

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Набережночелнинский институт

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –

Заместитель председателя

приемной комиссии



Р.Г. Минзарипов

«            »

2019 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

**Направление подготовки:** 15.04.01 Машиностроение

**Магистерская программа:** Машины и технологии обработки металлов  
давлением

**Форма обучения:** очная

2019 г.

Разработчики программы: заведующий кафедрой машиностроения  
В.Г. Шибakov

(должность, инициалы, фамилия)

Председатель экзаменационной комиссии \_\_\_\_\_ Д.Л. Панкратов \_\_\_\_\_  
(подпись) (инициалы, фамилия)

Программа обсуждена и рекомендована для проведения вступительных испытаний в 2019 г на заседании экзаменационной комиссии по направлению подготовки 15.04.01 - «Машиностроение» магистерские программы: «Машины и технология обработки металлов давлением»; «Машины и технология литейного производства» №01 от 24.09.2019  
(дата, номер протокола)

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Вступительное испытание направлено на выявление степени готовности абитуриентов к освоению образовательных программ высшего образования – программ магистратуры, реализуемых в институте по направлению подготовки **15.04.01 «Машиностроение»** по двум профилям:

- 1) «Машины и технология обработки металлов давлением»;
- 2) «Машины и технология литейного производства».

Вступительное испытание проводится **в письменной форме** по экзаменационным билетам, включающим **5 вопросов** из разделов настоящей программы в зависимости от выбранного абитуриентом профиля.

На вступительное испытание отводится **3 часа (180 минут)**.

При оценке знаний абитуриента учитываются правильность и осознанность изложения; полнота раскрытия понятий и закономерностей; точность употребления и трактовки терминов; логическая последовательность; самостоятельность ответа; степень сформированности интеллектуальных и научных способностей.

Результаты вступительного испытания оцениваются по 100-балльной шкале. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 40 баллов.

**Оценка «отлично» (100 – 80 баллов)** выставляется абитуриенту, который обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, усвоил взаимосвязь основных понятий программы, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала.

**Оценка «хорошо» (79 – 60 баллов)** выставляется абитуриенту, который обнаружил полное знание программного материала, показал систематический характер знаний по программе и способен к их самостоятельному обновлению в ходе предстоящей учебной работы.

**Оценка «удовлетворительно» (59 – 40 баллов)** выставляется абитуриенту, обнаружил знание основного программного материала в объеме, необходимом для предстоящей учебы, допустил погрешности в ответе, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

**Оценка «неудовлетворительно» (39 – 0 баллов)** выставляется абитуриенту, который обнаружил значительные пробелы в знаниях основного программного материала, допустил принципиальные ошибки и не готов приступить к предстоящему обучению без дополнительной подготовки.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### *1. Профиль «Машины и технология обработки металлов давлением»*

#### **Раздел 1. Теория обработки металлов давлением.**

**Физическая природа пластической деформации.** Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов. Механизмы холодной пластической деформации монокристаллов скольжением и двойникованием. Строение реальных кристаллов. Дефекты кристаллической решетки и их роль в пластической деформации. Деформационное упрочнение при холодной обработке металлов давлением. Дислокационная природа упрочнения, различные теории упрочнения. Кривые упрочнения 1, 2, 3 рода и их применение в решении задач обработки металлов давлением. Реальная прочность металлов. Механизмы вязкого и хрупкого разрушения. Дислокационные модели разрушения. Механизм горячей пластической деформации. Разупрочняющие процессы при повышенных температурах. Механизм рекристаллизации.

**Теория напряжений.** Распределение напряжений. Напряженное состояние в точке и на плоскости. Нормальные и касательные напряжения. Схемы напряженного состояния. Тензор напряжений. Компоненты тензора напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений. Диаграмма напряжений (круги Мора). Уравнения равновесия для объемного напряженного состояния. Плоское напряженное и плоское деформированное состояние.

**Теория деформаций и скоростей деформаций.** Компоненты перемещений и деформаций в элементарном объеме. Деформированное состояние в точке. Тензор деформаций. Главные деформации. Интенсивность деформаций. Конечные деформации. Дифференциальные уравнения равновесия. Закон постоянства объема. Связь между напряжениями и деформациями в упругой и пластической области. Скорость деформации. Влияние скорости деформации на прочность и сопротивление деформированию.

**Условие пластичности.** Физический смысл условия пластичности. Условие пластичности максимальных касательных напряжений (Сен-Венана).

**Разрушение.** Простейшая модель разрушения. Ресурс пластичности. Условия деформирования металла без разрушения. Законы трения в обработке металлов давлением. Факторы трения в обработке металлов давлением.

**Решение задач обработки металлов давлением приближенными методами.** Расчет деформирующих усилий при совместном решении уравнений равновесия и условия пластичности. Определение усилий деформирования методом верхней оценки. Метод линий скольжения. Метод

баланса работ. Метод конечных элементов. Уравнение метода конечных элементов.

## **Раздел 2. Технологияковки и объемной штамповки.**

**Исходные материалы и их подготовка дляковки и штамповки.** Слитки. Виды слитков. Дефекты слитков. Коэффициент выхода годного приковке из слитков различной конструкции. Катаные заготовки. Блюмы, сортовой прокат, полосовая сталь. Требования, предъявляемые к сталям и сплавам, обрабатываемым ковкой и штамповкой. Физические, химические, механические и технологические свойства материалов для обработки давлением.

**Нагрев металла перед обработкой давлением.** Требования, предъявляемые к нагреву и нагревательным устройствам. Температурный интервалковки и штамповки сталей. Дефекты нагрева. Влияние температуры на пластичность металлов и сплавов.

Режимы нагрева в пламенных кузнечных печах. Использование электрических нагревательных устройств. Термообработка поковок. Способы защиты заготовок от образования окалины.

**Свободная ковка.** Назначение и область применения. Основные и вспомогательные операции свободнойковки. Осадка, вытяжка, протяжка, прошивка, гибка, рубка, обрезка, кузнечная сварка. Уков и степень осадки. Инструмент и приспособления дляковки. Ковочное оборудование. Расчет усилий деформирования, выбор оборудования.

**Горячая объемная штамповка.** Оборудование для горячей объемной штамповки. Разработка технологического процесса. Разработка чертежа поковки и определение массы поковки. Штамповка в открытых штампах. Стадии заполнения ручья при открытой объемной штамповке. Горячая штамповка в закрытых штампах. Требования к заготовкам. Элементы конструкции закрытого штампа. Преимущества и недостатки штамповки в закрытых штампах. Штамповка выдавливанием. Специальные виды горячей объемной штамповки: скоростная штамповка, изотермическая штамповка, штамповка в условиях сверхпластичности, полугорячая штамповка, жидкая штамповка.

**Штамповка на молотах и прессах.** Классификация поковок, штампуемых на молотах. Штамповочные переходы. Предварительные (черновые) и окончательные (чистовые) ручки. Выбор переходов штамповки для поковок круглых, квадратных и близких к ним в плане. Расчет размеров заготовки при штамповке вдоль оси. Поковки с развитой ступенчатой и сборной частью. Переходы штамповки поковок типа вилок и крестовин. Специальные формовочные переходы. Выбор переходов штамповки для поковок с удлиненной осью. Расчетная заготовка. Эпюра сечений. Элементарная и сложная расчетная заготовка. Способы приведения сложных расчетных заготовок к элементарным. Выбор размеров и формы исходной заготовки. Выбор переходов штамповки для поковок смешанной

конфигурации. Особенности построения технологического процесса. Случаи применения специального оборудования: ковочных валльцев, растяжных, выкрутных и горизонтально-ковочных машин.

**Холодная объемная штамповка.** Особенности объемной штамповки металлов в холодном состоянии. Требования, предъявляемые к заготовкам. Калибровка заготовок и подготовка поверхности перед холодной объемной штамповкой. Методы холодной объемной штамповки: холодное выдавливание и холодная высадка. Оборудование для холодной объемной штамповки и холодной высадки. Проектирование технологических переходов штамповки и расчет усилий по переходам. Предварительная и промежуточная термообработка заготовок. Изготовление стандартных изделий методами холодной объемной штамповки. Одно-, двух- и трехударные холодновысадочные автоматы. Преимущества и недостатки холодной объемной штамповки.

### **Раздел 3. Технология листовой штамповки.**

**Исходные материалы для листовой штамповки.** Сортамент, маркировка, технические условия на поставку. Неметаллические материалы для листовой штамповки.

**Разделительные операции.** Классификация разделительных операций. Механизм деформирования. Качество и точность деталей. Расчет технологических усилий разделительных операций. Типы и схемы ножниц. Методы рационального раскроя материала. Способы повышения качества поверхности среза. Оптимальный зазор между пуансоном и матрицей. Штампы для разделительных операций.

**Гибочные операции.** Основные схемы гибки. Напряженно-деформированное состояние при гибке. Расчет размеров заготовки. Определение усилий гибки. Угол пружинения и радиусы закруглений. Гибка с растяжением. Гибка профилей.

**Вытяжка.** Разновидности операций вытяжки. Напряженно-деформированное состояние заготовок. Коэффициенты вытяжки. Расчет размеров исходной заготовки. Определение технологических усилий. Роль смазки при вытяжке. Геометрия инструмента и расчет исполнительных размеров. Анализ брака изделий и методы его устранения.

**Формовка, отбортовка, раздача, обжим, рельефная формовка.** Их характеристики. Проектирование технологических переходов. Расчет усилий деформирования и выбор оборудования.

**Специальные способы штамповки листового материала.** Штамповка резиной и жидкостью. Гидромеханическая вытяжка. Штамповка взрывом и пневмоформовка. Электрогидравлическая и магнитно-импульсная штамповка. Преимущества и недостатки процессов.

### **Раздел 4. Кузнечно-штамповочное оборудование.**

**Классификация кузнечно-прессовых машин.** Классификация по технологическому назначению, по кинематике исполнительного механизма, по конструкции и другим признакам. Прессы общего назначения, вытяжные, гибочные, ковочно-штамповочные и чеканочные прессы. Молоты. Горизонтально-ковочные машины. Прокатные станы. Ковочные вальцы. Специальные виды оборудования.

**Вытяжные прессы.** Прессы двойного и тройного действия. Особенности конструкции и расчет основных узлов и деталей. Расчет станин, внутреннего и наружного ползунов. Кинематическая схема пресса двойного и тройного действия. Техническая характеристика вытяжных прессов.

**Горячештамповочные кривошипные прессы.** Назначение. Особенности конструкции. Кинематическая схема кривошипного пресса. Кинематические параметры кривошипно-ползунного механизма. Энергетические возможности кривошипных прессов. Расход энергии в приводе за цикл. Системы включения прессов. Отличительные особенности муфт и тормозов. Закрытая высота пресса.

**Горизонтально-ковочные машины.** Основные типы горизонтально-ковочных машин с вертикальным и горизонтальным разъемом матриц. Особенности расчета узлов и деталей. Расчеты станины, рабочего и зажимного ползунов, механизмов привода ползунов, предохранительных устройств. Техническая характеристика ГКМ.

**Гидравлические прессы.** Назначение, принцип действия. Принципиальная конструктивная схема гидравлического привода. Рабочий цикл. Классификация гидравлических прессов по технологическому признаку. Ковочные гидравлические прессы. Следящие системы и вспомогательные механизмы ковочных прессов.

**Молоты.** Классификация молотов. Молоты простого и двойного действия. Шаботные и бесшаботные молоты. Паровоздушные молоты. Пневматические и гидравлические молоты. Принцип действия молота и его общая схема. Фундаменты под молоты. Расчет энергии удара и массы падающих частей молота.

## **Раздел 5. Проектирование машиностроительного производства.**

**Исходные данные для проектирования цеха КШП.** Программа выпуска изделий в натуральном и стоимостном выражении. Номенклатура выпускаемой продукции. Тип производства и режим работы цеха. Нормативная документация по проектированию производства.

**Выбор метода проектирования.** Подetailное, приведенное и укрупненное проектирование. Техничко-экономическое обоснование проектных решений.

**Проект цеха.** Состав графической части. Основные расчеты по проекту.

Методика определения состава и количества оборудования, основных и вспомогательных рабочих, производственной и вспомогательной площади.

Особенности проекта реконструкции цеха.

**Грузопотоки и транспортные средства.** Расчет и проектирование грузопотоков. Классификация транспорта цеха. Выбор и проектирование мостовых кранов и наземных видов транспорта. Указание транспортных потоков на чертеже планировки цеха.

**Общезаводские и общецеховые службы и устройства.** Организация ремонта оборудования и ремонта штампов. Штампово-инструментальное хозяйство. Учет и паспортизация штампов. Склад штампов, хранение штампов. Система планово- предупредительных ремонтов оборудования.

**Средства механизации и автоматизации производственных процессов в машиностроении.** Гибкие производственные системы и модули.

## *II. Профиль «Машины и технология литейного производства»*

### **Раздел 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 ученых в развитии теории и технологии литейного производства. Техно-экономические показатели производства литых изделий. Современное состояние и основные тенденции развития литейного производства в России и зарубежных странах.

**Теоретические основы процессов плавки.** Свойства металлов и сплавов в твердом и жидком состоянии, определяющие условия плавки (плотность, температура плавления, давление пара, вязкость и др.) Структура металлических расплавов. Термодинамические особенности процессов плавления. Металлохимические свойства элементов. Основные термодинамические константы. Термодинамические функции в расчетах металлургических процессов. Кинетика гетерогенных металлургических реакций. Взаимодействие металлов и сплавов с газами. Газонасыщение и газовыделение. Влияние температуры и давления. Системы металл-водород, металл-кислород, металл-водяной пар. Азот в жидком железе. Взаимодействие металлических расплавов с футеровкой плавильных и раздаточных печей, с материалами плавильных тиглей. Защита металлических расплавов от взаимодействия с воздушной средой. Плавка в защитной или инертной атмосфере, вакуумная плавка. Применение шлаков, флюсов, защитных покровов. Взаимодействие металлических и шлаковых расплавов. Основы теории шлаковых расплавов. Свойства жидких шлаков. Диссоциация. Свойства конденсированных фаз. Температурная функция прочности соединений. Особенности диссоциации оксидов. Прочность оксидов. 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-го и 2-го рода. Термовременная обработка расплава. Экологические проблемы при плавке и обработке расплава в жидком состоянии и заливке.

**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 в целях 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. Жидкотекучесть сплавов, влияние металлургических и технологических факторов на жидкотекучесть литейных сплавов и качество отливок. 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 отливок. 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. 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.

## **Раздел 2. Технологические основы литейного производства**

**Теория и технология литья в песчаные формы.** Требования, предъявляемые формовочным материалам. Физико-химические, механические и технологические свойства формовочных и стержневых смесей. Методы определения. Кварцевые формовочные пески, их минералогический состав. Классификация формовочных песков по содержанию глины, примесям и зерновому составу. Методы испытания. Формовочные глины, минералогический состав и их строение. Классификация глин и методы испытания. Выбор глин в зависимости от назначения смеси. Факторы, определяющие связующую способность глин. Классификация формовочных и стержневых смесей. Формовочные смеси для сырых и упрочненных форм. Формовочные и стержневые смеси с тепловым и химическим упрочнением. Технологические свойства смесей. Критерии выбора смесей при разработке технологии. Физико-химические и технологические особенности упрочнения смесей с неорганическими и органическими связующими. Теоретические основы процессов холодного отверждения смесей с синтетическими смолами) Теория формирования прочности смесей синтетическими смолами. Теория формирования прочности смесей с жидким стеклом. Физико-химические процессы при отверждении смесей с цементами и фосфатами. Пластичные и жидкие ХТС с жидким стеклом. Физико-химические принципы получения жидких самотвердеющих смесей (ЖСС). Методы испытаний свойств ХТС и ЖСС. Виды ЖСС и области их использования. Реологические свойства ЖСС и ХТС. Смеси для изготовления форм с тепловой сушкой и поверхностной подсушкой. Технология приготовления формовочных и стержневых смесей. Регенерация формовочных и стержневых смесей и ее разновидности: гидравлическая, механическая, термическая, термомеханическая, пневматическая и др. Требования к модельно-литейной оснастке. Ее элементы, конструкция и назначение. Модели, стержневые ящики, подмодельные плиты, стержневые плиты, 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 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 что 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, уплотнений Пескометом. Их сравнительный анализ. Способы удаления модели из формы. Влияние способа удаления на точность операции. Виды машинной формовки. Формовка в парных опоках, стопочная формовка, безопочная формовка с вертикальной плоскостью разъема. Импульсная и вакуумная формовка. Изготовление стержней. Классы сложности стержней, их влияние на выбор типа стержневой смеси и технологию изготовления стержня. Изготовление стержней пескодунным, 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 ее металлом. Литейные ковши. Возможности механизации и автоматизации операций сборки и заливки. Автоматические заливочные устройства. Дозирование металла. Определение времени охлаждения отливки в форме, в том числе по результатам моделирования на ЭВМ. Выбивка и очистка литья. Схемы выбивки опок. Удаление стержней из отливок, механические и гидравлические методы. Способы очистки поверхности удаления заливок. Возможности механизации и автоматизации отдельных операций. Термическая обработка отливок.

**Технология специальных видов 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. Литье методом выжимания.

**Центробежное литье.** Гидродинамические особенности центробежного литья. Давление металла в форме. Особенности процесса затвердевания отливки в поле центробежных сил. Особенности формирования моно- и биметаллических заготовок. Ликвационные явления при центробежном литье. Удаление неметаллических включений и газов. Усадочные явления. Макро- и микроструктура отливок. Явление полосчатости. Гравитационный коэффициент. Механические свойства металла центробежных заготовок. Особенности технологии получения

крупных толстостенных и фасонных заготовок. Теплоизоляционные покрытия изложниц, методы их нанесения. Флюсы, применяемые при производстве центробежного литья, и их назначение.

**Непрерывное литье.** Теоретические основы непрерывного литья. Его преимущества и недостатки. Электрошлаковое литье. Сущность метода электрошлакового литья.

**Литье по выплавляемым моделям.** Области применения. Технологический процесс изготовления моделей и форм. Литниковые системы. Подготовка форм под заливку. Сплавы, применяемые для литья по выплавляемым моделям.

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

### **Раздел 3. Технология производства отливок**

**Чугунное литье.** Применение чугуна в машиностроении и других отраслях народного хозяйства. 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. Основные отличия эксплуатационных и литейных свойств этих групп чугунов. Области применения, ГОСТы на отливки из чугуна. Особенности технологического процесса изготовления чугунных отливок. Связь механических свойств чугуна с химическим составом и скоростью охлаждения. Кристаллизация и структурообразование чугунов. Основы теории кристаллизации чугуна по стабильной и метастабильной системам. Современные представления о кристаллизации и формообразовании графита. Гипотезы и теоретические представления о возможной роли межфазной энергии, переохлаждения, адсорбционных и дислокационных явлений при формообразовании графита. Влияние состава, физических и физико-химических факторов на структурообразование и графитизацию чугуна. Влияние основных компонентов чугуна. Влияние степени перегрева, выдержки и скорости охлаждения. Влияние инокулирующих присадок. Структурные диаграммы для серого, белого, половинчатого и высокопрочного чугуна при литье в песчаные и металлические формы. Методы их построения. Механические свойства и конструкционная прочность чугуна с графитом различной формы. Современные методы оценки механических свойств. Основы линейной механики разрушения. Влияние состава, структуры, размера 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. Теоретические основы легирования. Основные легирующие компоненты и их влияние на термодинамику и кинетику структурообразования. Классификация по составу, назначению, структуре. Жаростойкие чугуны, теоретические основы процесса окисления металлов. Рост чугуна при термоциклировании. Изменения структуры свойства чугуна при длительной выдержке в области высоких температур. Коррозионно-стойкие чугуны. Износостойкие и антифрикционные чугуны. Основы теории трения и изнашивания металлов. Ударно-абразивное изнашивание, зависимость износостойкости от твердости чугуна. Жаропрочные, немагнитные и другие виды чугунов со специальными свойствами. Методы оценки специальных свойств. Особенности технологии плавки и модифицирования легированных чугунов. Технологические свойства чугуна. Характеристика, методы исследования и качественной оценки основных параметров технологических свойств чугунов: жидкотекучести, линейной усадки, склонности к ликвации и трещинообразованию. Связь литейных свойств с процессами кристаллизации и графитообразования. Плавка чугуна. Теоретические основы плавки чугуна. Современные тенденции в развитии методов плавки чугуна. Принцип выбора плавильных агрегатов. Влияние технологии плавки на свойства жидкого чугуна и качество металла в отливках. Плавка чугуна в вагранке. Особенности плавки в коксовых, коксогазовых и газовых вагранках на холодном и подогретом дутье. Особенности основного и кислого процессов. Современные методы интенсификации плавки. Плавка чугуна в электропечах. Металлургические процессы при плавке в электропечах. Основы плазменной, электронно-лучевой и электрошлаковой плавки. Особенности плавки синтетического чугуна на стальных отходах, металлизированных окатышах и др. Технологические особенности дуплекс-процессов. Типы печей для электроплавки чугуна и их особенности. Техничко-экономические показатели. Модифицирование чугуна. Теоретические основы модифицирования. Модифицирование чугуна для получения различных форм графита. Модифицирование чугунов с пластинчатым графитом. Модифицирование ковких чугунов. Модифицирующие присадки для получения заданной структуры, принцип их действия. Технология модифицирования чугуна различными присадками. Оборудование, применяемое для модифицирования чугунов. Теоретические и технологические основы суспензионной заливки. Контроль качества отливок. Исправление дефектов. Термическая обработка отливок.

**Стальное литьё.** Плавка стали. Классификация процессов и способов плавки сталей. Шихтовые материалы. Физико-химические и технологические особенности плавки углеродистых сталей в мартеновских, электрических дуговых, индукционных печах и вакуумных печах. Конвертерные процессы. Внепечное вакуумирование. Применение и технико-экономические показатели плавки в мартеновских и электрических печах и в конвертерах. Управление плавкой. Раскисление, десульфурация и дефосфорация сталей. Рафинирование стали синтетическими шлаками. Электрошлаковый переплав.

Непрерывная плавка стали. Плавка в плазменных печах. Metallургические 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: теоретические основы процесса образования окисных плен, влияние химического состава, меры предупреждения процесса образования окисных плен. Влияние химического состава стали и основных технологических факторов на объемную и линейную усадку стали. Закономерности изменения линейной усадки в процессе затвердевания и последующего охлаждения отливки. Температурный интервал затвердевания стали, его влияние на ее литейные свойства. Классификация стали по химическому составу и структуре. Принципиальные особенности технологии изготовления отливок из углеродистых низколегированных, среднелегированных и высоколегированных сталей. Технологические особенности процесса получения заданной структуры литой стали аустенитного и ферритного классов. Основные отличия эксплуатационных и литейных свойств этих групп сталей: прочность, пластичность, жаропрочность, износостойкость, антикоррозионные свойства, жидкотекучесть, усадка, склонность к образованию горячих трещин. Классификация пороков стальных отливок: размерные, поверхностные, пороки сплошности стенок, несоответствие структуры и неоднородность химического состава, несоответствие механических свойств. Основные причины их возникновения. Особенности изготовления форм и стержней. Формовочные и стержневые смеси для стальных отливок. Повышение огнеупорности формы за счет применения специальных материалов: оливиновых пород, хромистого железняка, магнезита, цирконового песка. 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. Технологические методы обеспечения направленного затвердения стали, область их применения в зависимости от толщины стенок и отливок и состава стали. Дефекты стальных отливок, их классификация. Особенности классификации дефектов стальных отливок, принятой в РФ, от международной классификации. Усадочные раковины и пористость, теоретические основы процесса формирования этих дефектов, зависимость данного процесса от состава, свойств стали и технологических факторов. Методы предупреждения возможности образования указанных дефектов. Особенности очистки и обрубки отливок. Удаление прибылей. Контроль качества стальных отливок. Методы и технология исправления дефектов

отливок. Термическая обработка стальных отливок.

**Алюминиевые сплавы.** Физико-механические свойства и области применения. Сплавы со специальными свойствами. Литейные свойства алюминиевых сплавов. Принципы легирования. Промышленные марки литейных и деформируемых сплавов. Печи для плавки алюминиевых сплавов. Особенности технологии плавки различных групп промышленных сплавов. Рафинирование и модифицирование. Характеристика формовочных и стержневых смесей. Особенности литниковых систем при литье в разовые формы. Применение зернистых и жидких фильтров. Применение вакуума. Прибыли, их расположение и размеры. Направленная кристаллизация. Холодильники. Кристаллизация под давлением. Особенности выбивки и очистки отливок. Контроль отливок и направление дефектов. Термическая обработка отливок. Особенности технологии изготовления отливок литьем в кокиль, под давлением, под низким давлением. Механизация и автоматизация процессов заливки и извлечения отливок из форм.

Технические и экономические предпосылки, определяющие выбор способа производства отливок из алюминиевых сплавов. Области применения различных способов литья.

**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 для предотвращения горения сплавов. Литье в разовые формы. Характеристика формовочных и стержневых смесей. Особенности литниковых систем. Особенности технологии заливки форм. Ковши чайникового типа. Применение зернистых фильтров и 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 сплавов, 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 аргонно-дуговой заваркой. Особенности технологии литья титановых сплавов по выплавляемым моделям и в оболочковые формы. Тугоплавкие металлы и сплавы. Физико-химические и технологические свойства. Особенности технологии плавки и литья.

**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.** Литьё 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 плены 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.

#### **Раздел 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» импульс. Технологические возможности импульсного процесса, его недостатки. Клапаны импульсных машин. Импульсно-прессовый процесс уплотнения. Пескодувно-импульсно-прессовый процесс уплотнения. Формовочные машины для изготовления безопочной парной, стопочной вертикальной или горизонтальной формы. Основные требования к процессу уплотнения 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. Компонировка 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. Машины литья под давлением. Особенности и основные параметры процесса литья под давлением. Основные конструктивные типы машин литья под давлением. Машины с вертикальной и горизонтальной холодной камерой прессования, с горячей камерой прессования. Рабочий процесс механизма прессования машины литья под давлением. Динамика аккумуляторного привода механизма прессования без мультипликатора и с мультипликатором. Способы и устройства включения мультипликатора. Типы и кинематика запирающих механизмов. Расчет основных параметров машин литья под давлением. Компонировка 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 ее работы. 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.

## **Раздел 5. Механизация и автоматизация литейного производства**

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 автоматического управления технологическими процессами. Принципы управления: жесткое, по возмущению и отклонению. Структурные схемы и их анализ. П-, ПИ- и ПИД-способы управления. Программное управление. Цифровое управление. Управляющие ЭВМ, схемы использования в режиме советчика и прямого управления. Автоматическое управление многооперационными литейными машинами-автоматами. Методы описания объекта автоматизации: структурная схема многооперационного процесса, Конструктивно-технологическая и функциональная схемы, циклограмма и тактограмма, логические условия, определяющие заданную последовательность работы механизмов и защитные блокировки. Основы проектирования высокоэффективных автоматических литейных машин и линий. Принципы повышения производительности автоматических машин: интенсификация процессов; совмещение выполнения операций во времени, распределение выполнения операций процесса в пространстве и совмещение их выполнения во времени, использование многоместной оснастки. Машины-автоматы дискретного действия. Организация выполнения многооперационного процесса в пространстве и времени. Одно- и многопозиционные и челночные автоматы, их анализ с позиций производительности, надежности 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 (ГАП) отливок как перспективное направление развития автоматизации в литейном производстве. Особенности ГАП, проблемы и направления их разрешения. Методы и средства создания ГАП отливок: особенности технологии и оснастки, технологической подготовки, автоматическая замена оснастки и перестройка технологических режимов при частом переходе на изготовление новой партии отливок. Примеры автоматизации производства отливок в разовых песчаных формах и специальными способами литья. Поточные механизированные и частично автоматизированные литейные линии. Состав поточной линии. Транспортные системы поточных линий: горизонтально-замкнутые тележечные непрерывно движущиеся 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; сначала охлаждение отливки в опочной форме, затем отделение кома с отливкой от опок и охлаждение отливки в коме с последующей выбивкой отливки из кома. Автоматизация основных операций процесса плавки. Типовая механизация и автоматизация на складах шихты.

Автоматизация составления и завалки шихты в плавильные агрегаты. Автоматизация процесса плавки: схема регулирования режима работы дуговой и индукционной электропечи, регулирование дутья вагранки. Автоматический контроль и регулирование температуры в индукционных печах. Механизация транспортировки расплавленного металла от плавильных агрегатов к заливочным установкам. Автоматизация и механизация процесса обрубки и очистки отливок. Типовые поточные линии очистки литья.

## **Раздел 6. Техника безопасности, улучшение санитарно-гигиенических условий. Охрана окружающей среды.**

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

**Вопросы техники безопасности в плавильных отделениях.** Требования промышленной санитарии, предъявляемые к различным типам вагранок. Очистками 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. 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.

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### ***1. Перечень вопросов по профилю «Машины и технология обработки металлов давлением»***

1. Дефекты кристаллической решетки металлов.
2. Анизотропия свойств металлов.
3. Валковые подачи.
4. Влияниековки и штамповки на макро- и микроструктуру металла. Механические свойства штампуемых сталей и сплавов.
5. Влияние температуры на сопротивление деформированию и пластичность.

6. Влияние химического и фазового состава на пластичность металлов и сплавов.
7. Выбор и расчет грузопотоков и транспорта при проектировании цеха КШП.
8. Выбор и расчет грузопотоков и транспортных средств цеха.
9. Выбор метода проектирования цеха.
10. Выбор параметров молота.
11. Выбор переходов штамповки для поковок с удлиненной осью.
12. Выбор переходов штамповки поковок круглых, квадратных и близких к ним в плане.
13. Выбор переходов штамповки поковок смешанной конфигурации.
14. Выбор температурного интервалаковки и штамповки.
15. Вытяжка. Коэффициенты вытяжки. Размер заготовок для деталей коробчатой формы.
16. Вытяжка. Разновидности операций вытяжки. Напряженно-деформированное состояние заготовки.
17. Вытяжные прессы. Механизм привода наружного ползуна прессы двойного действия.
18. Гибочные операции. Основные схемы гибки. Напряженно-деформированное состояние заготовки.
19. Главные нормальные и главные касательные напряжения.
20. Горизонтально-ковочные машины.
21. График работоспособности кривошипного прессы.
22. Детали блока штампа. Расчет и проектирование рабочих частей штампа.
23. Деформированное состояние в точке. Тензор деформаций. Главные деформации.
24. Дифференциальные уравнения равновесия. Закон постоянства объема.
25. Инварианты тензора деформаций. Интенсивность деформаций. Конечные деформации.
26. Индукционный нагрев заготовок под пластическую деформацию.
27. Кинематическая схема кривошипного прессы. Кинематические параметры кривошипно-ползунного механизма.
28. Классификация кривошипных машин по технологическому признаку.
29. Классификация кривошипных прессы по кинематике исполнительного механизма.
30. Классификация штампов для горячего деформирования. Инструментальные стали для деталей штампов.
31. Кривошипные горячештамповочные прессы. Кинематическая схема.
32. Кривошипные горячештамповочные прессы. КПД кривошипных прессы.
33. Методики определения состава и количества производственного оборудования.
34. Методы безокислительного нагрева.
35. Методы рационального раскроя листового материала.

36. Методы рационального раскроя листового материала. Типы и схемы ножниц.
37. Механизмы подачи проволоки и прутка, переноса заготовок.
38. Механизмы регулировки закрытой высоты и хода ползуна.
39. Напряженное состояние в точке и на плоскости.
40. Общезаводские и общецеховые службы и устройства.
41. Основные элементы штампов для ЛШ. Классификация штампов. Материалы деталей штампов.
42. Основы расчета станин гидравлических прессов.
43. Пластичность металлов и методы ее определения. Пластичность металлов при горячей обработке давлением.
44. Плоское напряженное и плоское деформированное состояние. «Плоская» задача.
45. Ползуны кривошипных прессов. Закрытая высота пресса. Расчет ползунов.
46. Понятие о технологичности конструкции поковки. Оценка качества поверхности.
47. Прессы двойного и тройного действия.
48. Простейшая модель разрушения. Ресурс пластичности. Условия деформирования металла без разрушения.
49. Разделительные операции листовой штамповки.
50. Разделительные операции листовой штамповки. Механизм деформирования.
51. Разработка технологического процесса свободной ковки. Выбор оборудования.
52. Разработка технологического процесса свободной ковки. Выбор оборудования.
53. Разупрочняющие процессы при горячей обработке давлением. Механизм рекристаллизации.
54. Расчет деформирующих усилий по приближенным уравнениям равновесия и условию пластичности.
55. Ротационно-ковочные машины.
56. Сверхпластичность и условия ее возникновения. Использование сверхпластичности на практике.
57. Свободная ковка. Назначение и область применения. Операции. Инструменты и приспособления.
58. Связь между напряжениями и деформациями в упругой и пластической области.
59. Силовые факторы, действующие на валки и ролики гибочных и листовых машин.
60. Системы включения прессов. Отличительные особенности муфт и тормозов.
61. Скорость деформации. Влияние скорости деформации на прочность и сопротивление деформированию.
62. Специальные виды горячей объемной штамповки.

63. Специальные технологии листовой штамповки.
64. Способы электронагрева под пластическую деформацию.
65. Стали и сплав, обрабатываемые ковкой и штамповкой. Требования, предъявляемые к исходным материалам.
66. Схема напряженного состояния, тензор напряжений. Инварианты тензора напряжений.
67. Температурный интервалковки и штамповки. Обоснование выбора верхней и нижней границы температурного интервала.
68. Требования, предъявляемые к исходным материалам для листовой штамповки.
69. Упрочнение при холодной пластической деформации. Природа упрочнения. Кривые упрочнения 1, 2 рода.
70. Условие пластичности. Физический смысл условия пластичности.
71. Физическая природа пластической деформации. Механизмы деформации.
72. Формовка. Основные виды. Проектирование технологических переходов.
73. Формоизменяющие операции листовой штамповки. Вытяжка. Формовка.
74. Шибберные подачи. Устройство и принцип действия.
75. Штамповка в закрытых штампах. Стадии заполнения ручья.
76. Штамповка в открытых штампах. Стадии заполнения ручья при открытой объемной штамповке.
77. Штампы для формоизменяющих операций листовой штамповки.
78. Штампы для формоизменяющих операций.
79. Штампы КГШП. Конструирование вставок, выталкивателей.
80. Штампы последовательного действия.
81. Штампы совмещенного действия. Определение центра давления штампа.
82. Электроды сопротивления для нагрева под пластическую деформацию.
83. Энергетические возможности кривошипных прессов. Расход энергии в приводе за цикл.

## ***II. Перечень вопросов по профилю «Машины и технология литейного производства»***

1. Автоматизированные смесеприготовительные системы и раздачи смеси по бункерам.
2. Автоматические выбивные установки для безопочных форм и опочных форм без крестовины.
3. Автоматические стержневые машины. Управление их процессами.
4. Влияние конструкции оснастки на технологичность и надежность. Материалы, применяемые для оснастки.
5. Влияние физических свойств металла на жидкотекучесть.



6. Возможности и целесообразность получения отливок из сплавов магния в кокиль и литейно-технологические свойства сплавов системы Mg-Al-Si.

7. Возможность, область применения, преимущества, недостатки и особенности литья гильз в кокиль и борьба с усадочными раковинами.

8. Возможность, область применения, преимущества, недостатки и особенности литья гильз в кокиль и борьба с усадочными раковинами.

9. Встряхивающие стержневые машины. Стержневые машины для изготовления стержней оболочковых стержней из планированных смесей. Изготовление стержней из ЖСС.

10. Выбор и расчет количества стержневых машин и стеллажей для стержней.

11. Выбор оборудования для формовки и сушки стержней. Расчет количества машин и сушил.

12. Дайте определение упругости диссоциации карбоната на примере  $\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ .

13. Дайте формулировку закона действующих масс и запишите кинетику равновесия реакции  $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$ .

14. Дать определения понятиям: жидкотекучесть (нулевая, истинная, условно-истинная, практическая) и вязкость металла и шлака.

15. Как зависит скорость зарождения центров кристаллизации от величины переохлаждения расплава.

16. Как определить содержание газов в жидкой стали? Причины и механизм образования ситовидной пористости в отливках из среднеуглеродистой стали.

17. Как получить качественный чугун, используя разные плавильные печи (вагранку, дуговую и индукционную печи).

18. Как получить модифицированную структуру чугуна и как влияет поверхностное натяжение жидкого металла на процесс модифицирования.

19. Как получить отливку в кокиле из перлитного чугуна и как перевести ее в ковкий чугун.

20. Как получить отливку из ферритного ковкого чугуна при ускоренном отжиге.

21. Как происходит превращение дендритов в зерна кристаллической структуры, и кем это было замечено.

22. Как рассчитать количество тепла, передаваемого через плоскую металлическую стенку и зазор после усадки отливки в стационарном потоке. Понятие о «втором начале химической термодинамики».

23. Какие бывают центры кристаллизации, и в чем разница между гомогенным и гетерогенным зарождением и ростом кристаллов.

24. Какие вы знаете системы с точки зрения химической термодинамики.

25. Какие задачи решают при проведении восстановительного процесса сплава на основе железа в электродуговой печи с основной футеровкой и в чем суть смещения равновесия расплава.

26. Какие требования предъявляются к флюсам при плавке магниевых сплавов.

27. Какие флюсы применяют и какие наводят шлаки при плавке бронз.

28. Каких газов больше в алюминиевых отливках и как их определить.

29. Классификация и конструкция очистных барабанов непрерывного действия. Разница между галтовочными и дробеметными барабанами. Расчет числа оборотов очистного барабана.

30. Классификация химических реакций. Кинетика их и закон распределения компонентов между металлом и флюсом.

31. Ковшовой элеватор для перемещения дроби. Конструкция и принцип действия.

32. Конструкция вибратора для уплотнения ХТС. Варианты и принцип действия.

33. Конструкция и принцип действия очистного дробеметного аппарата непрерывного действия. Дробеметные аппараты. Конструкция и принцип действия.

34. Конструкция пескодувной (пескострельной) головки и других узлов стержневых машин. Вывод воздуха из стержневого ящика.

35. Конструкция толкателей и расчет усилия пневмоцилиндра.

36. Литниково-питательная система для этого метода. Расчет ее.

37. Материал и размеры дроби. Способы производства ее. Стойкость дробеметных лопаток и пути ее повышения.

38. Материалы формы и требования к ним. Литниковая система. Режим заливки формы. Качество отливок.

39. Меры борьбы с прилипанием формовочной смеси к оснастке и с раздутием формы.

40. Методы и исходные данные для разработки проекта и порядок расчета.

41. Методы и кинетика очистки алюминиевых сплавов от газов и окислов.

42. Методы и механизм отделения пригаров от отливок. Дробеметные аппараты и их классификация.

43. Методы определения величины поверхностного натяжения расплавленных металлов.

44. Методы определения коэффициента диффузии в твердых и жидких сплавах. Целесообразность рафинирования и дегазации сплава ультразвуком.

45. Методы подготовки кокиля к работе. Материал футеровки.

46. Методы удаления кома с отливкой из опоки. Сравнить методы: выдавливания, ударного и вибрационного. Отделение смеси от отливки. Методы.

47. Механизм разрушения пригара при очистке отливок. Материал и размеры дроби. Способы ее производства.

48. Обосновать выбор и состав формовочной смеси.

49. Обосновать выбор технологического процесса получения заданных свойств чугунных отливок в металлической форме (кокиле), возможности и невозможности получить

50. Общая теория метательных машин. Силы, действующие на дробь при движении ее по лопатке.

51. Объяснить понятия: фронт кристаллизации, зоны (двухфазная зона) кристаллизации, область твердожидкой фазы, равновесная и неравновесная кристаллизация.

52. Определение высоты слоя смеси в чаше бегунов из условия качения катка по смеси и рассчитать рабочие параметры каткового смесителя.

53. Определение закона Гесса, и какие задачи он позволяет решать?

54. Организация процесса, область применения, достоинства, недостатки и особенности метода вакуумной формовки.

55. Организация типового плавильного участка чугунолитейного цеха. Выбор плавильного оборудования и сооружение печного фундамента, кожуха и каркаса печи.

56. Основные положения при проектировании стержневых отделений для массового и крупносерийного производства.

57. Основные технико-экономические показатели литейного цеха (проекта).

58. Особенности кладки стен, пода и верха плавильных печей.

59. Особенности расчета литниковых систем для горизонтально-стопочной формы. Причины появления трещин в форме при заливке сплава и меры их устранения.

60. Отличие литья под низким давлением от литья с противодавлением. Сравнить качество отливок.

61. Очистка дроби от пыли и песка. Воздушные сепараторы и принцип их действия. Дробеметные камеры периодического действия.

62. Перед началом усадки отливка испытывает предусадочное расширение. В чем его причина, и в каких литейных сплавах оно оказывает отрицательное влияние на свойства отливки?

63. Понятие о тиксотропии каолиновых и монтмориллонитовых глин. Смачиваемые и несмачиваемые связующие.  $\cos \alpha$  угла смачивания.

64. Порядок расчета литниковых систем для метода.

65. Пояснить процессы, протекающие в системе газ-шлак-металл в период плавки сплава. Действие на жидкий металл  $\text{CaCO}_3$  и управление этим процессом.

66. Преимущества и недостатки метода изготовления форм прессованием и элементы разовой литейной формы.

67. Преимущества, область применения и недостатки оболочкового литья, и отличительные особенности модельной оснастки для этого литья.

68. При эксплуатации плавильного агрегата вагранки что применяют в качестве топлива и шихты и как добиться перегрева в ней чугуна.

69. Принцип работы маятникового смесителя. Конструкция ротора и катков. Смесители непрерывного действия, их конструкции и область применения.

70. Провести исследование с помощью химического потенциала перехода компонента А из одной фазы в другую. Примеры.

71. Процессы при отверждении пленки связующего в смесях.
72. Пути интенсификации плавки чугунов в вагранке.
73. Рабочие процессы выбивных решеток: эксцентриковой, инерционной, ударной, прошивной.
74. Рабочий процесс пескоструйной (пескострельной) машины. Факторы, воздействующие на смесь. Режимы нагрева стержневого ящика. Другие методы изготовления стержней. Сравнение их.
75. Рассчитать высоту наполнительной рамки для опоки 900\*60\*200 мм одной модели с объемом 10 дм<sup>3</sup>, расположенной в одной опоке.
76. Расчет количества и емкости дуговых плавильных печей, и расчет оборудования смесеприготовительного участка.
77. Расчет литниково-питающей системы для сплавов магния в кокиль.
78. Расчет наполнительной рамки
79. Регулирование степени уплотнения формовочной смеси. Чему равна средняя плотность смеси при давлении на прессовой колодке, равном 0,5 МПа.
80. Режимы уплотнения формовочной смеси. Реологические свойства смеси (плотность, пластичность, текучесть, типы напряжений в смеси при формовании и термостойкость).
81. Роль металлургических шлаков при плавке сплавов и требования, предъявляемые к ним.
82. Составление циклограммы работы автоматической выбивной установки и расчет ее производительности.
83. Способы дозирования горелой смеси, сухих добавок и жидких компонентов при загрузке смесителя и выбор типа и конструкции дозаторов.
84. Способы очистки дробы от пыли и песка. Конструкции и принцип действия воздушных сепараторов. Пылеудаление от очистных барабанов. Конструкция и принцип действия циклонов.
85. Сравнить качество формовочной смеси, приготовленной в смесителях типа бегунов и лопастных. Процесс смешивания компонентов (гипотеза обволакивания компонентов связующим).
86. Сравнить методы уплотнения формовочной смеси встряхиванием, прессованием импульсным и газоимпульсным, ударным и с применением вибрации.
87. Суть окислительного периода при плавке сплавов на основе железа в электродуговой печи с основной футеровкой.
88. Требования, предъявляемые к стержневым смесям. Силы, действующие на границе раздела твердой и жидкой фаз и зависимость прочности оболочки связующего от типа, состава и вязкости связующего.
89. Уплотнение формовочной смеси при горизонтально-стопочной формовке. Реологическая модель смеси (пластичность, прочность, вязкие и упругие свойства смеси).
90. Устройства для выбивки форм и стержней, проектирование отделений и участков термообработки и очистки отливок и складского хозяйства литейного цеха.

91. Устройства, обеспечивающие вращение подвески и циркуляции дроби в процессе очистки отливок.

92. Характеристика кластерной феноменологической модели строения металлических расплавов.

93. Целесообразность и область применения метода изготовления заготовок жидкой штамповкой.

94. Чем объяснить отклонение давления пара раствора от линейной зависимости при образовании реальных растворов.

95. Что необходимо знать для определения жидкотекучести сплава аналитическим путем.

96. Шихта для сплавов системы Al-Cu, область применения сплавов.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ**

### ***I. Профиль «Машины и технология обработки металлов давлением»***

#### **Основная литература:**

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Машиностроение, 1977.

2. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. Металлургия, 1986.

3. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. Металлургия, 1980.

4. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. Машиностроение, 1976.

5. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. Машиностроение, 1975.

6. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология листовой штамповки. Машиностроение, 1989.

7. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Машиностроение, 1979.

8. Живов Л. И., Овчинников А.Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Высшая школа, 1981.

9. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А., Добрынинский Н.С. Кузнечно-штамповочное оборудование. Машиностроение, 1982.

10. Живов Л.И., Овчинников А.Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Высшая школа, 1981.

11. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Машиностроение, 1979.

12. Шехтер В.Я. Проектирование кузнечных и холоднштамповочных цехов. Высшая школа, 1991.

13. Мансуров А.М. Проектирование машиностроительных заводов.

Справочник в 6-ти томах. Т.3. Проектирование цехов ОМД и сварочного производства. Машиностроение, 1974.

**Дополнительная литература:**

14. Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением. Металлургия, 1973.

15. Бабенко В.А., Бойцов В.В., Волик Ю.П. Объемная штамповка. Атлас схем и типовых конструкций штампов. Машиностроение, 1982.

16. Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка. Высшая школа, 1972.

17. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Подготовительные работы, Машиностроение, 1964.

18. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки: Конструирование и расчеты. Машиностроение, 1972.

19. Ланской Е.Н., Банкетов А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. Машиностроение, 1966.

20. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. Машиностроение, 1980.

21. Основы теории обработки металлов давлением: учебник / И.И. Иванов, А.В. Соколов, В.С. Соколов и др. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. - 144 с.

22. Лернер П.С. Инженер третьего тысячелетия. Учебное пособие Академия 2005. 301 с.

23. Панкратов Д.Л., Сосенушкин Е.Н., Ступников В.П., Шibaков В.Г. Автоматизация, робототехника и гибкие производственные системы кузнечно-штамповочного производства: Учеб. Пособие/ Под ред. д.т.н. проф. В.Г. Шibaкова - М.: Машиностроение 2001.-339 с., ил

***II. Профиль «Машины и технология литейного производства»***

**Основная литература**

1. Рубцов Н.Н. История литейного производства в СССР 4.1. М: Машгиз, 1962.

2. Куманин И.Б. Вопросы теории литейных процессов. М.-Машиностроение, 1975.

3. Пикунов М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок. М.: Изд-воМИСиС, 1997.

4. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Основы физической химии. М.: Металлургия, 1987.

5. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. Равделя. М.: Химия, 1983.

6. Гуляев Б.Б. Теория литейных процессов. Л.: Машиностроение, 1976.

7. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливок. М.: Машиностроение; Изд-во МВТУ. 1998.
8. Леви Л.И., Мариенбах Л.М. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов. М.: Металлургия, 1967.
9. Борнацкий И.И. Основы физической химии. М.: Металлургия, 1989.
10. С'еменченко В.К. Поверхностные явления в металлах и сплавах. М.: Гостехиздат, 1957.
11. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика.-М.: Физматгиз, 1959.
12. Диаграммы состояния двойных металлических систем. В 3 т. / Под ред. акад. РАН Н.Г. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996.
13. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства М.: Машиностроение, 1983.
14. Васильев В.А. Физико-химические основы литейного производства: Учеб, пособие. М.: Изд-во МВТУ, 1994.
15. Теория металлургических процессов / И.Е. Мельников, В.Г. Куклев, К.З. Шабунов, И.Я. Шумский. М.: Металлургия, 1977.
16. Литейное производство / Под ред. А.М. Михайлова. М.: Машиностроение, 1987.
17. Рабинович Б.В. Введение в литейную гидравлику. М.: Машиностроение, 1966.
18. Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. М.: Металлургия, 1996.
19. Леви Л.И., Кантеник С.К. Литейные сплавы. М.: Высш. школа, 1967.
20. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочник Под ред. О.А. Банных, М.Б. Дрица. М.: Металлургия, 1986.
21. Еланский Г.Н. Строение и свойства металлических расплавов. М.: Металлургия, 1991.
22. Медведев Я.И. Газовые процессы в литейной форме. М.: Машиностроение, 1980.
23. Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. М.: Машиностроение, 1984.
24. Валисовский И.В. Пригар на отливках. М.: Машиностроение, 1983.
25. Василевский П.Ф. Технология стального литья. М.: Машиностроение, 1974,
26. Тищенко В.Г. Пирометрия жидких металлов. Киев: Паукова думка, 1964.
27. Литниковые системы и приборы для фасонных отливок / Н.М. Таллин и др. М: Машиностроение, 1992.

28. Головин С.Л. Особые вилы литья. М.: Машиностроение. 1959.
29. Литье по выплавляемым моделям / Я.И. Шкленник. В.А. Озеров и др. М.: Машиностроение. 1984.
30. Степанов. Ю.А.. Баландин Г.Ф.. Рыбкин Г.Ф. Специальные виды литья. М.: Машиностроение. 1983.
31. Шульте Ю.А. Производство отливок из стали. Киев—Донецк: Вншца шкала. 1983.
32. Нарига К. Кристаллическая структура неметаллических включений в стали. М.: Metallurgia. 1969.
33. Стальное литье: Справочник/Под ред. Н.П. Дубинина. М.: Машиностроение. 1961.
34. Бидуля П.Н. Технология стальных отливок. М.: Госнаучиздат по черной и цветной металлургии. 1961.
35. Кнюппель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали. М.: Metallurgia. 1984.
36. Материалы в машиностроении: Энциклопедия. Разд. 2. Т. П-2 / Под ред. Е.Т. Долбенко. М.: Машиностроение. 2000.
37. Грузных И.В.. Оболенцев Ф.Д. Надежность и технологичность в производстве стальных отливок. СПб.: Политехника. 1992.
38. Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок / И.И. Новиков и др. М.: Машиностроение. 1994.
39. Трухов А.П. Усадочные явления в чугунах отливках. М.: Машиностроение. 1985.
40. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гнршовича. Л.: Машиностроение. 1978.
41. Сухарчук Ю.С.. Юджин А.К. Плавка чугуна в вагранках. М.: Машиностроение. 1981.
42. Чугунное литье в машиностроении Под ред. Г.И. Клецкина М.,1987.
43. Чугун / Под ред. А.Д. Шермана. А.А. Жукова. М.: Metallurgia. 1991.
44. Высокопрочные чугуны для отливок / Под ред. Н.Н. Александрова. М.: Машиностроение. 1982.
45. Справочник по изготовлению отливок из высокопрочного чугуна / А.А. Горшков. М.В. Волошенко. В.В. Дубов. О.Ю. Рамаренко. М.: Мапгиз. 1961.
46. Вашенко К.И., Софрони Л. Магниевый чулун. М.: Машгиз. 1960.
46. Отливки из чугуна с шаровидным и вермнкуюярным графитом / З.В. Захарченко. Ю.Н. Левченко. В.Г. Горенко. П.А. Вареник. Киев: Наукова думка. 1986.
47. Горшков А.А. Справочник по изготовлению отливок из высокопрочного чугуна. М.: Машгиз. 1960.
48. Ферросплавы с редко и щелочноземельными металлами И.В. Рябчиков. В.Г. Мизин. Н.П. Лякншев. А.С. Дуюровнн. М.: Metallurgia. 1983.



49. Литовка В.И. Повышение качества высокопрочного чугуна в отливках. Киев: Наукова думка. 1987.
50. Бобро Ю.Г. Легированные чугуны. М.: Машиностроение. 1975.
51. Константинов Л.С., Трухов А.П. Напряжения, деформации и трещины в отливках. М.: Машиностроение. 1981.
52. Коцюбинский О.Ю. Стабилизация размеров чугунных отливок. М.: Машиностроение. 1974.
53. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов / А.В.Курдюмов и др. М.: Metallurgy. 1980.
54. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов / Б.С. Чурсин и др. М.: Metallurgy. 1985.
55. Берг П.П. Проверка качества отливок. 2-е изд. М.: Машгиз. 1957.
56. Литейные дефекты и способы их устранения / А.В. Лакедемонский и др. М.: Машиностроение. 1972.
57. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий / Под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 1986.
58. Алешин Н.П. Контроль качества сварочных работ. М.: Высш. школа, 1986.
59. Контроль качества отливок: Учеб. пособие / В.М. Воздвиженский и др. М.: Машиностроение, 1990.
60. Зотов Б.Н. Художественное литье. М.: Машиностроение, 1988.
61. Матвиенко И.В. Оборудование литейных цехов: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1985.
62. Орлов Г.М. Автоматизация и механизация процесса изготовления литейных форм. М.: Машиностроение, 1988.
63. Аксенов П.Н., Орлов Г.М., Благоднравов Б.П. Машины литейного производства. Атлас конструкций: Учеб. пособие. М.: Машиностроение, 1972.
64. Орлов Г.М. Автоматизация и механизация процесса изготовления литейных форм. М.: Машиностроение, 1988.
65. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1977.
66. Миляев А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов. Магнитогорск, 1999.
67. Туманский Е.Ф. Проектирование литейных цехов. Киев: УМК, 1992.
68. Средства и системы автоматизации литейного производства / К.С.Богдан и др. М.: Машиностроение, 1981.
69. Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства. М.: Машиностроение, 1978.
70. Горский А.И. Надежность литейного оборудования. М.: Машиностроение, 1993.
71. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М.: Энергия, 1980.

72. Беликов О.А., Каширцев Л.П. Приводы литейных машин. М.: Машиностроение, 1971

73. Немировский Р.Г. Автоматические линии литейного производства. Киев, Донецк: Высш. школа, 1981.

74. Каширский Б.Л. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1976.