

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

/Д.С. Гуц/

«28» марта 2022 года

## ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих в аспирантуру

### 2.6 Химические технологии, науки о материалах и металлургия

*шифр и наименование группы научных специальностей*

#### 2.6.3 Литейное производство

*шифр и наименование научной специальности*

Красноярск 2022

## Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теоретические основы литейного производства (теоретические основы процессов плавки, теория формирования отливки); технологические основы литейного производства (теория и технология литья в песчаные формы, технология специальных видов литья); технология производства отливок (чугунное литье, стальное литье, литье из цветных металлов и сплавов).

### 1 Теоретические основы литейного производства

#### 1.1 Теоретические основы процессов плавки

Свойства металлов и сплавов в твердом и жидком состоянии. Структура металлических расплавов.

Взаимодействие металлов и сплавов с газами.

Взаимодействие металлических расплавов с футеровкой плавильных и раздаточных печей. Применение шлаков, флюсов, защитных покровов.

Рафинирование расплавов от растворенных примесей и газов.  
Модифицирование 1-го и 2-го рода.

#### 1.2 Теория формирования 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. Моделирование тепловых процессов на ЭВМ в целях отработки технологии.

Гидравлические процессы при заполнении формы. Способы заполнения литейных форм Проектирование и расчет литниковых систем.

Жидкотекучесть сплавов, влияние металлургических и технологических факторов на жидкотекучесть литейных сплавов и формозаполняемость.

Физико-химические процессы на границе отливки с формой. Способы повышения качества поверхности отливок. Поверхностное легирование.

Равновесная и неравновесная кристаллизация сплавов.

Усадочные процессы. Прибыли и их классификация. Основы расчета прибылей. Способы предохранения отливок от трещин. Остаточные напряжения в отливках.

## **2 Технологические основы литейного производства**

### 2.1 Теория и технология литья в песчаные формы

Требования, предъявляемые к формовочным материалам. Физико-химические, механические и технологические свойства формовочных и стержневых смесей. 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. Выбор глин в зависимости от назначения смеси.

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.

Классификация формовочных и стержневых смесей. Формовочные смеси для сырых и упрочненных форм. Формовочные и стержневые смеси с тепловым и химическим упрочнением. 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. Теория формирования прочности смесей с жидким стеклом. Физико-химические процессы при отверждении смесей с цементами и фосфатами.

Физико-химические принципы получения жидких самотвердеющих смесей (ЖСС). Смеси для изготовления форм с тепловой сушкой и поверхностной подсушкой. Технология приготовления формовочных и стержневых смесей. Регенерация формовочных и стержневых смесей.

Требования к модельно-литейной оснастке. Ее элементы, конструкция и назначение. Модели, стержневые ящики, подмодельные плиты, стержневые плиты, опоки.

Классификация способов изготовления литейных форм основные приемы ручной формовки. Машинная формовка. Виды машинной формовки.

Формовка в парных опоках, стопочная формовка, безопочная формовка с вертикальной плоскостью разъема. Импульсная и вакуумная формовка.

Изготовление стержней. Изготовление стержней пескодувным, пескострельным методами по холодной и нагреваемой оснастке. Изготовление стержней из ЖСС и ПСС. Сборка и заливка литейных форм. Литейные ковши.

Возможности механизации и автоматизации операций сборки и заливки. Термическая обработка отливок.

## 2.2 Технология специальных видов литья

Кокильное литье. Области применения. Особенности формирования структуры и свойств отливок при литье в кокиль черных и цветных сплавов.

Литье под давлением. Область применения. Особенности формирования структуры и свойств отливок при литье под давлением.

Центробежное литье. Гидродинамические особенности центробежного литья. Особенности процесса затвердевания отливки в поле центробежных сил. Особенности формирования моно- и биметаллических заготовок. Ликвационные явления при центробежном литье.

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.

Литье по выжигаемым моделям, литье в оболочковые формы, литье в вакуумированные и магнитные формы. Литье выжиманием. Особенности каждого процесса.

## 3. Технология производства отливок

### 3.1 Чугунное литье

Характеристика чугуна как конструкционного и литейного материала. Номенклатура чугунов, используемых для изготовления отливок: серый чугун с пластинчатым графитом, ковкий чугун, высокопрочный чугун, легированные чугуны со специальными свойствами. Связь механических свойств чугуна с химическим составом и скоростью охлаждения.

Кристаллизация и структурообразование чугунов. Современные представления о кристаллизации и 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.

Механические свойства и конструкционная прочность чугуна с графитом различной формы. Влияние состава, структуры, размера зерна, количества, характера распределения неметаллических включений и содержания газов. Серый, ковкий, высокопрочный чугуны, чугун с вермикулярным графитом, синтетические чугуны.

Легированные чугуны с высокими параметрами специальных свойств. Классификация по составу, назначению, структуре. Жаростойкие чугуны, теоретические основы процесса окисления металлов. Коррозионно-стойкие чугуны. Износостойкие и антифрикционные чугуны. Жаропрочные, немагнитные и другие виды чугунов со специальными свойствами. Методы оценки специальных свойств. Особенности технологии плавки и модифицирования легированных чугунов.

Технологические свойства чугуна.

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. Плавка чугуна в электропечах. Особенности плавки синтетического чугуна на стальных отходах, металлизированных окатышах и др. Технологические особенности дуплекс-процессов.

Модифицирование чугуна. Теоретические основы модифицирования. Модифицирование чугуна для получения различных форм графита. Модифицирование чугунов с пластинчатым графитом. Модифицирование ковких чугунов. Технология модифицирования чугуна различными присадками.

Контроль качества отливок из чугуна. Исправление дефектов. Термическая обработка отливок.

### 3.2 Стальное литье

Плавка стали. Классификация процессов и способов плавки сталей. Раскисление, десульфурация и дефосфорация сталей. Рафинирование стали синтетическими шлаками. Электрошлаковый переплав. Металлургические особенности плавки легированных сталей. Поведение легирующих компонентов.

Классификация литейных свойств стали и основные методы определения этих свойств.

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.

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.

Контроль качества стальных отливок. Методы и технология исправления дефектов отливок. Термическая обработка стальных отливок.

### 3.3 Литье из цветных металлов и сплавов. Алюминиевые сплавы

Физико-механические свойства цветных металлов и сплавов и области их 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. Применение зернистых и жидких фильтров. Применение вакуума. Прибыли, их расположение и размеры. Направленная кристаллизация. Холодильники. Кристаллизация под давлением. Особенности выбивки и очистки отливок.

Термическая обработка алюминиевых отливок. Особенности технологии изготовления отливок литьем в кокиль, под давлением, под низким давлением.

Магниевые 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. 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.

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. 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.

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. Особенности заливки форм. Применение зернистых фильтров и вакуума. Прибыли, их расположение и размеры. Применение холодильников. Особенности технологии выбивки форм, обрубки и очистки отливок. 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 сплавов, дуговые, индукционные и плазменные. Технология плавки литейных и деформируемых сплавов. Особенности литья в разовые формы. Особенности литниковых систем. Расположение и размер прибылей. Использование центробежной силы. Особенности охлаждения отливок в форме, выбивки форм и стержней и очистки отливок. 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. Совмещенные методы литья и прокатки. Механическая и термическая обработка слитков и др. заготовок.

### Список рекомендованных источников

1. Напалков, В.И. Плавление и литье алюминиевых сплавов: монография / В.И. Напалков, В.Ф. Фролов, В.Н. Баранов [и др.]. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. – 716 с.
2. Белов, В.Д. Литейное производство: учебник / В. Д. Белов, М.В. Пикунов, Э.Б. Тэн [и др.]: под общ. ред. В.Д. Белова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: МИСиС, 2015. – 487 с.
3. Мамина, Л.И. Теория литейных процессов: учебное пособие / Л.И. Мамина – Красноярск: ИПК Сиб. федер. ун-та, 2008.– 300 с.
4. Беляев, С.В. История развития литейного дела: учебное пособие / С.В. Беляев, В.Н. Баранов, И.Ю. Губанов [и др.]. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. – 250 с.
5. Курдюмов, А.В. Производство отливок из сплавов цветных металлов: учебник / А. В. Курдюмов, В.Д. Белов, М.В. Пикунов [и др.]: под ред. В. Д. Белова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: МИСиС, 2011. – 615 с.
6. Пикунов, М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок : учеб. пособие, рекомендовано УМО / М.В. Пикунов. – М.: МИСиС, 2005. - 415 с.
7. Сидельников, С.Б. Производство ювелирных изделий из драгоценных металлов и их сплавов: учебник / С.Б. Сидельников, И.Л. Константинов, Н.Н. Довженко [и др.]. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 380 с.
8. Напалков, В.И. Лигатуры алюминиевые: структура и назначение: монография / В. И. Напалков, В.Н. Баранов, В.Ф. Фролов. – Красноярск : СФУ, 2019. – 176 с.



9. Напалков, В.И. Структура и дефекты слитков из алюминия и его сплавов: монография / В.И. Напалков, А.Е. Афанасьев, Б.В. Овсянников [и др.]. – Красноярск: СФУ, 2018. – 170 с.
10. Напалков, В.И. Физико-химические процессы рафинирования алюминия и его сплавов: монография / В.И. Напалков, С.В. Махов – М.: Lab Lambert Academic Publishing, 2015. – 576 с.
11. Напалков, В.И. Модифицирование алюминиевых сплавов: монография / В.И. Напалков, С.В. Махов, А.В. Поздняков. – М.: МИСиС, 2017. – 348 с.
12. Напалков, В.И. Непрерывное литье алюминиевых сплавов / В.И. Напалков, Г.В. Черепок, С.В. Махов, Ю.М. Черновол. – М.: Интермет «Инжиниринг», 2005. – 512 с.
13. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства: учеб.: в 2 ч. / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. – М.: ИНФРА-М, 2011. - Ч. 1. - 383 с.
14. Чуркин, Б.С. Теория литейных процессов: учебник / Б.С. Чуркин. - Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2006. - 454 с.
15. Никитин, В.И. Наследственность в литых сплавах / В.И. Никитин, К.В. Никитин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 476 с.
16. Деев, В.Б. Получение герметичных алюминиевых сплавов из вторичных материалов: монография / В.Б. Деев. – М. : Флинта : Наука, 2006. – 216 с.
17. Батышев, А.И. Производство отливок в автомобилестроении / А.И. Батышев, В.Д. Белов, К.А. Батышев [и др.]. – М. : МГОУ, 2011. – 205 с.
18. Трухов, А.П. Литейные сплавы и плавка: учеб. для студентов высшего учебного заведения / А.П. Трухов, А.И. Маляров. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 336 с.
19. Голотенков, О.Н. Формовочные материалы : учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2004. - 167 с.
20. Давыдов, Н. И. Литейные противопопригарные покрытия / Н.И. Давыдов. – Машиностроение, 2009. - 240 с.
21. Чернышов, Е.А. Литейные сплавы и их зарубежные аналоги / Е.А. Чернышов. 2006. - 400 с.
22. Граблев, А.М. Литейные сплавы, применяемые в машиностроении : учеб. пособие / А.М. Граблев, А.Н. Болдин. – М.: Изд-во МГИУ, 2007. – 100 с.
23. Дурина, Т.А. Физико-химические основы литейного производства : учеб. пособие. – Пенза, 2009. - 138 с.
24. Попов, А.А. Теория превращений в твердом состоянии: учеб. пособие / А.А. Попов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. - 168 с.

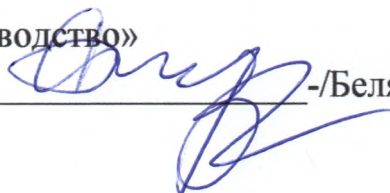
25. Болдин, А.Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия: Справочник/ А.Н. Болдин, Н.И. Давыдов, С.С. Жуковский – М.: Машиностроение, 2006. - 507 с.
26. Трухов, А.П. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Трухов, Ю.А. Сорокин, М.Ю. Ершов [и др.] / Под ред. А.П. Трухова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 528 с.
27. Бровман, М.Я. Непрерывная разливка металлов / М.Я. Бровман. – М.: Экомет, 2007. - 482 с.
28. Граблев, А.Н. Литейные сплавы, применяемые в машиностроении : учеб. пособие, допущено УМО / А.Н. Граблев. - М.: МГИУ, 2007. - 99 с.
29. Белов Н.А. Фазовый состав алюминиевых сплавов / Н.А. Белов. - М.: Изд. дом МИСиС, 2015. - 392 с.
30. Гильманшина, Т.Р. Конструкции и принцип работы оборудования для изготовления слитков из алюминия и его сплавов. Атлас конструкции: учеб. пособие / Т.Р. Гильманшина, Л.И. Мамина, Н.Н. Довженко [и др.]. – Красноярск: СФУ, 2012. – 238 с.
31. Романов, Л.М. Электрические печи литейных цехов для выплавки черных и цветных сплавов : учеб. пособие / Л.М. Романов. - 2-е изд. – М.: МГИУ, 2007. - 103 с.
32. Назаратин, В.В. Технология изготовления стальных отливок ответственного назначения / В.В. Назаратин. – М.: Машиностроение, 2006. - 234 с.
33. Воронин, Ю.Ф. Атлас литейных дефектов «Черные сплавы» / Ю.Ф. Воронин, В.А. Камаев. – М.: Машиностроение, 2005. - 328 с.
34. Матвиенко, И.В. Оборудование литейных цехов / И.В. Матвиенко. – М.: Изд-во МГТУ, 2009. - 325 с.
35. Аникеев, В.В. Печи литейного производства: уч. пособие / В.В. Аникеев. – Самара: Гос. тех. ун-т, 2006. - 129 с.
36. Вагин, Г.Я. Ресурсо- и энергосбережение в литейном производстве: учебник / Г.Я. Вагин, В.А. Коровин, И.О. Леушин, А.Б. Лоскутов. – М.: ФОРУМ, 2011. - 272 с.
37. Болдин, А.Н. Инженерная экология литейного производства / А.Н. Болдин, А.И. Яковлев, С.Д. Тепляков [и др.]. – М.: Машиностроение, 2010. - 352 с.
38. Колтыгин, А.В. Нормативы выбросов и экологическая экспертиза в литейном производстве : учеб. пособие / А.В. Колтыгин. – М.: МИСИС, 2004. - 119 с.

39. Болдин, А.Н. Экологический аудит: уч. пособие для вузов / А.Н. Болдин.  
– М.: МГИУ. 2005. - 110 с.

Составитель программы:

Заведующий кафедрой «Литейное производство»

д-р техн. наук, профессор



\_\_\_\_\_-/Беляев С.В./