

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА**  
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
**СТИ НИТУ «МИСИС»**

Программа утверждена  
решением Ученого совета  
СТИ НИТУ «МИСИС»  
от «25» декабря 2025 г.  
протокол № 32

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

22.04.02 Metallurgy

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	3
1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ	5
ЧАСТЬ 1. МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ	5
ЧАСТЬ 2. ТЕПЛОФИЗИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	6
ЧАСТЬ 3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	8
ЧАСТЬ 4. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ	10

## АННОТАЦИЯ

Программа вступительного испытания по направлению 22.04.02 «Металлургия», базируется на комплексе дисциплин: «Сырьевая топливная база металлургии», «Металлургические технологии», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Термодинамика и кинетика металлургических процессов», «Металлургия железа», «Металлургия стали», «Электрометаллургия стали», «Тепловая работа и конструкция металлургических печей», «Энерго- и ресурсосберегающие технологии», «Оборудование и проектирование металлургических цехов», «Теория и практика сжигания топлива», «Теплофизика металлургических процессов», «Общая теория ОМД», «Теория процессов пластической деформации» и др., которые являются важной составляющей программ обучения бакалавров по соответствующему направлению подготовки.

Дисциплины имеют как теоретическую, так и практическую направленность в области основных металлургических процессов.

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель вступительного испытания «Прогрессивные металлургические технологии» определение возможности поступающего осваивать основные профессиональные образовательные программы высшего образования (ОПОП ВО) в пределах образовательных стандартов ВО НИТУ МИСИС по направлению 22.04.02 Металлургия.

Вступительное испытание по направлению 22.04.02 Металлургия проводится в виде письменного экзамена.

Продолжительность вступительного испытания составляет 2 часа (120 минут).

Экзаменационный билет содержит 10 вопросов.

Система оценивания письменного вступительного испытания:

- 1 вопрос - 10 баллов;
- 2 вопрос - 10 баллов;
- 3 вопрос - 10 баллов;
- 4 вопрос - 10 баллов;
- 5 вопрос - 5 баллов;
- 6 вопрос - 5 баллов;
- 7 вопрос - 10 баллов;
- 8 вопрос - 10 баллов;
- 9 вопрос - 15 баллов;
- 10 вопрос - 15 баллов;

В случае правильного и полного ответа поступающий получает количество баллов, соответствующее номеру вопроса, при неполном ответе или при наличии ошибок балл снижается. Результаты вступительных испытаний оцениваются по 100-балльной шкале.

Минимальный проходной балл, подтверждающий успешное прохождение вступительных испытаний, составляет 40.

Перечень принадлежностей, которые поступающий имеет право принести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: ручка, пишущая черными или синими чернилами, простой карандаш, ластик, непрограммируемый калькулятор.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ**

### **ЧАСТЬ 1. МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ**

#### **Раздел 1. Общие вопросы производства черных металлов**

История и роль металлургии в развитии цивилизации. Классификация металлов. Строение и свойства металлов. Современное состояние и пути развития металлургического производства. Технологическая схема современного металлургического предприятия с полным технологическим циклом. Структура металлургического производства России. Масштабы и уровень производства стали в России и в мире.

#### **Раздел 2. Подготовка руд к плавке и производство чугуна**

Сырые материалы, применяемые при производстве черных металлов. Железные руды: определение, классификация, оценка качества. Классификация процессов дробления и измельчения и их технологическое назначение. Степень дробления и измельчения. Теоретические основы дробления и измельчения. Способы дробления. Классификация методов и процессов обогащения. Технологическое назначение подготовительных, основных, вспомогательных процессов и процессов производственного обслуживания. Оптимизация процессов обогащения. Показатели обогащения: извлечение ценных компонентов в концентраты, выход и качество продуктов обогащения. Оценка эффективности процессов обогащения и уровня комплексности использования сырья. Агломерация - назначение, теоретические основы процесса, промышленная практика, используемое оборудование. Показатели, область применения. Производство окисленных окатышей – назначение, теоретические основы, основные стадии и операции. Производство кокса. Профиль доменной печи. Основное и вспомогательное оборудование. Доменный процесс. Восстановление оксидов в доменной печи. Образование чугуна и шлака. Газодинамика и теплообмен в доменной печи. Интенсификация процесса доменной плавки. Основные показатели доменного процесса. Ресурсо- и энергосбережение в доменном производстве. Бездоменное получение железа с применением твердых восстановителей. Бездоменное получение железа с использованием газообразных восстановителей. Перспективы развития бездоменной металлургии.

#### **Раздел 3. Производство стали**

Классификация сталей. Влияние состава на качество стали. Сущность сталеплавильного производства. Способы производства стали. Основные реакции сталеплавильного производства. Шлакообразование. Состав и свойства сталеплавильных шлаков и их роль в технологическом процессе. Материалы, используемые при производстве стали: структура и состав металлошихты, источники кислорода, шлакообразующие материалы. Требования к шихтовым материалам и технологии, используемые для подготовки их к плавке. Конвертерное производство стали. Общее устройство основного оборудования. Нормативный цикл конвертерной плавки. Изменение состава и температуры металла, шлака и отходящих газов по ходу продувки в конвертере. Варианты кислородно-конвертерного процесса. Особенности устройства основного оборудования и технологии выплавки стали в конвертерах с донной и комбинированной продувкой. Сравнение технико-экономических и экологических показателей верхнего, донного и комбинированного дутья. Электросталеплавильное производство. Классификация способов производства стали с использованием электрической энергии. Устройство дуговых электропечей. Механическое и электрическое оборудование. Современные тенденции в конструировании дуговых сталеплавильных печей. Методы выплавки стали в основной дуговой электропечи. Технология плавки стали с полным окислением (на свежей шихте). Переплав легированных отходов в дуговой печи. Основные периоды плавки, их задачи. Производство стали с использованием металлизированного сырья. Металлургические мини-заводы.

#### **Раздел 4. Внепечная обработка стали**

Цели и методы внепечной обработки стали. Раскисление и легирование стали в ковше. Способы отсечки шлака по ходу выпуска металла из сталеплавильного агрегата. Применение нейтральных газов для обработки жидкой стали в ковше. Десульфурация стали с использованием синтетических шлаков, твердых и порошкообразных смесей. Влияние обработки на качество готового металла. Вакуумирование жидкой стали в ковше: способы и технологии, применяемое оборудование. Влияние вакуумирования на качество готового металла. Комплексная обработка жидкой стали в ковше.

#### **Раздел 5. Получение слитков и литых заготовок черных металлов**

Оборудование для разливки стали. Способы разливки стали. Сравнение показателей разливки сверху и сифоном. Структура стального слитка. Кристаллическая и химическая неоднородность. Явление усадки. Непрерывная разливка стали. Технология и преимущества непрерывной разливки. Виды машин непрерывного литья заготовок.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 1**

#### **а) Основная литература**

- 1а. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А. М. Якушев. - 6-е изд., перер. и доп., стереотип. - М. : Альянс, 2017. - 768 с.
- 2а. Тимофеева, А. С. Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья : учебное пособие / А.С. Тимофеева, Т.В. Никитченко, Е.С. Тимофеев. - Старый Оскол : "ТНТ", 2012. - 304 с.
- 3а. Юсфин, Ю. С. Металлургия железа : учебник для ВУЗов / Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков. - М. : ИКЦ "Академкнига", 2007. - 464 с.
- 4а. Дюдкин, Д. А. Современная технология производства стали / Д.А. Дюдкин, В.В. Кисиленко. - М. : Теплотехник, 2007. - 528 с.

#### **б) Дополнительная литература**

- 1б. Комплексные неметаллические включения и свойства стали / А.И. Зайцев, В.С. Крапошин, И.Г. Родионова и др. - М. : Металлургиздат, 2015. - 276 с.
- 2б. Вдовин, К. Н. Непрерывная разливка стали : монография / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков. - Магнитогорск : Магнитогорский государственный техн. университет, 2012. - 540 с.
- 3б. Меркер, Э. Э. Энерготехнологические особенности внепечной обработки жидкой стали : учебное пособие / Э.Э. Меркер, Д.А. Харламов. - Старый Оскол : "ТНТ", 2014. - 256 с.

## **ЧАСТЬ 2. ТЕПЛОФИЗИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

### **Раздел 1. Механика жидкостей и газов**

Основные свойства жидкостей и газов и их зависимость от давления и температуры. Понятия идеальной и реальной, несжимаемой и сжимаемой жидкости. Гипотеза о сплошности жидкости. Основные уравнения, описывающие движение идеальной жидкости. Основные уравнения, описывающие движение реальной жидкости. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости и их особенности. Основы теории пограничного слоя. Назначение, основная идея, область применимости этой теории. Структура гидродинамического пристеночного пограничного слоя при ламинарном режиме движения реальной жидкости. Структура гидродинамического пристеночного пограничного слоя при турбулентном режиме движения реальной жидкости. Свободная струя, как частный случай гидродинамического пограничного слоя. Особенности, основные закономерности, принцип расчета. Виды гидравлических потерь. Потери энергии на преодоление сил вязкостного трения и их расчет. Потери энергии на преодоление местных сопротивлений и их расчет. Основное уравнение гидростатики и примеры его использования. Расчет сил давления на поверхность. Распределение давления горячих газов по высоте рабочего пространства печи. Принцип действия дымовой трубы.

## **Раздел 2. Перенос теплоты конвекцией**

Классификация механизмов переноса теплоты. Виды конвективного переноса. Понятия теплоотдачи и теплопередачи. Закон теплоотдачи Ньютона-Рихмана. Дифференциальное уравнение энергии и его применение для расчета теплоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективной теплоотдачи. Применение теории пограничного слоя для переноса теплоты и массы примеси. Понятие теплового и диффузионного пограничного слоя. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности при ламинарном режиме. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности при турбулентном режиме. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости в трубе при ламинарном режиме. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости в трубе при турбулентном режиме. Особенности процесса конвективной теплоотдачи при струйной обдувке плоских и цилиндрических заготовок. Расчет теплоотдачи при свободной конвекции. Выражения для расчета конвективной теплоотдачи в критериальном виде.

## **Раздел 3. Перенос теплоты молекулярной теплопроводностью**

Гипотеза Фурье. Понятие температурного поля. Виды температурных полей. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности. Постановка задачи нестационарной теплопроводности. Виды граничных условий для решения задач нестационарной теплопроводности. Методы решения задач нестационарной теплопроводности и область их применимости. Анализ общего решения дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности при граничных условиях третьего рода. Критерий Био и его влияние на процесс нагрева и охлаждения тел. Термически тонкие и термически массивные тела. Регулярный тепловой режим и его особенности при граничных условиях первого, второго и третьего рода. Постановка задачи стационарной теплопроводности. Стационарная теплопроводность в плоской одно- и многослойной стенке при граничных условиях первого рода. Стационарная теплопроводность в плоской одно- и многослойной стенке при граничных условиях третьего рода. Стационарная теплопроводность в цилиндрической одно- и многослойной стенке при граничных условиях первого рода. Стационарная теплопроводность в цилиндрической одно- и многослойной стенке при граничных условиях третьего рода. Особенности решения стационарной задачи теплопроводности при граничных условиях второго рода. Способы интенсификации процесса теплопередачи и их анализ.

## **Раздел 4. Перенос теплоты излучением**

Общая характеристика процесса переноса теплоты излучением. Виды излучения. Количественные характеристики процесса излучения. Виды лучистых потоков и связь между ними. Закон сохранения энергии для процесса излучения и его анализ. Основные законы излучения абсолютно черного тела и их анализ. Понятие серого тела. Законы излучения серого тела. Виды постановок задач расчета теплообмена излучением в замкнутых системах. Угловые коэффициенты излучения и их свойства (для систем с лучепрозрачной средой). Угловые коэффициенты излучения и их свойства (для систем с излучающе-поглощающей средой). Классический зональный метод расчета теплообмена излучением в системах с лучепрозрачной средой. Особенности применения классического зонального метода расчета теплообмена излучением в системах с излучающе-поглощающей средой. Особенности применения классического зонального метода для расчета сложного (радиационно-конвективного) теплообмена.

## **Раздел 5. Тепловая работа и конструкции металлургических печей**

Классификация промышленного оборудования с энергетической точки зрения. Печи как технологическое оборудование. Классификация печей по лимитирующему процессу. Способы генерации теплоты за счет сжигания топлива. Способы генерации теплоты за счет электрической энергии. Температурные и тепловые режимы печей проходного типа. Температурные и тепловые режимы печей периодического действия. Способы использования теплоты отходящих газов и оборудование для их реализации. Тепловой баланс печей, его составление и анализ. Тепловая работа и тепловой баланс доменных печей. Тепловая работа и тепловой баланс кислородных конвертеров. Тепловая

работа и тепловой баланс дуговых сталеплавильных печей. Тепловая работа и тепловой баланс нагревательных колодцев. Тепловая работа и тепловой баланс методических печей толкательного типа. Тепловая работа и тепловой баланс методических печей с шагающими балками. Тепловая работа и тепловой баланс печей с кольцевым подом. Тепловая работа и тепловой баланс печей колпакового типа. Тепловая работа и тепловой баланс печей башенного типа. Физические и эксплуатационные свойства огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

## **Раздел 6. Основы теории очистки газов**

Причины появления пыли в газах. Понятия ПДК, ПДВ. Социальная значимость очистки технологических газов. Способы сухой очистки газов и оборудование для их реализации. Способы мокрой очистки газов и оборудование для их реализации. Работа осадительных камер и эффективность очистки газов в них. Работа водяных скрубберов и эффективность очистки газов в них. Очистка газов от пыли в рукавных фильтрах. Использование электрофильтров для очистки газов. Очистка газов доменных печей. Очистка газов кислородных конвертеров. Очистка газов дуговых сталеплавильных печей. Очистка газов агломерационного производства.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 2**

### **а) Основная литература**

- 1а. Теплотехника металлургического производства : учебное пособие для вузов. - Текст : непосредственный. Т.1 : Теоретические основы / В.А. Кривандин, В.А. Арутюнов, В.В. Белоусов ; Под ред. проф. д.т.н. В.А. Кривандина. - М. : МИСиС, 2002. - 608 с.
- 2а. Теплотехника металлургического производства : учебное пособие для вузов. - Текст : непосредственный. Т.2 : Конструкция и работа печей / В.А. Кривандин, В.В. Белоусов, Г.С. Сборщиков ; Под ред. проф. д.т.н. В.А. Кривандина. - М. : МИСиС, 2002.
- 3а. Прибытков, И. А. Теоретические основы теплотехники : учебник для СПО / И.А. Прибытков, И.А. Левицкий ; под ред. И.А. Прибыткова. - М. : ИЦ Академия, 2004. - 464 с.
- 4а. Тимофеева, А. С. Теплофизика металлургических процессов : учебное пособие / А.С. Тимофеева, В.В. Федина. - Старый Оскол : ООО "ТНТ", 2007. - 136 с.
- 5а. Прибытков, И. А. Механика жидкостей и газов : учебно-методическое пособие / И.А. Прибытков. - М. : МИСИС ; М. : Учеба, 2002. - 82 с.
- 6а. Швыдкий, В. С. Теоретические основы очистки газов : учебник для вузов / В.С. Швыдкий, М.Г. Ладыгичев, Д.В. Швыдкий. - 2-е изд., доп. - М. : Теплотехник, 2004. - 502 с.

### **б) Дополнительная литература**

- 1б. Мاستрюков, Б. С. Теплофизика металлургических процессов : Учебник для вузов / Б.С. Мастрюков. - М. : МИСиС, 1996. - 268 с.
- 2б. Юсфин, Ю. С. Металлургия железа : учебник для ВУЗов / Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков. - М. : ИКЦ "Академкнига", 2007. - 464 с.
- 3б. Ерофеев, В. Л. Теплотехника : учебник для вузов / В.Л. Ерофеев, П.Д. Семенов, А.С. Пряхин. - М. : ИКЦ "Академкнига", 2008. - 488 с.

## **ЧАСТЬ 3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

### **Раздел 1. Базовые понятия, классификация процессов и изделий, производимых методами ОМД**

Введение, сущность обработки металлов давлением, роль методов пластической деформации в истории цивилизации, разновидности исходного материала для обработки. Классификация процессов ОМД по различным признакам.

### **Раздел 2. Теоретические основы процессов обработки металлов давлением**

Структура деформируемых сталей, механизмы пластической деформации, управление структурой и свойствами стали посредством пластической деформации, диаграмма пластичности, связь со

способом получения заготовки и с термообработкой. Сопротивление деформации и напряженное состояние в точке тела, тензор напряжений, главные напряжения, интенсивность напряжений. Деформированное состояние в точке тела, перемещения в координатных осях, главные деформации, инварианты тензора деформации, уравнение постоянства объема, скорость деформации. Условие пластичности. Феноменологические модели среды. Соотношения между напряжениями и деформациями. Закономерности контактного деформационного трения. Локальные и интегральные показатели напряженно-деформированного состояния материала. Методы моделирования и анализа процессов обработки металлов давлением.

### **Раздел 3. Прокатка металлов**

Очаг деформации и кинематика течения металла при продольной прокатке, базовые понятия, расчёт усилия прокатки, крутящего момента и мощности, поперечная деформация. Технологическая схема производства изделий из стали методами прокатки. Прокатные изделия. Исходные материалы и их подготовка. Технологическая схема производства проката из цветных металлов и сплавов. Прокатные изделия. Исходные материалы и их подготовка. Использование защитных сред и капсул, прокатка в вакууме. Особенности производства продукции из тяжелых цветных сплавов, прокатка листов, полос и фольги из тугоплавких металлов, алюминиевых и медных сплавов. Температурно-скоростные условия горячей прокатки сталей. Инструмент, основные и вспомогательные материалы. Температурно-скоростные условия горячей прокатки цветных сплавов. Инструмент, основные и вспомогательные материалы. Технология прокатки плоского продукта с повышенными требованиями по качеству. Многовалковые системы. Валки для сортовой прокатки стальных полос, угловых профилей, швеллеров. Производство бесшовных труб прокаткой. Основные параметры процессов прошивки и раскатки. Производство сварных труб и полых профилей. Технология производства труб различного назначения. Классификация типов оборудования. Прокатный стан, основное и вспомогательное механическое оборудование. Типы клетей.

### **Раздел 4. Ковка, объёмная и листовая штамповка**

Ковка. Исходные материалы, классификация типов изделий, операции ковки и применяемый инструмент. Температурный режим процесса и особенности деформации металлов по схеме свободной ковки. Горячая объёмная штамповка сталей. Классификация поковок. Исходные материалы. Особенности объёмной штамповки цветных металлов и сплавов. Исходные материалы. Штамповка на молотах, на горизонтально-ковочных машинах, на горячештамповочных автоматах. Разделительные и обрезающие операции в цехах обработки металлов давлением. Основы проектирования процессов листовой штамповки. Разделительные и формообразующие операции.

### **Раздел 5. Прессование, выдавливание и волочение металлов**

Схема процесса прессования, классификация классических способов прессования по кинематике течения металла. Очаг деформации при прессовании, напряженно-деформированное состояние материала при прессовании. Расчёт энергосиловых показателей процесса. Сортамент, основы технологии прессования изделий из тяжелых цветных и тугоплавких металлов. Производство труб и сложных полых профилей из алюминиевых сплавов. Схема волочения. Очаг деформации и оборудование. Основы проектирования процессов волочения.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 3**

### **а) Основная литература**

- 1а. Гарбер, Э. А. Теория прокатки : учебник / Э.А. Гарбер, И.А. Кожевникова. - Старый Оскол : "ТНТ", 2015. - 312 с.
- 2а. Рудской, А. И. Теория и технология прокатного производства : учебное пособие / А.И. Рудской, В.А. Лунев. - 2-е изд., стер. - СПб. : "Лань", 2016. - 528 с.
- 3а. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. В 2-х т. / А. Л. Воронцов. Т.1 : учебное пособие / А.Л. Воронцов. - М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 396 с
- 4а. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. В 2-х т. / А. Л.

Воронцов. - Текст : непосредственный Т.2 : учебное пособие / А.Л. Воронцов. - М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 441 с.

5а. Сидельников, С. Б. Технология прокатки : учебник / С.Б. Сидельников, И.Л. Константинов, Д.С. Ворошилов. - М. : ИНФРА-М ; Красноярск : Сибирский федер. ун-т, 2020. - 180 с.

6а. Константинов, И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников. - 2-е изд., стереотип. - М. : ИНФРА-М, 2016. - 487 с.

#### **б) Дополнительная литература**

1б. Грудев, А. П. Теория прокатки / А.П. Грудев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. :Интермет Инжиниринг, 2001. - 280 с.

2б. Основы теории обработки металлов давлением : учебник / И.И. Иванов, А.В. Соколов, В.С. Соколов [и др.]. - М. : ФОРУМ ; М. : ИНФРА-М, 2007. - 144 с.

3б. Никитин, Г. С. Теория непрерывной продольной прокатки : учебное пособие / Г.С. Никитин. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 399 с.

## **ЧАСТЬ 4. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ**

### **Раздел 1. Кристаллическое строение металлов**

Предмет металловедения. Основы строения металлов. Микроструктура. Световая микроскопия. Количественные характеристики микроструктуры. Типичные кристаллические решетки металлов. Кристаллографические направления и плоскости. Кристаллохимические характеристики структуры. Дефекты кристаллографического строения металлов: вакансии, дислокации, границы зерен и субзерен.

### **Раздел 2. Фазовые превращения в металлах**

Фазовые переходы I и II рода. Термодинамика фазовых превращений. Уравнение Гиббса. Правило фаз. Плавление металлов и строение расплавов. Кривые нагрева и охлаждения. Полиморфные превращения в металлах. Типы фаз в металлических сплавах. Твердые растворы замещения и внедрения. Промежуточные фазы.

### **Раздел 3. Диаграммы состояния двойных систем**

Изображение состава в двойных системах в процентах по массе и в атомных процентах. Диаграммы состояния двойных систем. Правило рычага. Системы с непрерывным рядом твердых растворов. Системы с минимумом на кривых ликвидуса и солидуса. Системы с расслоением в твердом состоянии. Системы эвтектического типа. Особенности кристаллизации и строения сплавов эвтектического типа. Эвтектические колонии. Классификация эвтектик. Системы перитектического типа.

### **Раздел 4. Система железо-углерод**

Полиморфизм железа. Температурные зависимости энергии Гиббса и удельного объема железа. Точка Кюри железа. Диаграмма состояния железо-цементит. Микроструктуры отожженных сталей. Микроструктуры белых чугунов. Диаграмма состояния железо-углерод. Микроструктуры серых и половинчатых чугунов.

### **Раздел 5. Деформация, разрушение и механические свойства металлов**

Упругая деформация. Модули упругости. Пластическая деформация скольжением и двойникованием. Системы скольжения. Деформационное упрочнение. Виды разрушения. Вязкое и хрупкое разрушение, разрушение отрывом и срезом. Механизмы зарождения и развития трещин. Фрактография. Структура изломов. Переход из вязкого состояния в хрупкое. Температурный порог хрупкости, влияние на него скорости деформирования и примесей. Механические испытания свойства металлов. Схемы напряженного состояния. Статические, динамические и циклические испытания.

Испытания на растяжение. Типы кривых растяжения. Физический и технический смысл пределов пропорциональности, упругости, текучести и прочности. Истинное сопротивление разрыву. Характеристики пластичности при растяжении. Испытания на твердость по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу. Виды инденторов и числа твердости. Микротвердость. Испытания образцов с надрезом. Испытания на статическую трещиностойкость. Вязкость разрушения. Ударная вязкость. Типы концентратора напряжений. Усталость металла. Строение усталостного излома. Разновидности циклов напряжений. Кривые усталости. Определение предела выносливости. Малоцикловая усталость. Испытания на жаропрочность. Ползучесть. Стадии высокотемпературной ползучести. Влияние температуры и напряжения на ползучесть. Длительная прочность. Жаростойкость.

## **Раздел 6. Изменение структуры и механических свойств металлов при деформации и последующем нагреве**

Изменение структуры и механических свойств металлов при холодной обработке давлением. Металлографическая и кристаллографическая текстура деформации, анизотропия свойств. Подразделение деформации на холодную, теплую и горячую. Изменения структуры и механических свойств металлов при нагреве после холодной обработки давлением. Возврат, первичная и собирательная рекристаллизация. Изменение структуры при горячей обработке давлением.

## **Раздел 7. Механизм и кинетика фазовых превращений в твердом состоянии**

Общие закономерности фазовых превращений в твердом состоянии. Термодинамика превращений. Механизм и кинетика диффузионных фазовых превращений. Диаграммы изотермического превращения. Термокинетические диаграммы. Механизм и кинетика бездиффузионных фазовых превращений. Особенности структуры мартенситных фаз.

## **Раздел 8. Виды термической обработки. Превращения при нагреве и охлаждении стали**

Роль термической обработки в повышении качества металлопродукции. Применение термообработки в металлургической и машиностроительной промышленности. Классификация видов термической обработки. Отжиг 1-го рода. Гомогенизационный отжиг, его назначение и режимы для литейных и деформируемых сталей и сплавов. Изменение структуры и свойств при гомогенизации. Рекристаллизационный отжиг. Размер рекристаллизованного зерна. Диаграммы рекристаллизации. Отжиг для уменьшения остаточных напряжений. Возникновение и роль остаточных напряжений. Превращения в стали при нагреве. Кинетика превращений и рост аустенитного зерна. Влияние неметаллических включений на склонность к росту зерна. Наследственно мелкозернистые и наследственно крупнозернистые стали. Превращения при охлаждении стали. Механизм и кинетика перлитного и бейнитного превращений. Влияние скорости охлаждения и легирующих элементов на кинетику превращений и структуру стали. Структура и механические свойства перлита и бейнита. Отжиг 2-го рода: полный, неполный, изотермический, сфероидизирующий, нормализационный. Структура и свойства отожженной и нормализованной стали. Перегрев и пережог стали. Способы устранения структуры перегрева в углеродистой и легированной стали. Структурная наследственность. Закалка с полиморфным превращением. Основные закономерности мартенситного превращения, структура и свойства закаленной стали. Закаливаемость и прокаливаемость. Способы закалки стали. Особенности технологии закалки литых и деформированных изделий. Закалочные среды. Обработка холодом. Поверхностная и объемно-поверхностная закалка. Особенности структуры и свойств поверхностно закаленных изделий. Отпуск закаленной стали. Превращения в стали при отпуске, изменение структуры и свойств. Выбор режимов отпуска в зависимости от назначения изделий. Отпускная хрупкость: причины и способы подавления. Химико-термическая обработка стали. Назначение, виды и общие закономерности. Цементация и азотирование: технология, структура и свойства упрочненных слоев. Предварительная и окончательная термическая обработка изделий.

## **Раздел 9. Углеродистые и легированные стали**

Влияние легирующих элементов на структуру и свойства стали. Принципы разработки легированных сталей, их маркировка по ГОСТам. Классификация сталей по структуре и применению. Строительные и машиностроительные стали: состав, термообработка и свойства. Улучшаемые стали: принципы легирования, термообработка и свойства. Высокопрочные стали, мартенситно-старяющиеся стали, трип-стали: принципы легирования, термообработка и свойства. Стали для отливок. Особенности макро- и микроструктуры, обусловленные технологическими ограничениями (по жидкотекучести, трещиностойкости, усадке). Дефекты литых сталей. Пористость, усадочные раковины, включения - их влияние на вязкость разрушения и надежность конструкции. Особенности состава и термообработки сталей для отливок. Коррозионностойкие стали: принципы легирования, термообработка, структура и свойства. Инструментальные стали. Принципы легирования, структура и свойства сталей для режущего и измерительного инструмента. Теплостойкость. Особенности состава и термообработки сталей для штампов и пресс-форм литья под давлением. Жаропрочные и жаростойкие стали: состав, структура и свойства. Износостойкие стали.

## **Раздел 10. Чугуны**

Классификация чугунов, маркировка, химический состав, структура, свойства и применение. Роль примесей серы и фосфора в чугунах. Серый чугун с пластинчатым графитом. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом. Чугун с вермикулярным графитом. Ковкий чугун. Механизм графитизации при отжиге белого чугуна на ковкий. Чугуны со специальными свойствами: антифрикционные, износостойкие, жаростойкие и коррозионностойкие. Термическая обработка чугунов.

## **Раздел 11. Цветные металлы и сплавы**

Области применения алюминиевых сплавов и требования к ним. Свойства алюминия и его стандартные марки. Легирующие элементы и примеси в алюминиевых сплавах. Технологические схемы для отливок и деформированных полуфабрикатов. Особенности термической и деформационной обработки. Стандартные системы обозначения марок сплавов и их состояний. Области применения титана сплавов и требования к ним. Свойства титана. Маркировка титановых сплавов. Деформируемые и литейные титановые сплавы. Области применения медных сплавов и требования к ним. Свойства меди и ее стандартные марки. Легирующие элементы и примеси в медных сплавах. Классификация медных сплавов. Особенности термической и деформационной обработки. Латунни; деформируемые и литейные латунни; маркировка, структура свойства и применение. Бронзы литейные и деформируемые, оловянные и безоловянные; маркировка, структура, свойства и применение. Цинк и его сплавы; маркировка, строение, свойства и применение.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 4**

### **а) основная литература**

- 1а. Лахтин, Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов : учебник для вузов / Ю.М.Лахтин. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : ООО ТИД "Аз-book", 2009. - 448 с.
- 2а. Материаловедение : учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин [и др.] ; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. - 8-е изд., стер. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 648 с.
- 3а. Солнцев, Ю. П. Материаловедение : учебник для вузов / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин ; под ред. проф., д.т.н. Ю.П. Солнцева. - СПб. :Химиздат, 2004. - 736 с.
- 4а. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник для вузов / под ред. проф., д.т.н. Ю.П. Солнцева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : МИСиС, 1996. - 576 с.

### **б) дополнительная литература**

- 1б. Колачев, Б. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов : учебник для вузов / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. - 3-е изд., Перераб. и доп. - М. : МИСиС, 1999. - 416 с.
- 2б. Материаловедение и технологические процессы в машиностроении : учебное пособие / С.И. Богодухов, А.Д. Проскурин, Р.М. Сулейманов [и др.] ; под общ. ред. проф. д.т.н. С.И. Богодухова. -

Старый Оскол : "ТНТ", 2010. - 560 с.