

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



ПОТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
/Д.С. Гуш/
« _____ » сентября 2020 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания для поступающих в аспирантуру
по направлению 22.06.01 Технологии материалов
программа (профиль) 05.16.01 Металловедение и термическая
обработка металлов и сплавов

Красноярск 2020

Раздел 1. Основы физического материаловедения

1.1. Строение, свойства и методы исследования металлов и сплавов

Характеристика металлического состояния с точки зрения атомного кристаллического строения вещества. Типы химической связи.

Методы исследования в материаловедении: световая и электронная микроскопия, рентгеноструктурный, локальный рентгеноспектральный анализ, фрактография, дефектоскопия и другие физические методы.

Требования, предъявляемые к металлическим и неметаллическим материалам. Физические, химические и эксплуатационные свойства материалов.

Механические свойства материалов. Критерии прочности, пластичности, вязкости, твердости и методы их определения.

1.2. Кристаллизация металлов и их фазовые превращения в твердом состоянии

Фазовые превращения I и II рода в металлах. Строение твердых и жидких металлов. Плавление и кристаллизация чистых металлов, кривые охлаждения. Зависимость объемной энергии Гиббса жидкой и твердой фаз от температуры и степени переохлаждения.

Гомогенная кристаллизация. Зарождение кристаллов. Понятие критического зародыша. Кристаллизационные параметры Таммана. Понятие о зерне и дендритной ячейке литого металла.

Гетерогенная кристаллизация. Модифицирование. Строение и структура слитка. Факторы, определяющие форму и размер литого зерна. Механизмы роста кристаллов при кристаллизации чистых металлов. Формы металлических кристаллов. Дендритный рост, направления дендритного роста. Роль дефектов кристаллического строения в формировании растущего кристалла.

Фазовые превращения в твердом состоянии. Полиморфизм металлов (аллотропическое превращение). Общие закономерности развития фазовых превращений в твердом состоянии. Диффузионный и бездиффузионный механизмы развития фазового превращения в твердом состоянии. Форма кристаллов, образующихся при фазовом превращении в твердом состоянии.

Изменение структуры и свойств металлов при холодной и горячей деформации. Структура и свойства металлов при нагреве, после холодной обработки давлением. Возврат, рекристаллизация.

1.3. Фазовые равновесия в двойных и тройных системах

Фазы в металлических системах и системах металлов и неметаллов. Виды твердых растворов. Условия образования непрерывных твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Промежуточные фазы. Диаграммы фазового равновесия. Применение правила фаз Гиббса к анализу диаграмм состояния системы. Правило рычага.

Диаграммы состояния бинарных систем с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состоянии. Кристаллизация твердых

растворов. Особенности диффузионных процессов в сосуществующих фазах при кристаллизации твердых растворов. Фазовые превращения в сплавах.

Диаграммы состояния бинарных систем эвтектического типа. Кристаллизация и фазовые превращения в твердом состоянии в системах эвтектического типа с ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Механизмы эвтектической кристаллизации. Нормальная и аномальная эвтектика. Вырожденная эвтектика.

Диаграммы состояния бинарных систем перитектического типа. Механизмы перитектической кристаллизации. Кристаллизация и формирования структуры сплавов.

Диаграммы фазового равновесия в бинарных системах с конгруэнтно плавящимися промежуточными фазами переменного и постоянного состава. Перитектическая кристаллизация в системах с образованием инконгруэнтно плавящейся промежуточной фазой. Формирование структур сплавов при кристаллизации и охлаждении в твердом состоянии. Перитектоидное превращение и образование промежуточной фазы в твердом состоянии.

Диаграммы фазового равновесия в бинарных системах с расслоением жидких растворов. Диаграммы состояния систем с монотектическим равновесием и с синтектическим равновесием. Фазовые превращения, структура сплавов. Диаграммы состояния систем на основе полиморфных компонентов. Диаграмма состояния системы с эвтектоидным равновесием. Фазовые превращения и структура сплавов.

Диаграммы фазового равновесия в трехкомпонентных системах. Концентрационный треугольник. Политермические и изотермические сечения диаграмм состояния.

1.4. Зависимость свойств от состава сплавов. Неравновесная кристаллизация

Зависимость свойств сплавов от их состава и структурного состояния. Неравновесная кристаллизация сплавов. Влияние скорости охлаждения при затвердевании на структуру сплавов. Дендритная ликвация. Диффузионные процессы при неравновесной кристаллизации. Неравновесный солидус в системах с непрерывными твердыми растворами и системах эвтектического типа.

Раздел 2. Металловедение черных металлов и сплавов

2.1. Стали, сплавы системы железо-углерод. Маркировка, структура, свойства сталей

Строение и свойства чистого железа. Полиморфные превращения железа. Метастабильное и стабильное равновесие в системе железо-углерод. Диаграмма состояния железо - цементит и железо - графит. Фазы и структурные составляющие, их строение и свойства.

Фазовые и структурные превращения в техническом железе, малоуглеродистых сталях, доэвтектоидных, эвтектоидных, заэвтектоидных сталях при кристаллизации и охлаждении в твердом состоянии.

Сплавы системы железо-углерод: техническое железо, стали. Классификация сталей по качеству, химическому составу, применению, способу обработки. Влияние углерода, легирующих элементов, примесей на свойства сталей.

Маркировка, свойства, применение сталей. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Углеродистая и легированная конструкционная сталь. Нелегированная и легированная инструментальная сталь.

Стальные отливки. Поковки из конструкционной стали. Стали высоколегированные, коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные сплавы.

2.2. Чугуны, сплавы системы железо-углерод. Маркировка, структура, свойства чугунов

Высокоуглеродистые сплавы системы железо-углерод. Фазовые и структурные превращения в белых чугунах. Эвтектическая кристаллизация в системе железо-цементит.

Диаграмма состояния системы железо - графит. Чугуны общего назначения, литейные и механические свойства, химический состав. Серые чугуны. Получение структуры серых чугунов на ферритной, феррито-перлитной и перлитной основе в зависимости от химического состава и условий охлаждения. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Модифицирование чугуна.

Высокопрочные чугуны, чугуны с вермикулярным графитом. Ковкие чугуны. Чугуны специального назначения, легированные чугуны. Химический состав, структура, свойства чугунов. Чугун с вермикулярным графитом для отливок. Чугун с шаровидным графитом для отливок.

Отливки из ковкого чугуна. Легированный чугун для отливок со специальными свойствами.

Раздел 3. Металловедение цветных металлов и сплавов

3.1. Тяжелые цветные металлы и сплавы, маркировка, структура, свойства и их термическая обработка

Структура и свойства меди. Диаграммы состояния систем: Cu-O₂, Cu-Pb, Cu-S, Cu-P. Влияние примесей на структуру и свойства меди. Маркировка, свойства, применение меди.

Латуни двойные и специальные. Диаграмма состояния медь-цинк. Структура однофазных и двухфазных латуней.

Влияние легирующих элементов на структуру и свойства латуней. Маркировка, свойства, применение латуней.

Оловянные бронзы. Диаграмма состояния медь-олово. Структура, свойства, применение литейных и деформируемых оловянных бронз. Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Бронзы оловянные литейные.

Бронзы безоловянные. Диаграммы состояния систем: Cu-Al Cu-Pb, Cu-Be, Cu-Mn. Влияние легирующих элементов на свойства меди. Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Бронзы безоловянные литейные.

Структура, свойства и применение литейных и деформируемых безоловянных бронз. Структура, свойства и применение медно-никелевых сплавов. Термическая обработка медных сплавов.

Никель и никелевые сплавы. Сплавы с особыми свойствами. Жаропрочные и жаростойкие сплавы. Структура и свойства никелевых сплавов. Термическая обработка никелевых сплавов.

3.2. Легкие цветные металлы и сплавы. Маркировка, структура свойства и их термическая обработка

Структура и свойства алюминия. Влияния примесей на свойства алюминия. Литейные и деформированные сплавы на основе алюминия. Маркировка свойства и применение алюминиевых сплавов.

Литейные алюминиевые сплавы системы Al - Si. Структура двойных и легированных магнием и медью силуминов. Влияние примесей, условий охлаждения и модифицирования на структуру и свойства силуминов. Применение сплавов. Термическая обработка силуминов.

Литейные алюминиевые сплавы системы алюминий-медь и алюминий-магний. Формирование структуры сплавов в равновесном и неравновесном состоянии. Свойства, применение и термическая обработка сплавов.

Деформируемые термически неупрочняемые алюминиевые сплавы. Влияние легирующих элементов на технологические и механические свойства сплавов. Фазовые и структурные составляющие в сплавах. Свойства, применение и термическая обработка сплавов.

Деформируемые термически упрочняемые алюминиевые сплавы. Влияние легирующих элементов на технологические и механические свойства сплавов. Фазовые и структурные составляющие в сплавах. Свойства, применение и термическая обработка сплавов.

Магний и его сплавы. Фазовый состав, структура, применение литейных и деформируемых магниевых сплавов.

Структура и свойства титана. Полиморфное превращение в титане и его сплавах. Влияние примесей, легирующих элементов, α - и β -стабилизаторов на структуру и свойства титана.

Титановые сплавы. Структура титановых сплавов в литом, горячедеформируемом и отожженном состоянии. Деформируемые титановые сплавы, литейные титановые сплавы. Свойства, применение и термическая обработка сплавов.

3.3. Антифрикционные сплавы. Порошковые и композиционные, сплавы, структура, свойства и применение

Сплавы на основе олова и свинца. Диаграммы состояния: Sn-Sb, Pb-Sb. Структура и свойства антифрикционных сплавов, баббиты оловянные и свинцовые. Цинковые сплавы. Структура и свойства. Использование сплавов тяжелых металлов в качестве подшипников и припоев.

Композиционные и порошковые материалы. Классификация, типы композиционных и порошковых материалов. Способы получения материалов. Структура, свойства, применение композиционных и порошковых материалов.

Раздел 4. Теория термической обработки металлов и сплавов

Содержание и значение термической обработки. Краткий исторический обзор развития теории и практики термической обработки. Значение работ П.П. Аносова и Д.К. Чернова - основоположников учения о природе стали и условиях ее термической обработки. Развитие зарубежной и отечественной науки о черных и цветных металлах, сплавах и их термической обработке.

Применение термической обработки в отечественной промышленности; значение термической обработки в решении проблемы снижения веса и увеличения долговечности деталей машин и механизмов. Основные термины и определения. Классификация видов термической обработки.

4.1. Собственно термическая обработка

4.1.1. Отжиг первого рода

Виды отжига. Цели отжига первого рода. Отжиг, уменьшающий напряжения. Определение, решаемые задачи. Остаточные напряжения и деформации. Понятие напряжений первого рода. Влияние знака и величины остаточных внутренних напряжений на работоспособность деталей машин. Влияние остаточных напряжений на стабильность размеров изделий. Напряжения от неоднородной деформации. Термические и структурные напряжения. Классификация напряжений по видам операций, при которых они возникают. Напряжения в стальных и чугунных отливках и сварных конструкциях, их происхождение, снятие отжигом. Механизмы снятия напряжений при отжиге: диффузионный и сдвиговый. Соотношение величины внутренних остаточных напряжений и значения критического сопротивления сдвигу.

Кинетика уменьшения напряжений. Снятие упругих напряжений, как сопутствующий процесс при различных видах термической обработки. Режимы отжига, уменьшающего напряжения промышленных изделий. Отжиг крупногабаритных конструкций. Вибрационная и ультразвуковая обработка, уменьшающая напряжения. Термоциклическая обработка для снятия остаточных напряжений.

Отжиг - гомогенизация. Основное определение. Цели отжига - гомогенизации. Понятие дендритной ликвации, причины образования. Характеристика неоднородного по химическому составу твердого раствора, образовавшегося при неравновесной кристаллизации в системе с неограниченной растворимостью компонентов в твердом и жидком состоянии. Влияние последствий неравновесной кристаллизации на структуру и свойства слитков и отливок из черных и цветных металлов. Виды структурных дефектов литого металлического сплава в связи с диаграммой состояния системы. Пути устранения последствий неравновесной кристаллизации.

Понятие отжига - гомогенизации как диффузионного процесса.

Зависимость коэффициента диффузии от температуры. Технологические параметры отжига гомогенизации: температура и время.

Роль скорости нагрева и скорости охлаждения в технологии гомогенизационного отжига. Пути сокращения длительности отжига - гомогенизации. Особенности структурных изменений при отжиге сплавов, содержащих в структуре неравновесные структурные составляющие.

Режимы отжига - гомогенизации реальных промышленных сплавов. Отжиг - гомогенизация сталей, алюминиевых, магниевых, медных, титановых сплавов. Особенности отжига слитков и отливок.

Отжиг - гомогенизация при температурах выше неравновесного солидуса. Основные особенности, условия применимости, закономерности развивающихся процессов, режимы.

Отжиг - рекристаллизация. Цели. Характеристика структурного состояния металла, предшествующего рекристаллизационному отжигу. Основные структурные механизмы пластической деформации: скольжение, незакономерный поворот кристаллической решетки, двойникование. Понятие деформационного упрочнения при скольжении. Конечные структуры металла после деформации с различными степенями. Свойства пластически деформированного металла.

Причины двойникования. Две стадии двойникования. Схема двойникового зародыша, рост двойника. Понятие двойнивающей дислокации. Вклад различных механизмов деформации в изменение структуры и тонкого кристаллического строения деформированного металла. Текстура деформации. Волокнистость, строчечность. Анизотропия свойств деформированного металла.

Процессы, протекающие при нагреве деформированного металла.

Понятие процессов возврата. Механизмы отдыха, полигонизации и рекристаллизации "на месте".

Процессы рекристаллизации. Понятие первичной рекристаллизации. Зарождение зародышевых высокоугловых границ и их миграция. Особенности первичной рекристаллизации после деформации с критической степенью. Механизмы собирательной и вторичной рекристаллизации.

Основные закономерности рекристаллизации. Влияние технологических параметров отжига и предшествующей деформации на положение порога рекристаллизации и интенсивность процессов. Величина рекристаллизованного зерна. Изменение свойств металлов при отжиге - рекристаллизации. Текстура рекристаллизации. Анизотропия свойств рекристаллизованного металла.

Отжиг - рекристаллизация промышленных сплавов на основе железа, алюминия, меди, никеля, титана. Особенности процесса, режимы.

Отжиг, увеличивающий зерно. Режимы отжига трансформаторной стали. Получение специальной "стапельной" структуры вольфрамовой проволоки для спиралей ламп накаливания. Применение отжига для получения монокристаллов.

4.1.2. Отжиг второго рода

Основное определение отжига второго рода. Возможность осуществления отжига второго рода в связи с диаграммой состояния

системы. Фазовая перекристаллизация: частичная и полная. Основные закономерности фазовой перекристаллизации. Движущие силы фазовой перекристаллизации. Роль поверхностной и упругой энергии. Понятие критического зародыша. Перегрев и переохлаждение при фазовой перекристаллизации. Основные кристаллизационные параметры. Кинетика фазовой перекристаллизации. Диаграммы изотермического и термокинетического типа при нагреве и охлаждении. Роль энергетических параметров фазовой перекристаллизации и процессов диффузии.

Образование аустенита при нагреве стали. Механизм и кинетика превращения феррито-цементитной структуры в аустенит. Особенности превращения для доэвтектоидной и заэвтектоидной стали. Превращения при непрерывном нагреве. Влияние скорости нагрева. Особенности механизма и кинетики образования аустенита при высокоскоростном нагреве.

Величина зерна аустенита при нагреве стали. Влияние химического состава стали на величину зерна. Понятие наследственно-крупнозернистой и наследственно-мелкозернистой стали. Влияние величины зерна на свойства стали. Превращения в стали при медленном охлаждении. Механизм перлитного превращения, формирование структуры перлита.

Кинетика перлитного превращения. Диаграмма изотермического превращения аустенита. Влияние степени переохлаждения и скорости охлаждения на строение перлита. Основные характеристики дисперсности феррито-цементитных структур. Понятия структур зернистого перлита, пластинчатого перлита, сорбита, троостита. Условия их образования, структура и свойства сталей с такими структурами.

Особенности фазовых превращений при охлаждении доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей. Влияние скорости охлаждения и степени переохлаждения на структурное состояние избыточной фазы. Понятие квазиэвтектоида. Влияние химического состава стали, размера зерна и степени гомогенности аустенита на кинетику фазового превращения.

Технология отжига второго рода. Назначение, режимы, влияние на механические свойства и структуру стали, а также обрабатываемость стали резанием. Полный отжиг, нормализация, одинарная термическая обработка; изотермический отжиг и одинарная изотермическая обработка, патентирование. Неполный отжиг доэвтектоидной и заэвтектоидной стали. Процессы сфероидизации. Сфероидизирующий отжиг.

Виды фазовой перекристаллизации чугунов. Теория графитизации цементита. Влияние состава чугуна на структуру и способность к графитизации. Технология отжига на ковкий чугун: основной режим и особенности его для получения чугуна с перлитной, феррито-перлитной основой и др. Структура и свойства ковкого чугуна. Способы сокращения длительности отжига на ковкий чугун. Графитизированная сталь. Модифицированный серый чугун. Нормализация чугуна.

Особенности фазовой перекристаллизации цветных сплавов. Применение отжига второго рода к цветным сплавам.

4.1.3. Закалка, отпуск и старение

Закалка. Основное определение. Связь понятия закалки с диаграммой состояния системы. Понятие полной и неполной закалки. Закалка без полиморфного превращения и закалка на мартенсит. Основные технологические параметры закалки: температура, время выдержки, скорость охлаждения. Связь определения закалки с диаграммой изотермического превращения переохлажденной высокотемпературной фазы. Понятие критической скорости закалки.

Изменение механических свойств при закалке без полиморфного превращения. Закалка промышленных цветных сплавов. Классификация алюминиевых сплавов по способности к упрочнению при термообработке. Особенности закалки дуралюминов, авиалей, жаропрочных и высокопрочных деформируемых сплавов, литейных алюминиевых сплавов. Закалка с полиморфным превращением (закалка на мартенсит).

Основные понятия. Термодинамика мартенситного превращения. Связь с диаграммой изотермического превращения переохлажденного аустенита. Определение мартенситного превращения, как фазового превращения особого типа. Особенности мартенситного превращения.

Структура и строение мартенсита. Причины упрочнения стали при закалке на мартенсит. Понятие закаливается. Влияние содержания углерода и легирующих элементов на закаливаемость стали.

Технология закалки стали. Основные технологические параметры закалки стали. Определение температуры нагрева под закалку углеродистой доэвтектоидной и заэвтектоидной сталей. Перегрев при нагреве под закалку. Влияние легирования на температуру нагрева под закалку. Недогрев при закалке. Неполная закалка стали. Влияние скорости нагрева на температуру закалки. Длительность выдержки. Условия выбора скорости нагрева и длительности выдержки при закалке. Виды нагревающих сред. Ступенчатый нагрев под закалку.

Охлаждение при закалке. Выбор скорости охлаждения при закалке. Охлаждающие среды, их виды, характеристика. Внутренние напряжения при закалке. Коробление и деформация при закалке. Явление сверхпластичности (термокинетической пластичности) в момент протекания фазового (мартенситного) превращения. Способы борьбы с короблением и образованием трещин. Принципы бездеформационной закалки.

Способы закалки стали: непрерывная, прерывистая, ступенчатая, изотермическая. Структура и свойства стали после ступенчатой и изотермической закалки. Закалка с подстуживанием, закалка с обработкой холодом, закалка с самоотпуском, сорбитизация. Понятие прокаливаемости. Характеристики прокаливаемости: глубина закаленного слоя, полоса прокаливаемости, критический диаметр, идеальный критический диаметр.

Поверхностная закалка стали. Виды, применение. Особенности фазовых превращений при высокоскоростном непрерывном нагреве под закалку. Закалка с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ). Основы индукционного нагрева. Влияние технологических параметров на глубину

закаленного слоя. Способы закалки ТВЧ: одновременный, поочередный, непрерывно-последовательный, поочередно-последовательный и др. Преимущества и недостатки закалки с нагревом ТВЧ. Закалка пламенем газовой горелки. Закалка в электролите, применение ультразвука для повышения качества закаленных изделий в электролите. Закалка с контактным нагревом. Лазерная поверхностная обработка. Применение плазменного нагрева и других высококонцентрированных источников энергии для поверхностной закалки.

Отпуск и старение. Основные положения и определения. Теоретические основы отпуска и старения. Теория распада пересыщенных твердых растворов. Стадии распада: образование микронеоднородностей в объеме пересыщенного твердого раствора, появление зон, зарождение метастабильных и стабильных фаз, рост частиц выделяющейся фазы, коагуляция. Механизмы процессов.

Особенности прерывистого и непрерывного распада пересыщенного твердого раствора. Определение состояния коллоидного равновесия в процессе распада. Изменения свойств при распаде пересыщенных твердых растворов. Классификация операций старения. Естественное и искусственное старение. Старение зонное и фазовое, неполное упрочняющее и полное старение, старение стабилизирующее, разупрочняющее. Кинетика старения. Влияние состава сплава, строения фаз на упрочнение сплавов при старении.

Отпуск углеродистой стали. Виды отпуска: низкий, средний, высокий. Улучшение. Процессы, протекающие при отпуске стали: распад мартенсита, распад и превращение остаточного аустенита, карбидное превращение, коагуляция карбидов. Изменение механических свойств при отпуске стали.

Особенности изменения свойств при отпуске высокоуглеродистых сталей, легированных и высоколегированных сталей, отпуск на дисперсионное твердение. Механизмы процессов. Изменение ударной вязкости при отпуске сталей. Понятие отпускной хрупкости первого и второго рода. Механизмы, объясняющие отпускную хрупкость. Меры предупреждения и устранения отпускной хрупкости.

Особенности старения деформируемых и литейных алюминиевых, магниевых, медных и никелевых сплавов. Режимы, особенности изменения структуры и свойств сплавов при закалке и старении сплавов.

Особенности термообработки титановых сплавов. Фазовый состав титановых сплавов после закалки в зависимости от состава сплавов. Строение мартенситных фаз, особенности их образования. Превращения при отпуске титановых сплавов. Структура и свойства титановых сплавов после упрочняющих видов термической обработки.

4.2. Химико-термическая обработка

Основные закономерности химико-термической обработки (ХТО). Цели химико-термической обработки. Взаимодействие поверхности обрабатываемого изделия с внешней средой и процессы насыщения. Этапы процесса насыщения: превращения в химически активной внешней среде, адсорбция, диффузия. Особенности формирования структуры

диффузионного слоя при химико-термической обработке. Роль диаграммы состояния системы взаимодействующих компонентов.

Насыщение неметаллами. Цементация стали. Закономерности влияния температуры, длительности процессов и содержания в стали углерода и легирующих элементов на результаты цементации. Стали для цементации. Сущность и химизм цементации стали в твердом карбюризаторе, газовой и жидкой среде. Термическая обработка стали после цементации. Структура и свойства цементованной стали. Применение термоциклической обработки при цементации и после нее.

Азотирование стали. Диаграмма состояния системы железо - азот. Химизм процесса азотирования. Антикоррозионное азотирование стали. Азотирование легированной стали в целях поверхностного упрочнения. Влияние легирующих элементов на результаты азотирования. Стали для азотирования. Режимы азотирования. Структура и свойства азотированных сталей. Термическая обработка азотируемых изделий. Ионное азотирование стали и чугуна.

Углеродоазотирование и азотонауглероживание (цианирование и нитроцементация) стали. Сущность и химизм совместного насыщения азотом и углеродом в цианистых ваннах и газовой среде. Структура и свойства машиностроительных сталей после азотонауглероживания.

Углеродоазотирование высоколегированных сталей в различных средах.

Структура и свойства быстрорежущей стали после углеродоазотирования.

Сульфоцианирование стали. Цели. Структура и свойства стали после совместного насыщения материала тремя компонентами. Режимы и среды для сульфоцианирования. Способы борирования стали.

Насыщение металлами. Алитирование, хромирование, силицирование стали. Цели, условия ведения этих процессов. Структура и свойства слоев. Сведения о новых методах поверхностного насыщения стали бериллием, титаном, ванадием, вольфрамом, хромом, а также хромом и углеродом одновременно и др. Структура и свойства слоев, образующихся при насыщении. Новые подходы к организации насыщения металлами в газовых средах циркуляционными методами.

Основные сведения о разработанных методах химико-термической обработки меди, титана, молибдена, никеля, вольфрама, ниобия и др. металлов и сплавов на их основе.

4.3. Деформационно-термическая обработка

Классификация видов деформационно-термической обработки.

Механико-термическая обработка (МТО), термомеханическая обработка (ТМО) сталей и цветных металлов. Теоретические основы и технология МТО. Разновидности МТО: дорекристаллизационная МТО, высокотемпературная МТО, низкотемпературная МТО. Структура и свойства металлов и сплавов после МТО, ее назначение.

Технологии высокотемпературной ТМО и низкотемпературной ТМО. Теоретические основы упрочнения при ТМО, структура и свойства стали после ТМО.

Термомеханическая обработка не закаливаемых на мартенсит алюминиевых, медных и других сплавов цветных металлов.

4.4. Микродеформационно-термическая обработка

Основные понятия микродеформационно-термической обработки металлов (МДО) и сплавов. Основные виды МДО обработки: термоциклическая обработка и ультразвуковая (термоультразвуковая) обработка.

Сведения о термомагнитной и термомеханикомагнитной обработке.

Понятие о термоциклической обработке (ТЦО). Структурные превращения при термоциклировании в системах с ограниченными твердыми растворами, с полиморфным превращением твердых растворов и эвтектоидным превращением.

Технология термоциклической обработки сплавов цветных металлов, доэвтектоидных, эвтектоидных и заэвтектоидных сталей и чугуна. Термоциклическая обработка в сочетании с химико-термической обработкой, ТЦО для уменьшения остаточных внутренних напряжений.

Основные сведения об ультразвуке и ультразвуковой обработке. Влияние ультразвука на жидкости и твердые тела. Классификация видов ультразвуковой и термоультразвуковой обработки.

Закалка в ультразвуковом поле. Химико-термическая обработка в озвучиваемой активной среде. Собственно ультразвуковая обработка. Предварительная ультразвуковая обработка. Влияние ультразвука на процессы нормализации, отпуска и старения, на насыщение при химико-термической обработке.

Раздел 5. Теплофизика термической обработки металлов

Термодинамические основы тепловых процессов при термической обработке. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Теплообмен при термической обработке, теплопередача излучением. Конвективный теплообмен.

Теплофизические и физико-механические свойства металлов и сплавов. Теплоемкость. Плотность материала, теплопроводность. Теплопроводность сталей и сплавов. Влияние состава стали и термической обработки. Влияние температуры. Расчеты по химическому составу

Понятие температуропроводности. Коэффициент температуропроводности и уравнение температуропроводности. Решение уравнения теплопроводности.

Особенности теплообмена в вакууме. Нагрев и охлаждение в атмосфере высокомолекулярных газов. Нагрев и охлаждение в кипящем слое. Закалочное охлаждение в водных растворах полимеров. Охлаждение тонких изделий при закалке в штампах.

Определение уровня внутренних напряжений. Понятие температурного градиента. Тепловое расширение металлов и сплавов и термические напряжения. Структурные напряжения. Применение теплофизических расчетов для анализа превращений, протекающих в сталях и сплавах при охлаждении.

Новейшие достижения в области теории и технологии термической обработки металлов за последние двадцать лет.

Список рекомендованных источников

Основная литература

1. Новиков И.И., Золоторевский В.С., Портной В.К. и др. Металловедение. Учебник. В 2-х томах. Т. 1. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. 496 с.
2. Новиков И.И., Золоторевский В.С., Портной В.К. и др. Металловедение. Учебник. В 2-х томах. Т. 2. Термическая обработка. Сплавы. М.: Изд. Дом МИСиС, 2014. 528 с.
3. Лившиц Б.Г. Металлография. М.: Металлургия, 1990. 236 с.
4. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография. М.: МИСиС, 1994. 480 с.
5. Биронт В.С. Материаловедение. Железоуглеродистые сплавы. Красноярск: ГАЦМиЗ, 2002. 128 с.
6. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСиС, 2005. 432 с.
7. Биронт В.С., Орелкина Т.А., Гурская В.Ю., Аникина В.И. Материаловедение. Формирование структуры в сплавах двухкомпонентных систем. Красноярск: ГАЦМиЗ, 2006. 96 с.
8. Биронт В.С. Материаловедение. Конструкционные материалы. Красноярск: ГАЦМиЗ, 2003. 156 с.
9. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г., Рыжков Н.М. Материаловедение. М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 648 с.
10. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. 480 с.
11. Биронт В.С. Теория термической обработки металлов. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2009. 541 с.
12. Биронт В.С. Теория термической обработки. Отжиг. Красноярск: ГАЦМиЗ. 1997. 208 с.
13. Биронт В.С. Теория термической обработки. Закалка, старение, отпуск. Красноярск: ГАЦМиЗ. 1998. 172 с.
14. Биронт В.С. Теория термической обработки. Комбинированные методы. Красноярск: ГАЦМиЗ, 2000. 140 с.
15. Биронт В.С. Теория термической обработки. Теплофизические основы и расчеты: Учебное пособие ГАЦМиЗ. Красноярск: 2001. 132 с.

Дополнительная литература

1. Мальцев М.В. Metalлография промышленных цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1970. 367 с.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. М: Машиностроение, 1993. 448 с.
3. Колачев Б.А., Габидуллин Р.М., Пигузов Ю.В. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов. М: Металлургия, 1980. 280 с.
4. Горелик С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1978. 565 с.
5. Металловедение и термическая обработка металлов. Справочник под ред. Бернштейна М.Л. и Рахштадта А.Г. М.: Металлургия, т. 1, 1961; т. 2, 1962; т.т. 1,2,3, 1984.
6. Биронт В.С. Применение ультразвука при термической обработке металлов. М.: Металлургия, 1977. 168 с.
7. Биронт В.С. Основы теории и технологии термоциклической обработки металлов и сплавов. Красноярск : КПП, КИЦМ, 1984. 76 с.
8. Металловедение и термическая обработка металлов. Периодический журнал.

Составитель программы:
д-р хим. наук, доцент


В.П. Жереб

Директор Института цветных
металлов и материаловедения СФУ


В.Н. Баранов

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальностей научных работников.

Критерии и параметры оценки письменного задания
на вступительном испытании при поступлении в аспирантуру СФУ
Направление 22.06.01 Технологии материалов
программа (профиль) 05.16.01 Металловедение и термическая обработка
металлов и сплавов

0-40 баллов	
Содержание и структура ответа	Содержание ответа не соответствует теме задания или соответствует ему в очень малой степени. В ответе отражено менее 10% материала, предусмотренного заданием, не используются диаграммы состояния металлических систем. Продемонстрировано крайне низкое (отрывочное) знание фактического материала дисциплины, допущено много фактических ошибок, практически все факты (данные) либо искажены, либо неверны. Ответ не структурирован.
Понимание	Продемонстрировано крайне слабое владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины (неуместность употреблений терминов, неверные аббревиатуры). Многочисленные ошибки в толковании терминов и использовании формул.
Исполнение	Работа выполнена неаккуратно, с обилием помарок, исправлений, орфографических и стилистических ошибок (более 10 ошибок на страницу).
41-60 баллов	
Содержание и структура ответа	Содержание ответа соответствует теме задания. В ответе отражено 60-70% материала, предусмотренного заданием, продемонстрировано умение пользоваться диаграммами состояния металлических систем. Продемонстрировано удовлетворительное знание фактического материала, есть фактические ошибки (25-30%). Ответ плохо структурирован, нарушена логика. Ответ представлен логически не связанными друг с другом частями.
Понимание	Есть ошибки в употреблении и трактовке терминов, формул, расшифровке аббревиатур. Примеры, иллюстрации, расчеты в малой степени соответствуют изложенному теоретическому материалу.
Исполнение	Работа выполнена неаккуратно, встречаются помарки и

	<p>исправления.</p> <p>Большое количество орфографических и стилистических ошибок.</p>
61- 80 баллов	
Содержание и структура ответа	<p>В ответе отражено 70-80% материала, предусмотренного заданием, правильно применены диаграммы состояния металлических систем. Содержание ответа в целом соответствует теме задания.</p> <p>Демонстрируется знание фактического материала.</p> <p>Встречаются несущественные фактические ошибки. Ответ в достаточной степени структурирован.</p>
Понимание	<p>Ошибки в употреблении терминов отсутствуют.</p> <p>Продемонстрирована уместность употребления аббревиатур, толкований и др.</p> <p>В ответе отчасти использованы адекватные иллюстрации, примеры, расчеты, справочные формулы и материалы.</p>
Исполнение	<p>Работа выполнена аккуратно, без помарок и исправлений.</p> <p>Допустимо небольшое количество орфографических ошибок (от 1 до 5) и стилистических, без искажения смысла.</p>
81- 100 баллов	
Содержание и структура ответа	<p>В ответе отражен весь материал, предусмотренный заданием с использованием диаграмм состояния металлических систем.</p> <p>Ответ полностью соответствует теме задания. В ответе отсутствуют фактические ошибки.</p> <p>Ответ четко структурирован и выстроен в логике. Части ответа логически взаимосвязаны.</p>
Понимание	<p>В ответе продемонстрировано уверенное владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины и графическими образами диаграмм состояния металлических систем.</p> <p>Ошибки в употреблении терминов отсутствуют. В ответе представлено умелое использование категорий, терминов, формул, аргументированное изложение материала дисциплины с использованием диаграмм состояния.</p> <p>Ответ дополнен необходимым количеством адекватных иллюстраций, примеров, расчетов.</p>
Исполнение	<p>Работа выполнена аккуратно, без помарок и исправлений.</p> <p>Отсутствуют орфографические ошибки.</p> <p>В изложении материала прослеживается высокая степень самостоятельности с элементами оригинальности в</p>

	представлении, манере изложения и использовании стилистических оборотов.
--	--

Примечание:

1. Критерии и параметры оценки письменного задания применяются к оценке каждого вопроса экзаменационного билета независимо от количества вопросов. Итоговый балл, в случае нескольких вопросов, считается как среднее арифметическое.

2. В случае оценки одного из вопросов письменного задания (при наличии нескольких вопросов) «неудовлетворительно», количество баллов, выставленных за данный вопрос (0 - 40), в сумме баллов при выставлении итогового балла не учитывается.