



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»

Программа кандидатского экзамена

СК-РП-15.1-04-22

Факультет подготовки специалистов высшей квалификации



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

А.А. Куркин

«14» апреля 2022 г

Кафедра «Металлургические технологии и оборудование»»

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2.6.3 - ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

технические науки

Научная специальность

2.6.3. Литейное производство

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Программа предназначена для методического сопровождения процесса подготовки аспирантов (соискателей) к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.6.3 Литейное производство.

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре - приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951.
2. Паспорт научной специальности 2.6.3 Литейное производство, разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры научных специальностей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118.
3. Учебный план НГТУ по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.3 Литейное производство.

РЕКОМЕНДОВАНА кафедрой «Металлургические технологии и оборудование» (МТО)

протокол № 10 от " 13 " апреля 2022г.

Заведующий кафедрой МТО

д.т.н, проф. _____  _____
подпись Леушин И.О.
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана факультета подготовки специалистов высшей квалификации

_____  _____ «14» апреля 2022 г.
личная подпись Трубочкина Е.Л. дата
расшифровка подписи

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения	4
2	Программа кандидатского экзамена по специальности 2.6.3 Литейное производство	4
3	Дополнительная программа	24
	Приложение. Пример оформления дополнительной программы	25

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

1 Общие положения

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине состоит из двух частей:

- 1) основная программа по специальности, разработанной в соответствии с паспортом научной специальности 2.6.3 Литейное производство;
- 2) дополнительной программы, разрабатываемой аспирантом (соискателем).

Экзаменационные билеты должны включать 2-3 вопроса из основной программы и 1-2 вопроса из дополнительной программы.

2 Программа кандидатского экзамена по специальности 2.6.3 Литейное производство

Программа составлена в соответствии с паспортом специальности 2.6.3 Литейное производство, которая занимается теорией и технологией производства литых заготовок и изделий из металлических сплавов и других материалов, включая разработку новых литейных сплавов, изучением процессов, происходящих в расплавах во время их плавки, внепечной обработки, заливки в литейную форму, кристаллизации и последующего охлаждения в форме, а также физико-химических процессов, происходящих в формовочных материалах во время их приготовления, изготовления из них литейных форм и стержней, взаимодействии с заливаемым расплавом и затвердевающей отливкой, совершенствованием существующих и созданием новых высокопроизводительных малоотходных и экологически безопасных технологий литья и технологических машин и их систем для улучшения условий труда в литейных цехах, повышения качества отливок и технико-экономической эффективности литейного производства, включая технологические процессы литья, технологические машины, конвейерные линии, управление ими и их эксплуатацию, а также проектирование технологий и технологических машин, линий цехов и заводов.

2.1 Теоретические основы литейного производства

Литейное производство как наука о процессах получения металлических расплавов и отливок. Литейное производство - основная заготовительная база современного машиностроения. Роль советских и российских ученых в развитии теории и технологии литейного производства. Техничко-экономические показатели производства литых изделий. Современное состояние и основные тенденции развития литейного производства в России и зарубежных странах.

2.1.1 Теоретические основы процессов плавки

Свойства металлов и сплавов в твёрдом и жидком состоянии, определяющие условия плавки (плотность, температура плавления, давление пара, вязкость и др.)

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

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, 2 и 3 рода. Термовременная обработка расплава. Экологические проблемы при плавке и обработке расплава в жидком состоянии и заливке.

2.1.2 Теория формирования отливки

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 систем. Проектирование и расчет литниковых систем. Управление процессом заполнения форм. Формозаполняемость. Моделирование гидродинамических процессов на ЭВМ с целью отработки технологии.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

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 конструкционных 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 конструкционных факторов на процесс формирования трещин. Способы предохранения отливок от трещин. Остаточные напряжения в отливках. Причины возникновения остаточных напряжений. Оценка напряженного состояния отливки. 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.

2.2 Технологические основы литейного производства (по способам литья)

2.2.1 Технология литья в песчаные формы

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

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

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. Процессы холодного отверждения смесей с синтетическими смолами. Формирование прочности смесей с синтетическими смолами. Технологические процессы: SO₂-, Alhaset-, Cold-Gox-amin-, Betaset-, Redset-, Formiat-процессы. Формирование прочности смесей на жидкостекольном связующем. 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. Смеси 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, модельные плиты, стержневые плиты, драйеры, 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

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

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, воздушным импульсом, 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 разъёма. Вакуумная формовка.

Изготовление стержней. Классы сложности стержней, их влияние на выбор типа стержневой смеси и технологию изготовления стержня. Изготовление стержней пескоструйным, пескострельным 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. 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.

2.2.2 Технология специальных способов литья

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 дефектов 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. Технологическая оснастка. Технологические режимы. Газовый и тепловой режимы работы формы. Система вентиляции пресс-форм. Характерные дефекты.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

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 вакуумируемые и магнитные формы. Суспензионное литье. Литье выжиманием.

2.3 Технологические основы литейного производства (по материалам отливок)

2.3.1 Чугунное литье

Применение чугуна в машиностроении и других отраслях промышленности. Характеристика чугуна как конструкционного, функционального и литейного материала. Номенклатура чугунов, используемых для изготовления отливок: серый чугун с пластинчатым графитом, ковкий чугун, чугун с вермикулярным графитом, высокопрочный чугун, аустемперированный чугун, легированные чугуны со специальными свойствами. Основные отличия эксплуатационных и литейных свойств этих групп чугунов. 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

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

скорости охлаждения. Влияние инокулирующих присадок. Структурные диаграммы для серого, белого, половинчатого 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.

Легированные чугуны с высокими параметрами специальных свойств. Способы 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. Трение чугуна. 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. 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

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

плавки. Особенности плавки синтетического чугуна на стальных отходах, металлизированных окатышах и др. Технологические особенности дуплекс процессов. Типы печей для электроплавки чугуна и их отличительные особенности. Техно-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 для получения различных форм графита. Модификаторы для получения заданной структуры, принцип их действия. Технология модифицирования чугуна. Оборудование, применяемое для модифицирования чугунов.

Контроль качества отливок. Исправление дефектов. Термическая обработка отливок.

2.3.2 Стальное литье

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 стали. Связь жидкотекучести с диаграммой состояния системы железо-углерод. Склонность стали к образованию окисных плен: образование 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

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

классов. Основные отличия эксплуатационных и литейных свойств этих групп сталей: прочность, пластичность, жаропрочность, износостойкость, антикоррозионные свойства, жидкотекучесть, усадка, склонность к образованию горячих трещин.

Особенности изготовления форм и стержней. Формовочные и стержневые смеси для стальных отливок. Повышение огнеупорности формы за счет применения специальных материалов: оливиновые 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 ОХ18Н9ТЛ 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 затвердевания стали.

Дефекты стальных отливок, их классификация. 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.

2.3.3 Литье из сплавов цветных металлов

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 технологии изготовления отливок литьем в кокиль, под давлением, под низким давлением. Механизация и автоматизация процессов заливки и извлечения отливок

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-ПП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

из форм. Технические и экономические предпосылки, определяющие выбор способа производства отливок из алюминиевых сплавов.

Магниевого сплавы. Промышленные марки литейных и деформируемых сплавов, их состав, основные физико-механические и литейные свойства, области применения. Печи для плавки магниевых сплавов. Особенности технологии плавки магниевых сплавов. Флюсы. Рафинирование и модифицирование. Меры по предотвращению горения сплавов. Литье в разовые формы. Характеристика формовочных и стержневых смесей. Особенности литниковых систем. Особенности технологии заливки форм. Применение зернистых фильтров и вакуума. Прибыли, их расположение и размеры. Направленная кристаллизация. Холодильники. Литье методом последовательной кристаллизации. Применение кристаллизации под давлением. Особенности выбивки, очистки и обрубки отливок. Особенности технологии литья в кокиль, под давлением, под низким давлением. Контроль качества отливок. Исправление дефектов. Химическая и термическая обработка отливок. Техничко-экономические предпосылки, определяющие выбор способа производства отливок из магниевых сплавов.

Медные сплавы. Промышленные марки литейных и деформируемых сплавов, их свойства 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 расположение и размеры. Применение холодильников. Особенности выбивки, очистки и обрубки. Особенности технологии изготовления отливок из медных сплавов литьем по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением и центробежным способом. Применение жидкой штамповки. Контроль качества отливок. Исправление дефектов заваркой и пропиткой.

Никелевые сплавы. Промышленные марки литейных и деформируемых никелевых сплавов, их свойства и области применения. Принципы легирования сплавов. Жаропрочные никелевые сплавы. Печи для плавки сплавов. Технология плавки, рафинирования и модифицирования основных 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 отливок литьем по выплавляемым моделям, по методу Шоу, в кокили.

Титановые сплавы. Промышленные марки литейных и деформируемых сплавов, их состав, свойства и области применения. Печи для плавки тугоплавких спла-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

вов. Дуговые, индукционные и плазменные. Технология 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, выбивки форм и стержней и очистки отливок. Исправление дефектов отливок аргонодуговой заваркой. Особенности технологии литья титановых сплавов по выплавляемым моделям и в оболочковые формы.

Цинковые сплавы. Промышленные марки сплавов, их состав. Свойства и области применения. Печи для плавки сплавов. Особенности технологии плавки, рафинирования и 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.

2.3.4 Литье пластмасс

Полимерные материалы для производства изделий методом литья. Переработка пластмасс методом литья под давлением. Проектирование технологического процесса литья пластмасс. Оценка технологичности изделий из пластмасс. Проектирование форм для литья под давлением. Оборудование для литья под давлением пластмасс. Характерные дефекты отливок из полимеров, способы идентификации, профилактики, устранения.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

2.4 Оборудование литейных цехов

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» импульсы. Технологические возможности импульсного процесса, его недостатки. Клапаны импульсных машин. Импульсно-прессовый процесс 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

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

параметров систем подачи смеси, метательной головки и механизма перемещения головки в процессе укладки. Ширококовшевые 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.

Плавильные печи. Классификация печей. Конструкция отражательных и тигельных печей. Дуговые и индукционные печи. Рабочий цикл плавильных 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.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-ПП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

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 кинетика 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 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.

2.5 Механизация и автоматизация литейного производства

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.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-ПП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

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. 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 производимой 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, пробле-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

мы 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, рольганговые 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.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

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.

2.6 Производственная безопасность. Экология и охрана окружающей среды

Характеристика условий труда в литейных цехах. Важнейшие факторы, влияющие на условия труда в литейных цехах. Основные источники загрязнения. Предельно допустимые концентрации пыли, газов и различных аэрозолей в производственных помещениях литейных цехов. Нормы освещённости, температуры, предельно допустимый шум.

Вопросы техники безопасности в плавильных отделениях. Требования промышленной санитарии, предъявляемые к различным типам вагранок. Очистка и дожигание ваграночных газов. Конструкции и технические характеристики вентиляционных устройств от электродуговых печей. Техника безопасности при эксплуатации высокочастотных индукционных электропечей. Требования техники безопасности при выпуске и заливке металла, а также при обработке жидкого металла различными присадками. Техника безопасности при производстве цветных металлов и сплавов. Меры безопасности при работе с магниевыми сплавами.

Регенерация и вторичное использование формовочных материалов. Переработка отходов литейного производства. Техника безопасности при применении холоднотвердеющих формовочных и стержневых смесей по горячей оснастке. Обеспыливание и аэрация помещений. Особенности техники безопасности при ручной формовке и при применении формовочных и стержневых машин. Основные требования техники безопасности при выбивке отливок. Требования к инструменту и конструкции обрубного оборудования и его рациональное размещение.

2.6 Список литературы

1. Гуцин, В.Н. Расчеты плавильных печей литейных цехов: учеб. пособие / В.Н. Гуцин, А.В. Титов; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2020. - 143 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

2. Гейко, М.А. Основы аддитивных технологий и производств: учеб. пособие / М.А. Гейко [и др.]; НГТУ им. Р.Е. Алексеева; под общ. ред. И.О. Леушина. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2020. - 213 с.
3. Яровая, Е.И. Оптимизация технологических процессов литейного производства: учеб. пособие / Е.И. Яровая [и др.]; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2020. - 86 с.
4. Керкстра, Р. Литьё под давлением: руководство по устранению брака: пер. с англ. / Р. Керкстра, С. Браммер; под ред. В.Г. Дувидзона. - СПб.: Профессия, 2020. - 512 с.
5. Ульянов, В.А. Экология литейных цехов и миниметаллургических заводов: учеб. пособие. Ч.2: Системы очистки и утилизации отходов производства / В.А. Ульянов, Л.И. Леушина; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2018. - 148 с.
6. Технология литейного производства. Литейные материалы для изготовления песчаных форм и стержней: учебник / Е.А. Чернышов [и др.]; под общ. ред. Е.А. Чернышова. - М.: Инновационное машиностроение, 2018. - 359 с.
7. Чернышов, Е.А. Современные плавильные печи. Устройство и работа плавильных печей литейных цехов: учеб. пособие. Ч.2 / Е.А. Чернышов, А.И. Евстигнеев, Э.А. Дмитриев; под общ. ред. Е.А. Чернышова. - М.: Metallurgizdat, 2018. - 465 с.
8. Чернышов, Е.А. Современные плавильные печи. Устройство и работа плавильных печей литейных цехов: учеб. пособие. Ч.1 / Е.А. Чернышов, А.И. Евстигнеев, Э.А. Дмитриев; под общ. ред. Е.А.Чернышова. - М.: Metallurgizdat, 2018. - 429 с.
9. Халдеев, В.Н. Проектирование и производство заготовок: учеб. пособие / В.Н. Халдеев, Н.А. Денисова. - Саров: Интерконтакт, 2018. - 226 с.
10. Ульянов, В.А. Непрерывное литье заготовок. Кристаллизаторы и зона вторичного охлаждения: учеб. пособие / В.А. Ульянов, В.Н. Гушин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2018. - 181 с.
11. Чеберяк, О.И. Конструкторская подготовка литейно-металлургических производств: учеб. пособие / О.И. Чеберяк; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2018. - 92 с.
12. Глухов, В.П. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие / В.П. Глухов [и др.]; под общ. ред. В.Л. Тимофеева. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 272 с.
13. Черепяхин, А.А. Технологические процессы в машиностроении: учебник / А.А. Черепяхин [и др.]. - М.: Юрайт, 2017. - 218 с.
14. Ульянов, В.А. Экология литейных цехов и миниметаллургических заводов: учеб. пособие. Ч.1: Экологическая характеристика и токсикология выбросов / В.А. Ульянов, Л.И. Леушина; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2016. - 196 с.
15. Шаров, М.В. Теоретические основы литейного производства: конспект лекций / М.В. Шаров. - М.: Изд-во ВИАМ, 2016. - 479 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

16. Моисеев, В.Б. Технологические процессы машиностроительного производства: учебник / В.Б. Моисеев, К.Р. Таранцева, А.Г. Схиртладзе. - М.: ИНФРА-М, 2015. - 217 с.

17. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства: учебник: В 2-х ч. Ч.2: Технология изготовления отливок в разовых формах / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. - Минск; М.: Новое знание; ИНФРА-М, 2015. - 405 с.

18. Чернышов, Е.А. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки: учебник / Е.А. Чернышов, А.И. Евстигнеев. - М.: Машиностроение, 2015. - 480 с.

19. Трифонов, Ю.И. Проектирование литейной оснастки и технологии литейного производства: Технология отливки: учеб. пособие / Ю.И. Трифонов, Т.Д. Курилина; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2015. - 139 с.

20. Леушин, И.О. Прикладная инноватика для металлургов: учебник / И.О. Леушин, А.В. Нищенков, Л.И. Леушина; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2015. - 175 с.

21. Чувагин, Н.Ф. Оборудование литейных цехов: учеб. пособие / Н.Ф. Чувагин, В.Л. Сивков; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2015. - 199 с.

22. Грачев, А.Н. Материалы разовых литейных форм: учебник / А.Н. Грачев [и др.]; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2015. - 313 с.

23. Маслов, К.А. Проектирование литейных цехов. Типовые расчеты: учеб. пособие / К.А. Маслов, Н.Ф. Чувагин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2014. - 156 с.

24. Коровин, В.А. Механизм образования и меры предотвращения дефектов чугуновых и стальных отливок: учебник / В.А. Коровин, И.О. Леушин. - М.: Форум, 2013. - 112 с.

25. Вагин, Г.Я. Ресурсо- и энергосбережение в литейном производстве: учебник / Г.Я. Вагин, В.А. Коровин, И.О. Леушин, А.Б. Лоскутов. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. – 254с.

26. Кушнер, В.С. Технологические процессы в машиностроении: учебник / В.С. Кушнер, А.С. Верещака, А.Г. Схиртладзе. - М.: Академия, 2011. - 416 с.

27. Курдюмов, А.В. Производство отливок из сплавов цветных металлов: учебник / А.В. Курдюмов [и др.]; под общ. ред. В.Д. Белова. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. - 616 с.

28. Жуковский, С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: Справочник / С.С. Жуковский. - М.: Машиностроение, 2010. - 256 с.

29. Гини, Э.Ч. Специальные технологии литья: учебник / Э.Ч. Гини, А.М. Зарубин, В.А. Рыбкин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 368 с.

30. Семенов, Б.И. Производство изделий из металла в твердожидком состоянии. Новые промышленные технологии: учеб. пособие / Б.И. Семенов, К.М. Куштаров. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 224 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

31. Матвеевко, И.В. Оборудование литейных цехов: учеб. пособие. Ч.1 / И.В. Матвеевко. - М.: Изд-во МГИУ, 2010. - 348 с.
32. Чернышов, Е.А. Литьё в песчаные формы. Основы проектирования литейной технологии / Е.А. Чернышов, В.И. Панышин; НГТУ им. Р.Е.Алексеева; под ред. Е.А. Чернышова. - Н.Новгород, 2010. - 216 с.
33. Инженерная экология литейного производства: учеб. пособие / А.Н. Болдин [и др.]; под общ.ред.А.Н.Болдина. - М.: Машиностроение, 2010. - 349 с.
34. Евстигнеев, А.И. Формовочные и стержневые смеси с заданными структурой и свойствами / А.И. Евстигнеев, В.В. Петров, Э.Д. Дмитриев. - Владивосток: Дальнаука, 2009. - 207 с.
35. Белов, В.Д. Производство чугунных отливок: учебник / В.Д. Белов [и др.]; под ред.В.М.Колокольцева, Р.Хосена. - Магнитогорск: Изд-во ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. - 522 с.
36. Коровин, В.А. Комплексная обработка расплава стали и чугуна / В.А. Коровин, Р.Н. Палавин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2009. - 100 с.
37. Иванов, В.Н. Специальные виды литья: учеб. пособие / В.Н. Иванов; под ред. В.С. Шуляка. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 316 с.
38. Рогов, В.А. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб.пособие / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. - М.: Изд. центр «Академия», 2008. - 336 с.
39. Задиранов, А.Н. Основы физической химии в литейном производстве: учеб.пособие / А.Н. Задиранов. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 96 с.
40. Чернышов, Е.А. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения и исправления: учеб. пособие / Е.А. Чернышов, А.И. Евстигнеев, А.А. Евлампиев. - М.: Машиностроение, 2008. - 282 с.
41. Шуляк, В.С. Автоматические комплексы в литейном производстве: учеб.пособие / В.С. Шуляк. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 132 с.
42. Кукуй, Д.М. Автоматизация литейного производства: учеб. пособие / Д.М. Кукуй, В.Ф. Одинокко. - Минск: Новое знание, 2008. - 240 с.
43. Лисиенко, В.Г. Сооружение промышленных печей: Справ. издание: В 3-х т. Т.1, кн.3: Проектирование плавильных комплексов / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев; под ред. А.М. Прохорова, В.Г. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2007. - 866 с.
44. Шуляк, В.С. Литьё по газифицируемым моделям / В.С. Шуляк. - СПб. : Изд-во НПО «Профессионал», 2007. - 408 с.
45. Гини, Э.Ч. Технология литейного производства. Специальные виды литья: учебник / Э.Ч. Гини, А.М. Зарубин, В.А. Рыбкин; под ред. В.А. Рыбкина. - М.: Академия, 2005. - 352 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

46. Соляков, Д.А. Процессы газовой выделения из стержней горячего и холодного отверждения / Д.А. Соляков, А.Н. Болдин, А.И. Яковлев. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 200 с.
47. Сидоров, В.В. Metallургия литейных жаропрочных сплавов: технология и оборудование / В.В. Сидоров, Д.Е. Каблов, В.Е. Ригин; под общ. ред. Е.Н. Каблова. - М.: Изд-во ВИАМ, 2016. - 351 с.
48. Фомин, Б.А. Metallургия вторичного алюминия: учеб. пособие для вузов / Б.А. Фомин, В.И. Москвитин, С.В. Махов. - М.: Экомет, 2004. - 240 с.
49. Новиков, В.П. Автоматизация литейного производства: учеб. пособие. Ч.1: Управление литейными процессами / В.П. Новиков. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 292 с.
50. Шайерс, Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика / Дж. Шайерс. - Санкт-Петербург: НОТ, 2012. - 640 с.
51. Соловьев, В.П. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: учеб. пособие / В.П. Соловьев, С.А. Гладышев, В.И. Воронцов; под ред. В.П. Соловьева. - М.: УЧЕБА, 2004. - 227 с.
52. Шуляк, В.С. Проектирование литейных цехов: учеб. пособие / В.С. Шуляк. - М.: Изд-во МГИУ, 2004. - 92 с.
53. Белов, В.Д. Плавка и литьё заэвтектических силуминов: учеб. пособие / В.Д. Белов. - М.: Учеба, 2003. - 85 с.
54. Курдюмов, А.В. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В. Курдюмов [и др.]. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. - 615 с.
55. Чернышов, Е.А. Литейные сплавы. Справочные данные: учеб. пособие / Е.А. Чернышов. - Н.Новгород: НГТУ, 2004. - 204с.
56. Белов, В.Д. Литейное производство: учебник; под общ. ред. В.Д. Белова. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2015. - 487 с.
57. Гаврилин, И.В. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов / И.В. Гаврилин. - Владимир: Владимир. гос. ун-т, 2000. - 260с.
58. Трухов, А.П. Литейные сплавы и плавка: учебник / А.П. Трухов, А.И. Маляров. - М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 336с.

3 Дополнительная программа

Дополнительная программа, самостоятельно составляемая аспирантом (соискателем), включает в себя титульный лист, не менее 15 вопросов по теме диссертации и не менее 15 источников литературы. Дополнительная программа должна быть подписана научным руководителем и согласована с деканом факультета подготовки специалистов высшей квалификации. Пример оформления дополнительной программы приведен в Приложении.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример оформления дополнительной программы

Минобрнауки России
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФСВК

_____ Р.Ш. Бедретдинов

«__» _____

Дополнительная программа
к кандидатскому экзамену
 по специальности 2.6.3 – Литейное производство

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

Дополнительная программа экзамена по специальности

1. Физические, физико-химические, теплофизические, технологические, механические и эксплуатационные свойства материалов, как объектов и средств реализации литейных технологий.
2. Тепло- и массоперенос, гидродинамика и реология процессов, происходящих в расплавах, отливках и литейных формах.
3. Формирование структуры и свойств литейных сплавов, формовочных и стержневых смесей.
4. Влияние традиционных, наномодифицирующих, электрических, магнитных, механических и других видов обработки на свойства расплавов, отливок и литейных форм.
5. Оптимизация литейных процессов.
6. Автоматизированное проектирование литейной оснастки и технологии изготовления литых заготовок и изделий.
7. Методы моделирования процессов: приготовления и заливки расплавов, модифицирования, затвердевания и охлаждения литых заготовок и изделий, формообразования, упрочнения и разрушения литейных форм и стержней, а также их напряжённого состояния.
8. Рабочие процессы, конструкция, надежность, производительность, условия эксплуатации технологических машин литейного производства, в том числе автоматизированных и автоматических систем.
9. Научные основы комплексной механизации и автоматизации литейных процессов и производства литых заготовок.
10. Ресурсосбережение, экологические проблемы и техника безопасности работы в литейном производстве.
11. Качество отливок. Системы управления качеством литья.
12. Проблемы регенерации и вторичного использования формовочных материалов.
13. Технологии изготовления и эксплуатация литейной оснастки.
14. Технологии производства литых изделий из композиционных материалов.
15. Применение цифровых технологий в литейных процессах.
16. Аддитивные материалы и технологии в литейном производстве.
17. Разработка и освоение новых литейных сплавов и материалов.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Список литературы

1. Минаев, Ю.А. Физико-химия в металлургии (Термодинамика. Гидродинамика. Кинетика): учеб. пособие / ю.А. Минаев, В.В. Яковлев. - М: МИСиС. 2001. - 320с.
2. Гейко, М.А. Основы аддитивных технологий и производств: учеб. пособие / М.А. Гейко [и др.]; НГТУ им. Р.Е. Алексеева; под общ. ред. И.О. Леушина. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2020. - 213 с.
3. Яровая, Е.И. Оптимизация технологических процессов литейного производства: учеб. пособие / Е.И. Яровая [и др.]; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2020. - 86 с.
4. Ульянов, В.А. Непрерывное литье заготовок. Кристаллизаторы и зона вторичного охлаждения: учеб. пособие / В.А. Ульянов, В.Н. Гуштин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2018. - 181 с.
5. Глухов, В.П. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие / В.П. Глухов [и др.]; под общ. ред. В.Л. Тимофеева. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 272 с.
6. Черепяхин, А.А. Технологические процессы в машиностроении: учебник / А.А. Черепяхин [и др.]. - М.: Юрайт, 2017. - 218 с.
7. Моисеев, В.Б. Технологические процессы машиностроительного производства: учебник / В.Б. Моисеев, К.Р. Таранцева, А.Г. Схиртладзе. - М.: ИНФРА-М, 2015. - 217 с.
8. Чернышов, Е.А. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки: учебник / Е.А. Чернышов, А.И. Евстигнеев. - М.: Машиностроение, 2015. - 480 с.
9. Трифонов, Ю.И. Проектирование литейной оснастки и технологии литейного производства: Технология отливки: учеб. пособие / Ю.И. Трифонов, Т.Д. Курилина; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2015. - 139 с.
10. Грачев, А.Н. Материалы разовых литейных форм: учебник / А.Н. Грачев [и др.]; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2015. - 313 с.
11. Панов, А.Г. Методы повышения металлургического качества заготовок машиностроения из высокопрочных чугунов с шаровидным и вермикулярным графитом: учеб. пособие / А.Г. Панов [и др.]. - М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2018. - 288с.
12. Вагин, Г.Я. Ресурсо- и энергосбережение в литейном производстве: учебник / Г.Я. Вагин, В.А. Коровин, И.О. Леушин, А.Б. Лоскутов. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. – 254с.
13. Голод, В.М. Теория, компьютерный анализ и технология стального литья / В.М. голод, В.А. Денисов; под общ. ред. В.М. Голода. - СПб.: ИПЦ СПГУТД, 2007. - 610с.
14. Кушнер, В.С. Технологические процессы в машиностроении: учебник / В.С. Кушнер, А.С. Верещака, А.Г. Схиртладзе. - М.: Академия, 2011. - 416 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

15. Курдюмов, А.В. Производство отливок из сплавов цветных металлов: учебник / А.В. Курдюмов [и др.]; под общ. ред. В.Д. Белова. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. - 616 с.
16. Жуковский, С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: Справочник / С.С. Жуковский. - М.: Машиностроение, 2010. - 256 с.
17. Гини, Э.Ч. Специальные технологии литья: учебник / Э.Ч. Гини, А.М. Зарубин, В.А. Рыбкин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 368 с.
18. Семенов, Б.И. Производство изделий из металла в твердожидком состоянии. Новые промышленные технологии: учеб. пособие / Б.И. Семенов, К.М. Куштаров. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 224 с.
19. Кирюхина, Т.Н. Нанотехнология формовочных красок / Т.Н. Кирюхина, Н.Н. Кузьмин. - М.: Metallurgizdat, 2010. - 144 с.
20. Чернышов, Е.А. Литьё в песчаные формы. Основы проектирования литейной технологии / Е.А. Чернышов, В.И. Панышин; НГТУ им. Р.Е.Алексеева; под ред. Е.А. Чернышова. - Н.Новгород, 2010. - 216 с.
21. Евстигнеев, А.И. Формовочные и стержневые смеси с заданными структурой и свойствами / А.И. Евстигнеев, В.В. Петров, Э.Д. Дмитриев. - Владивосток: Дальнаука, 2009. - 207 с.
22. Белов, В.Д. Производство чугунных отливок: учебник / В.Д. Белов [и др.]; под ред .В.М. Колокольцева, Р.Хосена. - Магнитогорск: Изд-во ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. - 522 с.
23. Коровин, В.А. Комплексная обработка расплава стали и чугуна / В.А. Коровин, Р.Н. Палавин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2009. - 100 с.
24. Иванов, В.Н. Специальные виды литья: учеб. пособие / В.Н. Иванов; под ред. В.С. Шуляка. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 316 с.
25. Рогов, В.А. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб.пособие / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. - М.: Изд. центр «Академия», 2008. - 336 с.
26. Задиранов, А.Н. Основы физической химии в литейном производстве: учеб.пособие / А.Н. Задиранов. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 96 с.
27. Чернышов, Е.А. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения и исправления: учеб. пособие / Е.А. Чернышов, А.И. Евстигнеев, А.А. Евлампиев. - М.: Машиностроение, 2008. - 282 с.
28. Шуляк, В.С. Автоматические комплексы в литейном производстве: учеб.пособие / В.С. Шуляк. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 132 с.
29. Кукуй, Д.М. Автоматизация литейного производства: учеб. пособие / Д.М. Кукуй, В.Ф. Одинокко. - Минск: Новое знание, 2008. - 240 с.
30. Шуляк, В.С. Литьё по газифицируемым моделям / В.С. Шуляк. - СПб. : Изд-во НПО «Профессионал», 2007. - 408 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

31. Соляков, Д.А. Процессы газовыделения из стержней горячего и холодного отверждения / Д.А. Соляков, А.Н. Болдин, А.И. Яковлев. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 200 с.
32. Сидоров, В.В. Metallургия литейных жаропрочных сплавов: технология и оборудование / В.В. Сидоров, Д.Е. Каблов, В.Е. Ригин; под общ. ред. Е.Н. Каблова. - М.: Изд-во ВИАМ, 2016. - 351 с.
33. Фомин, Б.А. Metallургия вторичного алюминия: учеб. пособие для вузов / Б.А. Фомин, В.И. Москвитин, С.В. Махов. - М.: Экомет, 2004. - 240 с.
34. Новиков, В.П. Автоматизация литейного производства: учеб. пособие. Ч.1: Управление литейными процессами / В.П. Новиков. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 292 с.
35. Шайерс, Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика / Дж. Шайерс. - Санкт-Петербург: НОТ, 2012. - 640 с.
36. Соловьев, В.П. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: учеб. пособие / В.П. Соловьев, С.А. Гладышев, В.И. Воронцов; под ред. В.П. Соловьева. - М.: УЧЕБА, 2004. - 227 с.
37. Леушин И.О. Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебник / И.О. Леушин. - М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2013. - 208с.

Научный руководитель

д.т.н., профессор

И.О. Леушин