугуна различными присадками. Оборудование, применяемое для модифицирования чугунов. Теоретические и технологические основы суспензионной заливки. Контроль качества чугунных отливок. Исправление дефектов. Термическая обработка чугунных отливок. Плавка стали. Классификация процессов и способов плавки сталей. Шихтовые материалы. Физико-химические и технологические особенности плавки углеродистых сталей в мартеновских печах, в электрических дуговых и индукционных печах, в вакуумных печах. Конверторные процессы. Внепечное вакуумирование. Применение и технико-экономические показатели плавки в мартеновских и электрических печах и в конверторах. Управление плавкой. Раскисление, десульфурация и дефосфорация сталей. Рафинирование стали синтетическими шлаками. Электрошлаковый переплав. Непрерывная плавка стали. Плавка в плазменных печах. Металлургические особенности плавки легированных сталей. Поведение легирующих компонентов. Классификация литейных свойств стали и основные методы определения этих свойств. Влияние углерода, кремния, марганца и меди на практическую и истинную жидкотекучесть ста-

	<p>ли. Связь жидкотекучести с диаграммой состояния системы железо-углерод. Склонность стали к образованию окисных плен: теоретические основы процесса образования окисных плен, влияние химического состава, меры предупреждения процесса образования окисных плен. Влияние химического состава стали и основных технологических факторов на объемную и линейную усадку стали. Закономерности изменения линейной усадки в процессе затвердевания и последующего охлаждения отливки. Температурный интервал затвердевания стали, его влияние на литейные свойства стали. Классификация стали по химическому составу и структуре. Принципиальные особенности технологии изготовления отливок из углеродистых низколегированных, среднелегированных и высоколегированных сталей. Технологические особенности процесса получения заданной структуры литой стали аустенитного и ферритного классов. Основные отличия эксплуатационных и литейных свойств этих групп сталей: прочность, пластичность, жаропрочность, износостойкость, антикоррозийные свойства, жидкотекучесть, усадка, склонность к образованию горячих трещин. Классификация пороков стальных отливок: размерные пороки, поверхностные пороки, пороки сплошности стенок, несоответствие структуры и неоднородность химического состава, несоответствие механических свойств. Основные причины их возникновения. Особенности изготовления форм и стержней. Формовочные и стержневые смеси для стальных отливок. Повышение огнеупорности формы за счет применения специальных материалов: оливковые породы, хромистый железняк, магнезит, цирконовый песок. Окраска форм и стержней. Особенности разработки технологии изготовления стальных отливок. Расчет литниково - питающих систем. Определение мест установки прибылей и холодильников (внутренних, наружных). Расчет их размеров. Особенности расчета литниковых систем при заливке из стопорного ковша. Конструирование и расчет многоярусных литниковых систем. Принципы выбора температуры выбивки отливки из формы. Особенности процесса затвердевания стали аустенитного класса типа 12Х18Н9ТЛ и влияние основных технологических факторов на получение заданной структуры. Особенности процесса затвердевания высокомарганцевой стали 110Г13Л и влияние основных технологических факторов на получение заданной структуры. Технологические методы создания направленного затвердения стали, область их применения в зависимости от толщины стенок и отливок и состава стали. Дефекты стальных отливок, их классификация. Отличительные особенности классификации дефектов стальных отливок, принятой в РФ, от международной классификации. Усадочные раковины и пористость, теоретические основы процесса формирования этих дефектов, зависимость данного процесса от состава, свойств стали и технологических факторов. Методы предупреждения возможности образования указанных дефектов. Особенности очистки и обрубки отливок. Удаление прибылей. Контроль качества стальных отливок. Методы и технология исправления дефектов отливок. Термическая обработка стальных отливок. Алюминиевые сплавы. Физико-механические свойства и области применения. Сплавы со специальными свойствами. Литейные свойства алюминиевых сплавов. Принципы легирования. Промышленные марки литейных и деформируемых сплавов. Печи для плавки алюминиевых сплавов. Особенности технологии плавки различных групп промышленных сплавов. Рафинирование и модифицирование. Характеристика формовочных и стержневых смесей. Особенности литниковых систем при литье в разовые формы. Применение зернистых и жидких фильтров. Применение вакуума. Прибыли, их расположение и размеры. Направленная кристаллизация. Холодильники. Кристаллизация под давлением. Особенности выбивки и очистки отливок. Контроль отливок и направление дефектов. Термическая обработка отливок. Особенности</p>
--	---

		<p>технологии изготовления отливок литьем в кокиль, под давлением, под низким давлением. Механизация и автоматизация процессов заливки и извлечения отливок из форм. Технические и экономические предпосылки, определяющие выбор способа производства отливок из алюминиевых сплавов. Области применения различных способов литья. Магние-вые сплавы. Промышленные марки литейных и деформируемых спла-вов, их состав, основные физико-механические и литейные свойства, области применения. Печи для плавки магниевых сплавов. Особенности технологии плавки магниевых сплавов. Флюсы. Рафинирование и мо-дифицирование. Меры по предотвращению горения сплавов. Литье в разовые формы. Характеристика формовочных и стержневых смесей. Особенности литниковых систем. Особенности технологии заливки форм. Ковши чайникового типа. Применение зернистых фильтров и ва-куума. Прибыли, их расположение и размеры. Направленная кристалли-зация. Холодильники. Литье методом последовательной кристаллиза-ции. Применение кристаллизации под давлением. Особенности выбив-ки, очистки и обрубки отливок. Особенности технологии литья в ко-киль, под давлением, под низким давлением. Контроль качества отли-вок. Исправление дефектов. Химическая и термическая обработка отли-вок. Техничко-экономические предпосылки, определяющие выбор спо-соба производства отливок из магниевых сплавов. Медные сплавы. Промышленные марки литейных и деформируемых сплавов, их свой-ства и области применения. Печи для плавки меди и медных сплавов. Особенности технологии плавки, рафинирования и модифицирования. Литье в разовые формы. Характеристика формовочных и стержневых материалов. Особенности литниковых систем. Особенности технологии литья. Применение зернистых фильтров в вакууме. Прибыли, их распо-ложение и размеры. Применение холодильников. Особенности выбивки, очистки и обрубки. Особенности технологии изготовления отливок из медных сплавов литьем по выплавляемым моделям, в кокиль, под дав-лением и центробежным способом. Применение жидкой штамповки. Контроль качества отливок. Исправление дефектов заваркой и пропит-кой. Никелевые сплавы. Промышленные марки литейных и деформиру-емых никелевых сплавов, их свойства и области применения. Принципы легирования сплавов. Жаропрочные никелевые сплавы. Печи для плавки сплавов. Технология плавки, рафинирования и модифицирования ос-новных групп никелевых сплавов. Литье в разовые формы. Особенности технологии литья. Характеристика формовочных и стержневых смесей. Меры по устранению пригара. Особенности заливки форм. Применение зернистых фильтров и вакуума. Прибыли их расположение и размеры. Применение холодильников. Особенности технологии выбивки форм, обрубки и очистки отливок. Контроль отливок и исправление дефектов. Термообработка отливок. Особенности технологии изготовления отли-вок литьем по выплавляемым моделям, по методу Шоу, в кокили. Тита-новые сплавы. Промышленные марки литейных и деформируемых сплавов, их состав, свойства и области применения. Печи для плавки тугоплавких сплавов. Дуговые, индукционные и плазменные. Техноло-гия плавки литейных и деформируемых сплавов. Особенности литья в разовые формы. Характеристика формовочных смесей. Особенности литниковых систем. Расположение и размер прибылей. Использование центробежной силы. Особенности охлаждения отливок в форме, выбив-ки форм и стержней и очистки отливок. Исправление дефектов отливок аргоно-дуговой заваркой. Особенности технологии литья титановых сплавов по выплавляемым моделям и в оболочковые формы. Тугоплав-кие металлы и сплавы. Физико-химические и технологические свойства. Особенности технологии плавки и литья. Цинковые сплавы. Промыш-ленные марки сплавов, их состав. Свойства и области применения. Печи для плавки сплавов. Особенности технологии плавки, рафинирования и</p>
--	--	--

		<p>модифицирования. Технология литья в кокиль и под давлением. Особенности литниковых систем. Прибыли и их расположение. Особенности обрезки и обрубки отливок. благородные металлы и сплавы на их основе. Состав, свойства и области применения. Печи для плавки. Особенности технологии плавки и рафинирования. Особенности технологии литья по выплавляемым моделям. Литье слитков из сплавов цветных металлов. Литье слитков в изложницы. Технология литья. Смазки, воронки. Структура и плотность слитков и заготовок (прутков, труб, профилей и полос) из алюминиевых, магниевых, медных, никелевых и тугоплавких сплавов. Литье слитков непрерывным методом. Принцип литья. Кристаллизаторы. Литейные машины. Закономерности непрерывного литья. Глубина и форма лунки и влияние лунки на структуру и качество слитка и заготовок. Причины пористости слитков. Ширина двухфазной области в слитке и влияние скорости литья на эту характеристику. Термические напряжения и трещины в слитках. Ликвация в слитках непрерывного литья. Окисные пленки в слитке. Использование фильтров при литье. Литье в магнитный кристаллизатор. Особенности непрерывного литья слитков и заготовок из алюминиевых, магниевых, никелевых, цинковых, медных сплавов и сплавов тугоплавких и благородных металлов. Литье по методу Степанова. Литье методом вакуумного всасывания. Особенности технологии. Совмещенные методы литья и пропитки. Механическая и термическая обработка слитков и др. заготовок.</p>
P5	Оборудование литейных цехов	<p>Классификация оборудования литейных цехов. Типы литейного оборудования. Основные элементы технологической машины. Рабочие процессы литейных машин и требования к ним. Прессовые формовочные машины. Связь между уплотнением формовочной смеси и сжимающими напряжениями, уравнения уплотнения прессованием. Рабочий процесс прессовых машин с пневматическим, гидравлическим и электромагнитным приводом. Конструктивные особенности прессовых машин с нижним и верхним прессованием, с плоской, профильной плитой, с диафрагменной и многоплунжерной головками, рычажные прессовые машины. Расчет основных параметров прессового механизма. Высокоскоростное прессование. Встряхивающие формовочные машины. Характер уплотняющего воздействия на формовочную смесь при уплотнении встряхиванием. Уравнение встряхивания, работа встряхивания. Классификация встряхивающих механизмов по характеру рабочего процесса во встряхивающем цилиндре и по степени амортизации ударов. Рабочий процесс пневматического встряхивающего механизма: индикаторные диаграммы и их анализ. Общая методика расчета встряхивающего механизма. Рабочий процесс встряхивающего механизма с полной амортизацией ударов в режиме чистого встряхивания и встряхивания с одновременным прессованием. Особенности компоновки встряхивающих формовочных машин. Методы управления встряхивающими машинами. Классификация формовочных машин по способу извлечения модели из формы, анализа этих способов. Особенности компоновки прессовых и прессово-встряхивающих механизмов с различным способом извлечения моделей. Пескодувные машины и пескострельные машины. Различие этих машин. Особенности процесса уплотнения пескодувным способом. Аналитический расчет рабочего процесса пескодувной машины: расчетная схема, процесс в пескодувном резервуаре, процесс в технологической емкости, расчет основных параметров механизма. Конструктивные особенности пескодувных клапанов. Конструкции пескодувных формовочных и стержневых машин. Импульсный процесс уплотнения литейных форм. Разновидности процесса: низкого давления, высокого давления, газоимпульсный процесс. “Жесткий” и “мягкий” импульс. Технологические возможности импульсного процесса, его недостатки. Клапаны импульсных машин. Импульсно-прессовый процесс</p>

	<p>уплотнения. Пескодувно-импульсно прессовый процесс уплотнения. Пескометы. Процесс уплотнения смеси пескометным способом. Рабочий процесс пескомета с осевым и тангенциальным подводом смеси в головку пескомета. Формирование пакета смеси на роторе, сход пакета смеси с ротора. Расчет основных параметров систем подачи смеси, метательной головки и механизма перемещения головки в процессе укладки. Ширококовшовые пескометы. Основные типы конструкций пескометов. Технологические возможности уплотнения пескометом. Формовочные машины для изготовления безопочной парной, стопочной вертикальной или горизонтальной формы. Основные требования к процессу уплотнения и прочности формы. Особенности компоновки машин. Стержневые машины для процессов получения стержней по горячим и холодным ящикам. Классификация стержневых машин по способу изготовления стержня в горячей и холодной оснастке. Особенности формирования и отверждения стержней. Компоновка и кинематика стержневых машин. Основные способы нагрева и регулирования температуры оснастки. Способы получения катализатора и их подача в ящики. Оборудование для приготовления формовочных и стержневых смесей. Классификация смесителей: катковые, лопастные, шнековые, смесители периодического и непрерывного действия. Рабочие процессы смесителей с горизонтальной и вертикальной осью вращения катков, лопаточных, шнековых вихревых и вибрационных смесителей. Особенности работы смесителей непрерывного действия: сдвоенные бегуны и барабанные смесители. Расчет мощности, главного привода смешивающих бегунов. Плавились печи. Классификация печей. Конструкция отражательных и тигельных печей. Дуговые и индукционные печи. Рабочий цикл плавились печей. Технические характеристики печей. Оборудование для заливки форм. Типы ковшей. Классификация заливочных установок по способу выдачи металла. Рабочий процесс заливочного ковша с поворотным механизмом и пневматическим устройством вытеснения металла из ковша. Расчет основных параметров заливочных установок. Дозирующие установки. Оборудование для выбивки и очистки литья. Эксцентриковые, инерционные и ударные выбивные решетки: особенности процесса выбивки, рабочий процесс, расчет параметров оптимального режима. Установка для выбивки методом прошивания. Установки для выбивки с использованием вакуумирования. Объемная вакуумная выбивка. Выбивка методом вакуумной прошивки. Гидравлические установки для выбивки стержней, особенности рабочего процесса, расчет основных параметров. Дробеметные очистные машины: особенности дробеметной очистки, принцип действия дробеметного колеса, расчет рабочего процесса, типы дробеметных аппаратов и компоновки машин. Очистные дробеметные установки типа “два в одном” и “три в одном”. Дисковые и ленточные пилы. Гидропескоструйные установки. Обрубные прессы. Рабочий процесс установок. Машины литья под давлением. Особенности и основные параметры процесса литья под давлением. Основные конструктивные типы машин литья под давлением. Машины вертикальной и горизонтальной холодной камерой прессования, с горячей камерой прессования. Рабочий процесс механизма прессования машины литья под давлением. Динамика аккумуляторного привода механизма прессования без мультипликатора и с мультипликатором. Способы и устройства включения мультипликатора. Типы и кинематика запирающих механизмов. Расчет основных параметров машин литья под давлением. Компоновка машин литья под давлением из унифицированных узлов. Машины для литья в кокиль. Основные типы кокилей и установок. Кинематика однопозиционных и многопозиционных кокильных машин. Расчет основных параметров привода сборки и разборки кокиля. Машины для литья под низким давлением. Основные параметры процесса. Рабочий процесс машины. Расчет основных</p>
--	--

		<p>параметров машины с учетом изменения уровня металла в ковше в процессе работы машины. Центробежные машины. Конструктивные типы машин для литья гильз и труб: со стационарной и сменными изложницами, однопозиционные и многопозиционные машины. Выбор привода вращения изложницы. Машины для изготовления оболочковых форм и форм точного литья. Особенности процесса формирования и отверждения оболочки. Конструкция и компоновка машин в зависимости от способа формирования оболочки. Оборудование для контроля качества отливок. Термические печи. Конструкция, принцип действия, рабочий процесс.</p>
Р6	Механизация и автоматизация литейного производства	<p>Технические, экономические и социальные преимущества автоматизации. Влияние степени автоматизации на производительность труда, качество литейных изделий, экономические показатели и условия обслуживания оборудования. Особенности автоматизации литейных процессов. Структурная схема автоматической машины. Функциональное назначение привода, исполнительного механизма, технологической оснастки-инструмента, устройств контроля и управления. Технологические основы автоматизации литейных процессов. Анализ технологического процесса с позиций автоматизации. Структурная схема управляемой операции. Входные и выходные величины. Структурная схема автоматизируемого технологического процесса (одно- и многооперационного). Назначение автоматически контролируемых и регулируемых параметров, выбор управляющих воздействий и установление законов управления. Автоматизированный привод литейных машин –автоматов. Электрические, пневматические и гидравлические исполнительные, распределительные и управляющие устройства приводов. Регулирование скорости и развиваемых усилий. Динамика приводов. Выбор типа привода в соответствии с нагрузочной характеристикой и особенностями работы автоматической машины. Коэффициенты полезного действия и использования установленных мощностей. Способы повышения значений этих показателей. Системы автоматического контроля: назначение систем, структурная схема и функции элементов. Прямые и косвенные способы контроля. Требования ISO 9000 к автоматическому контролю и примеры их реализации в литейном производстве. Системы автоматической защиты. Назначение и структурная схема. Автоматическая защита оборудования, изделия, оператора и окружающей среды от несанкционированных действий механизмов и оборудования, нарушений в питании энергией и материалами, неправильных действий оператора. Автоматическая защита от катастрофических последствий. Системы автоматического управления технологическими процессами. Принципы управления: жёсткое, по возмущению и отклонению. Структурные схемы и их анализ. П, ПИ и ПИД способы управления. Программное управление. Цифровое управление. Управляющие ЭВМ, схемы использования в режиме советчика и прямого управления. Автоматическое управление многооперационными литейными машинами-автоматами. Методы описания объекта автоматизации: структурная схема многооперационного процесса, Конструктивно-технологическая и функциональная схемы, циклограмма и тактограмма, логические условия, определяющие заданную последовательность работы механизмов и защитные блокировки. Основы проектирования высокоэффективных автоматических литейных машин и линий. Принципы повышения производительности автоматических машин: интенсификация процессов, совмещение выполнения операций во времени, распределение выполнения операций процесса в пространстве и совмещение их выполнения во времени, использование многоместной оснастки. Машины-автоматы дискретного действия. Организация выполнения многооперационного в пространстве и времени. Одно- и многопозиционные и челночные автоматы и их анализ с позиций производительности, надёжности и качества произво-</p>

	<p>димой продукции. Многопоточные машины. Машины-автоматы непрерывного действия. Автоматические линии: структурные и компоновочные решения, транспортные системы линий. Модульный принцип компоновки линий. Системы управления. Гибкое автоматизированное производство отливок, как перспективное направление развития автоматизации в литейном производстве. Особенности ГАП, проблемы и направления их разрешения. Методы и средства создания ГАП отливок: особенности технологии и оснастки, технологической подготовки, автоматическая замена оснастки и перестройка технологических режимов при частом переходе на изготовление новой партии отливок. Примеры автоматизации производства отливок в разовых песчаных формах и специальными способами литья. Поточные механизированные и частично автоматизированные литейные линии. Состав поточной линии. Транспортные системы поточных линий: горизонтально-замкнутые тележечные непрерывно-движущие и пульсирующие конвейеры. Непрерывно-движущиеся и толкающие подвесные конвейеры, роуланговые транспортные системы. Основные виды связи технологического участка с непрерывным и пульсирующим конвейером. Типовые поточные линии формовки-заливки-выбивки, изготовления стержней, литья в кокиль и под давлением. Автоматические литейные линии (опочные и безопочные). Состав автоматических литейных линий. Литейные линии с "жесткой" и "гибкой" связью, замкнутые и разомкнутые линии, однопоточные и многопоточные линии, расчет производительности и надежности линии по соответствующим показателям ее составных элементов. Особенности выбора технологического процесса, реализуемого на автоматических линиях. Особенности построения технологического процесса, компоновки и конструкции линий для массового, серийного и мелкосерийного производства отливок, способы автоматической смены оснастки на линиях. Автоматизация процесса смесеприготовления. Состав операций и типовая схема системы смесеприготовления. Автоматизация процесса смешивания: автоматическое управление смесителями периодического и непрерывного действия, автоматический контроль свойств исходных компонентов и готовой смеси, автоматизация процесса охлаждения отработанной формовочной смеси. Автоматизация основных операций процесса изготовления разовых песчаных форм. Автоматизация процесса формовки: базовых процессов уплотнения, управления процессом уплотнения; особенности конструкций формовочных, однопозиционных, челночных, сдвоенных челночных и многопозиционных формовочных автоматов карусельного и литейного типов, автоматов для изготовления опочных и безопочных, парных и стопочных форм. Автоматизация процесса сборки и скрепления форм. Типовые автоматические линии изготовления отливок в разовых песчаных опочных и безопочных формах, в оболочковых формах и по выплавляемым моделям. Автоматизация процесса заливки, охлаждения и выбивки форм. Особенности построения участков охлаждения и выбивки по двум схемам: охлаждение отливки в опочной форме с последующей выбивкой, охлаждение отливки сначала в опочной форме, затем отделение кома с отливкой от опок и охлаждение отливки в коме с последующей выбивкой отливки из кома. Автоматизация основных операций процесса плавки. Типовая механизация и автоматизация на складах шихты. Автоматизация составления и завалки шихты в плавильные агрегаты. Автоматизация процесса плавки: схема регулирования режима работы дуговой и индукционной электропечи, регулирование дутья вагранки. Автоматический контроль и регулирование температуры в индукционных печах. Механизация транспортировки расплавленного металла от плавильных агрегатов к заливочным установкам. Автоматизация и механизация процесса обрубки и очистки отливок. Типовые поточные линии очистки литья.</p>
--	---

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов

Тематика рефератов должна рассматривать аналитический обзор научно-технической и патентной литературы по проблеме, решаемой аспирантом при работе над кандидатской диссертацией.

1. Современные способы рафинирования и модифицирования черных и цветных металлов и сплавов.
 2. Термовременная обработка расплавов: теория и практика.
 3. Влияние внешних воздействий в предкристаллизационный период на структуру и свойства литых заготовок и фасонных отливок.
 4. Ускоренные процессы формообразования при литье в разовые формы.
- Объем реферата 20-25 страниц машинописного текста формата А-4.

3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные в Институте новых материалов и технологий критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, тре-	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демон-

	выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	бующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	стрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Свойства металлов и сплавов в твёрдом и жидком состоянии, определяющие условия плавки (плотность, температура плавления, давление пара, вязкость и др.).
2. Структура металлических расплавов. Термодинамические особенности процессов плавления.
3. Взаимодействие металлов и сплавов с газами. Газонасыщение и газовыделение.
4. Рафинирование расплавов от растворенных примесей и газов. Способы дегазации и раскисления.
5. Теплообмен между отливкой и формой. Тепловые свойства литейных сплавов и материала форм и стержней. Математические модели теплового взаимодействия отливки и формы.
6. Расчет затвердевания и охлаждения литейных сплавов в форме. Влияние конфигурации отливок и технологических факторов литья на кинетику затвердевания и охлаждения отливок.
7. Жидкотекучесть сплавов, влияние металлургических и технологических факторов на жидкотекучесть литейных сплавов и качество отливок.
8. Влияние металлургических и технологических факторов на характер литой макро- и микроструктуры отливок. Управление кристаллизационными процессами.
9. Физико-химические, механические и технологические свойства формовочных и стержневых смесей. Методы определения.
10. Физико-химические и технологические особенности упрочнения смесей с неорганическими и органическими связующими
11. Теория формирования прочности смесей с синтетическими смолами, жидким стеклом, цеменами и фосфатами.
12. Особенности формирования структуры и свойств отливок при литье в кокиль и под давлением черных и цветных сплавов.
13. Гидродинамические особенности центробежного литья. Особенности процесса затвердевания отливки в поле центробежных сил. Ликвационные явления при центробежном литье.
14. Кристаллизация и структурообразование чугунов. Основы теории кристаллизации чугуна по стабильной и метастабильной системам.
15. Влияние состава, физических и физико-химических факторов на структурообразование и графитизацию чугуна.
16. Склонность стали к образованию окисных плен: теоретические основы процесса образования окисных плен, влияние химического состава, меры предупреждения процесса образования окисных плен.

17. Закономерности изменения линейной усадки в процессе затвердевания и последующего охлаждения отливки. Температурный интервал затвердевания стали, его влияние на литейные свойства стали.

18. Усадочные раковины и пористость, теоретические основы процесса формирования этих дефектов, зависимость данного процесса от состава, свойств стали и технологических факторов.

19. Закономерности непрерывного литья. Глубина и форма лунки и влияние лунки на структуру и качество слитка и заготовок. Ширина двухфазной области в слитке и влияние скорости литья на эту характеристику. Термические напряжения и трещины в слитках. Ликвация в слитках непрерывного литья.

20. Связь между уплотнением формовочной смеси и сжимающими напряжениями, уравнения уплотнения прессованием.

21. Характер уплотняющего воздействия на формовочную смесь при уплотнении встряхиванием. Уравнение встряхивания, работа встряхивания.

22. Стержневые машины для процессов получения стержней по горячим и холодным ящикам. Классификация стержневых машин по способу изготовления стержня в горячей и холодной оснастке. Особенности формирования и отверждения стержней.

23. Гибкое автоматизированное производство отливок, как перспективное направление развития автоматизации в литейном производстве. Методы и средства создания ГАП отливок: особенности технологии и оснастки, технологической подготовки, автоматическая замена оснастки и перестройка технологических режимов при частом переходе на изготовление новой партии отливок.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Кукуй Д.М., Скворцов В.А., Андрианов Н.В. Теория и технология литейного производства. Ч. 1. Формовочные материалы и смеси. – Минск; Москва: Новое знание, ИНФРА-М, 2011. - 384 с.

2. Чернышов Е.А., Евлампиев А.А. Технология литейного производства. - М.: Абрис, Высшая школа, 2012. - 383 с.

3. Чернышов Е.А., Евлампиев А.А. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки. - М.: Машиностроение, 2015. - 480 с.

4. Беляев С.В., Леушин И.О. Основы металлургического и литейного производства. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2016. - 206 с.

5. Вальтер А.И., Протопопов А.А. Основы литейного производства. - М.: Инфра-Инженерия, 2019. - 330 с.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. - 360 с.

2. Чуркин Б.С., Гофман Э.Б., Майзель С.Г. Технология литейного производства. - Екатеринбург: Изд-во УрГППУ, 2000. - 662 с.

3. Пикунов М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок. - М.: МИСИС, 2005. - 416 с.

4. Еланский Г.Н., Еланский Д.Г. Строение и свойства металлических расплавов. - М.: МГВМИ, 2006. - 228 с.

5. Чернов В.П. Теория расплавов. - Магнитогорск: Изд-во МГТУ, 2012. - 143 с.

6. Ресурсо- и энергосбережение в литейном производстве / Г.Я. Вагин и др. - М.: ФОРУМ, 2012. - 272 с.

7. Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М., Бибииков Е.Л. Производство отливок из сплавов цветных металлов. - М.: МИСИС, 2011. - 504 с.

8. Чернышов Е.А., Евстигнеев А.И., Евлампиев А.А. Литейные дефекты. Причины образо-

вания. Способы предупреждения и исправления. - М.: Машиностроение, 2008. - 282 с.

9. Шуляк В.С. Автоматические комплексы в литейном производстве. - М.: МГИУ, 2008. - 132 с.

10. Романов Л.М., Болдин А.Н. Литейные сплавы и плавка. Производство отливок из чугуна и стали. - М.: МГИУ, 2008. - 148 с.

11. Матвеев И.В. Оборудование литейных цехов. - М.: МГИУ, 2009. - 308 с.

12. Гини Э.Ч., Зарубин А.М., Рыбкин В.А. Специальные технологии литья. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 367 с.

13. Маляров А.И. Печи литейных цехов. - М.: Машиностроение, 2014. - 256 с.

5.2. Методические разработки

Не используются.

5.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint);

2. Adobe Reader.

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;

2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;

3. Scopus: <http://www.scopus.com>;

4. Reaxys: <http://reaxys.com>;

5. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;

6. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;

7. Интеллектуальная поисковая система Нигма.РФ . режим доступа: <http://www.nigma.ru>.

5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;

2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;

3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;

4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;

5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;

6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.