

**• Технология и оборудование сварочного производства**

Целью междисциплинарного экзамена является выявление уровня естественнонаучной подготовки и основ профессиональных знаний поступающих в магистратуру.

Программа базируется на дисциплинах: методы исследования материалов и процессов; материаловедение; физические основы сварки; теория сварочных процессов.

Вопросы программы включают следующие темы:

**1. Методы исследования материалов и процессов**

Методы измерения твердости. Методы определения механических свойств материалов при растяжении. Методы проведения испытаний на изгиб, сжатие. Ударные испытания и испытания на трещиностойкость. Методы проведения испытаний на усталость. Методы проведения испытаний на износ. Методы проведения испытаний на коррозионную стойкость. Макроанализ, характеристика метода, приготовление объектов. Изучение изломов с помощью макроанализа. Исследование структуры материалов с помощью световой оптической микроскопии, физические принципы метода, его технические возможности. Приготовление объектов для световой микроскопии. Полезное увеличение микроскопа. Выбор оптики для изучения сложных структур. Стереометрический анализ (количественная металлография). Этапы стереометрического анализа. Методики количественной металлографии для определения размера зерна, количественного соотношения фаз, удельной поверхности раздела фаз. Использование микротвердомера ПМТ-3 для изучения структуры материалов. Электронно-оптический анализ. Просвечивающая электронная микроскопия. Конструкция ПЭМ. Приготовление объектов для ПЭМ. Задачи, решаемые с помощью электронографических исследований. Приготовление объектов для электронографических исследований. Растровая электронная микроскопия. Конструкция РЭМ. Использование рентгеновских лучей для изучения структуры материалов.

**2. Материаловедение**

Общая характеристика металлов. Металлическая связь. Типы кристаллических решеток металлов. Понятие полиморфизма и анизотропии. Строение реальных металлов. Точечные, линейные, поверхностные дефекты. Зависимость между плотностью дефектов и прочностью металлов. Термодинамические основы фазовых превращений. Общая характеристика процессов плавления и кристаллизации. Основные закономерности процесса кристаллизации. Строение металлического слитка. Факторы, влияющие на размер зерна. Сущность модифицирования. Изменение строения и свойств металла при холодной пластической деформации. Сущность наклепа.

Изменение строения и свойств наклепанного металла при нагреве. Сущность рекристаллизации. Общая характеристика методов определения механических свойств материалов. Диаграмма растяжения пластичных металлов. Понятие механических напряжений. Характеристика показателей прочности (временного сопротивления, физического и условного пределов текучести, предела упругости). Характеристика показателей пластичности (относительного удлинения и относительного сужения) и ударной вязкости. Усталость и выносливость металлов. Понятие предела выносливости. Взаимодействие компонентов в сплавах. Общая характеристика, основы строения, условия образования и отличительные

особенности химических соединений, твердых растворов и механических смесей. Компоненты, фазы, структурные составляющие сталей и белых чугунов. Характеристика, условия образования, основные свойства. Диаграмма состояния "железо -цементит". Характеристика основных областей, линий и точек, практическое значение. Получение чугуна и стали. Сущность, сравнительная характеристика основных способов. Классификация углеродистых сталей. Влияние углерода и постоянных примесей на структуру и свойства стали. Углеродистая сталь обыкновенного качества общего назначения. Химический состав, свойства, обозначение, применение. Углеродистая качественная конструкционная сталь. Химический состав, свойства, обозначение, применение. Углеродистая инструментальная сталь. Химический состав, свойства, обозначение, применение. Общая характеристика процесса графитизации. Классы чугунов по структуре металлической основы. Белый и отбеленный чугун. Серый чугун. Строение, свойства, условия получения, обозначение, применение. Высокопрочный и ковкий чугуны. Строение, свойства, условия получения, обозначение, применение. Образование аустенита при нагреве. Диаграмма изотермического распада аустенита. Характеристика основных линий и точек, теоретическое и практическое значение. Перлитное превращение. Механизм образования, строение и свойства перлита, сорбита и троостита. Превращения при отпуске закаленной стали. Мартенситное превращение. Механизм образования, строение и свойства мартенсита. Объемная закалка стали. Сущность, выбор режимов, назначение. Закаливаемость и прокаливаемость стали. Обработка холодом. Разновидности объемной закалки стали в зависимости от способа охлаждения. Сущность, сравнительная характеристика, применение. Отпуск закаленной стали. Сущность, разновидности, основные режимы, назначение. Отжиг стали. Назначение, общая характеристика и режимы проведения основных разновидностей отжига (полного, неполного, нормализационного). Поверхностная закалка стали. Методы, режимы, сравнительная характеристика, применение. Цементация. Сущность, способы, основные параметры процесса, термообработка после цементации, применение. Понятие азотирования, нитроцементации, диффузионного насыщения металлами. Сущность, сравнительная характеристика, применение. Сущность легирования стали. Влияние легирующих элементов на механические и технологические свойства стали. Условное обозначение легированных сталей. Основные классы конструкционных легированных сталей. Общая характеристика, примеры, применение. Инструментальные легированные стали. Общая характеристика, примеры, применение. Быстрорежущие стали. Химический состав, свойства, обозначение, термическая обработка, применение. Твердые сплавы. Получение, свойства, обозначение, применение. Стали, устойчивые к воздействию агрессивных сред и высоких температур (коррозионностойкие, жаростойкие, жаропрочные). Общая характеристика, примеры, применение. Специальные легированные стали (шарикоподшипниковые, износостойкие, кавитационностойкие, автоматные). Химический состав, свойства, обозначение, применение. Бронза и латунь. Общая характеристика, обозначение, применение. Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы. Общая характеристика, обозначение, применение. Антифрикционные сплавы. Требования, структура, разновидности, общая характеристика, применение. Порошковые сплавы. Основы технологии получения порошков, прессование, спекание. Общая характеристика порошковых материалов, область применения. Полимерные материалы. Общая характеристика, методы переработки, применение в автотракторном и сельскохозяйственном машиностроении.

### **3. Физические основы сварки. Теория сварочных процессов**

Физическая сущность процесса сваривания. Классификация способов сварки по технологическому и энергетическому принципам. Основные способы сварки давлением (холодная, диффузионная, ультразвуковая, взрывом, трением, электрическая контактная, газопрессовая, кузнечно-прессовая) и плавлением (газовая, дуговая, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая, лазерная). Области применения основных способов сварки. Основные требования к сварочным источникам тепла. Электрическая дуга. Проводимость

твердых тел, жидкостей и газов. Электрический разряд в газах. Определение дугового разряда. Основные зоны дуги. Вольтамперная характеристика дуги. Элементарные процессы в плазме дуги. Эффективный потенциал ионизации. Приэлектродные области дугового разряда. Эмиссионные процессы на электродах. Баланс энергии в приэлектродных областях и столбе дуги. Закон теплопроводности Фурье. Поверхностная теплоотдача и краевые условия. Конвективный теплообмен. Лучистый теплообмен. Краевые условия. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Источники тепла и их схематизация. Классификация источников тепла. Мгновенный точечный источник. Мгновенный линейный источник. Мгновенный плоский источник. Непрерывно действующие неподвижные источники. Движущиеся источники теплоты. Точечный источник на поверхности полубесконечного тела. Линейный источник в бесконечной пластине. Плоский источник в бесконечном стержне. Периоды теплонасыщения и выравнивания температур при нагреве тел движущимися источниками теплоты. Быстродвижущиеся источники теплоты. Точечный источник. Линейный источник. Определение размеров зон нагрева. Влияние ограниченности размеров тела на процессы распространения теплоты. Движение источника вблизи края тела. Нагрев двух узких пластин. Нагрев от края тела. Нагрев тел вращения. Тонкостенный цилиндр. Тонкостенный конус. сплошной круглый цилиндр. Толстостенный цилиндр. Распределенные источники теплоты. Мгновенный нормально круговой источник. Движущийся нормально круговой источник. Расчет температур при сварке разнородных металлов. Экспериментальное определение температуры при сварке. Общая характеристика металлургических процессов при сварке. Кинетика процессов взаимодействия металла с окружающей средой в условиях сварки. Взаимодействие металла с кислородом. Взаимодействие металла с водородом и азотом при сварке плавлением. Взаимодействие металла при сварке со сложными газами, содержащими кислород. Особенности состава газовой фазы при дуговой сварке плавящимся электродом и ее взаимодействие с металлом. Процессы окисления металлов при сварке и их разновидности. Характеристика элементов - окислителей. Методы прогнозирования реакций окисления отдельных элементов в расплавах. Термохимический анализ взаимодействия элементов сплава при различных температурах по величине химического потенциала. Окислительная способность защитных средств (газов, шлаков). Влияние окисления на механические свойства сталей и сплавов. Необходимость раскисления металла. Процессы раскисления и их разновидности при сварке. Выбор элементов раскислителей, исходя из химического сродства к кислороду по упругости диссоциации их окислов. Термохимический расчет необходимого количества раскислителя в зависимости от температуры и молярной концентрации компонента в сплаве. Роль вакуума в процессах раскисления. Продукты раскисления. Удаление их из металла в различных процессах раскисления и сварки. Влияние неметаллических включений на свойства сварных швов. Процессы легирования при сварке. Цель и задачи легирования. Принципы выбора легирующих элементов и их сочетаний при различных способах сварки. Способы защиты металла сварочной ванны от воздушной среды: шлаковая, газовая, газошлаковая, вакуумная.

## Направление 22.04.01 «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»

### Программа:

#### •Перспективные конструкционные материалы и высокоэффективные технологии

Целью вступительного экзамена является выявление уровня естественно-научной подготовки и основ профессиональных знаний студентов.

Вступительные экзамены проводятся в конце восьмого семестра обучения, после бакалаврской подготовки, в письменном виде. Вопросы программы включают следующие темы:

Значение и задачи курса «Материаловедение». Роль материала и его характеристик в обеспечении эксплуатации изделий; основные понятия о механических, физических, химических свойствах, технологических и эксплуатационных характеристиках материалов.

Общая классификация материалов по природе, назначению и областям применения; общие представления о наследственной связи структуры и структурных преобразований материалов на стадиях производственного цикла и характеристик изделий.

Металлические органические и неорганические неметаллические материалы. Гомогенное и гетерогенное строение материалов. Анизотропия свойств. Строение и свойства реальных кристаллов.

Термодинамические основы процессов плавления и кристаллизации. Влияние модифицирования жидкого металла. Влияние величины зерна на свойства металлов. Строение металлического слитка

Общая теория сплавов.

Общая характеристика сплавов. Компонент, фаза, система. Виды взаимодействия компонентов (твердый раствор, эвтектическая смесь, химическое соединение). Фазовые диаграммы и методы их построения, и расчет. Правила фаз и отрезков. Диаграмма состояния для сплавов, образующих эвтектику (I рода). Диаграмма состояния для сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях (II рода). Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью в твердом состоянии (III рода). Диаграмма состояния с устойчивым химическим соединением (IV рода). Связь диаграмм со свойствами материалов.

Наклеп, возврат и рекристаллизация.

Напряжения и деформация. Упругая и пластическая деформация. Влияние нагрева на структуру и механические свойства наклепанного металла. Сущность фазовых превращений, диффузионные и бездиффузионные превращения. Возврат, отдых и рекристаллизация, полиморфизм. Холодная и горячая пластические деформации.

Основные типы черных металлов. Железоуглеродистые сплавы.

Основные характеристики железа и углерода. Фазы в железоуглеродистых сплавах. Диаграмма состояния железо-цементит и ее анализ.

Углеродистые стали. Постоянные примеси в технических сплавах и их влияние на свойства стали. Влияние содержания углерода на механические свойства стали. Классификация углеродистых сталей по структуре, степени раскисленности, качеству и назначению. Маркировка сталей.

Чугуны. Белые и серые чугуны. Классификация серых чугунов по форме графита. Влияние формы включений графита и металлической основы на свойства чугуна. Способы получения чугунов. Модифицирование чугуна. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом, его состав, свойства, маркировка и применение. Ковкий чугун, его состав, свойства и применение, маркировка. Графитизирующий отжиг.

Термическая обработка.

Сущность и назначение термической обработки стали. Роль термической обработки в повышении долговечности, служебных свойств изделий, снижении металлоемкости. Основные параметры термической обработки. Классификация видов термической обработки. Механизм перлитного и аустенитного превращений. Рост зерна аустенита. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита. Продукты перлитного распада аустенита и их механические свойства. Мартенситное превращение. Строение и свойства мартенсита закалки. Особенности мартенситного превращения. Критическая скорость закалки. Остаточный аустенит в закаленной стали. Отпуск стали. Превращения при отпуске закаленной стали.

Технологические процессы термической обработки стали. Способы нагрева при термической обработке. Защитные атмосферы. Закалочные напряжения и деформации. Способы закалки. Прокаливаемость и закаливаемость стали. Отпуск стали. Его виды и назначение. Характер изменения механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска. Структура отпущенной стали.

Легированные стали.

Причины введения легирующих элементов в сталь. Влияние легирующих элементов на аустенитное и мартенситное превращения, на упрочнение феррита, на превращения при отпуске. Влияние легирующих элементов на свойства, структуру сталей и условия их термической обработки. Классификация и маркировка легированных сталей.

Конструкционные легированные стали. Свариваемость стали. Строительные, цементуемые, улучшаемые, пружинно-рессорные стали и их термическая обработка. Влияние структуры на поведение стали при механической обработке. Шарикоподшипниковые стали и высокомарганцовистые износостойкие стали, структура и свойства.

Инструментальные стали, их структура и термическая обработка. Быстрорежущие стали, их структура и особенности термической обработки. Штамповые стали, их термическая обработка. Твердые сплавы, получение, свойства и применение. Режущая керамика. Сверхтвердые материалы. Нержавеющие (коррозионно-стойкие) стали.

Основные принципы создания коррозионно-стойких сталей. Хромистые и хромоникелевые нержавеющие стали, их структура и термическая обработка. Стали и сплавы, применяемые при повышенных температурах. Особенности поведения сплавов в условиях постоянной нагрузки при повышенных температурах. Характеристика жаропрочных сплавов. Пути повышения жаропрочности. Жаропрочные (окалиностойкие) стали и сплавы. Способы повышения жаростойкости.

Химико-термическая обработка.

Методы поверхностного упрочнения. Поверхностная закалка, ее виды и область применения. Индукционный нагрев токами высокой частоты. Достоинства и недостатки. Химико-термическая обработка. Цементация, ее назначение и виды. Механизм образования цементационного слоя и его свойства. Стали, назначаемые на цементацию. Термическая обработка после цементации. Азотирование, назначение, процесс азотирования. Стали, назначаемые на азотирование. Предварительная термическая обработка. Область применения азотирования. Цианирование (нитроцементация), назначение. Термическая обработка. Диффузионная металлизация, виды, назначение.

Основные типы цветных металлов и сплавов и покрытий на их основе. Классификация сплавов.

Алюминий, его свойства и применение. Термическая обработка алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой. Литейные алюминиевые сплавы. Силумины, их модифицирование. Порошковые алюминиевые сплавы. Магний и его сплавы. Деформируемые и литейные магниевые сплавы, их термическая обработка, свойства и применение.

Титан, его свойства и применение. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства титана. Конструкционные сплавы титана, их термическая обработка, структура и свойства, область применения.

Медь и ее свойства. Применение меди. Латуни, их маркировка, свойства и применение. Бронзы: оловянистые, кремнистые, бериллиевые. Состав, свойства и применение бронз. Сплавы на основе никеля, тугоплавких металлов, структурные особенности, свойства.

Электротехнические материалы, их классификация и свойства.

Неметаллические материалы. Классификация неметаллических материалов. Керамики, силикатные материалы, стекла, основные свойства.

Особенности поведения хрупких неметаллических материалов при нагружении.

Высокомолекулярные материалы (полимеры). Структура и свойства полимеров. Физическое состояние полимеров. Пластические массы. Каучуки и резины общетехнического назначения. Фрикционные и антифрикционные материалы, компаунды, пленки, волокна, лакокрасочные материалы и др., их состав, структура, свойства, особенности применения.

Композиционные материалы: изотропные, анизотропные волокнистые и слоистые, покрытия.

## **Направление 22.04.02 «МЕТАЛЛУРГИЯ»**

### **Программа**

- Металловедение и термическая обработка металлов**

Настоящая программа базируется на дисциплинах: основы производства и обработки металлов, теория термической обработки, основы легирования сталей, технология термической обработки цветных сплавов и сплавов.

### **1. Основы производства и обработки металлов**

Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. Виды строения и состав сталеплавильных шлаков. Особенности поведения углерода, марганца и кремния, во время выплавки стали в сталеплавильных агрегатах. Описать процессы рафинирования металла от серы и фосфора в электродуговых печах. Описать процессы рафинирования металла от серы и фосфора в мартеновских печах. Описать процессы рафинирования металла от серы и фосфора в конвертерах. Раскисление и легирование стали (материалы, используемые в качестве раскислителей и легирующих элементов, сущность и виды различных способов раскисления стали). Производство стали в конвертере (виды и устройство конвертеров, основные физико-химические процессы, происходящие при получении стали в конвертере). Производство стали в электродуговых печах. (Виды и устройство электродуговых печей, основные физико-химические процессы, происходящие при получении стали в электродуговой печи). Производство стали в мартеновских печах (виды и устройство мартеновских печей, основные физико-химические процессы, происходящие при получении стали в мартеновских печах). Сущность устройство, виды и задачи внепечной обработки стали при атмосферном давлении. Сущность устройство, виды и задачи внепечной обработки стали при пониженном давлении. Применяемое оборудование и технология разлива стали в изложницы и непрерывнолитые заготовки. Процессы и явления, протекающие при кристаллизации сталей сплавов. Затвердевание слитков спокойной, кипящей и поусткой сталей (строение и механизм образования структурных зон, преимущества и недостатки слитков их назначение). Особенности затвердевания непрерывнолитых слитков, существующие способы повышения качества металла непрерывно-литых слитков. Технологические цепочки прокатного производства, устройство и виды оборудования, используемого для получения листового и сортового проката. Способы получения проволоки, виды и устройство используемого оборудования. Основные технологические операции и

принцип действия оборудования используемого для свободнойковки. Основные технологические операции и принцип действия оборудования используемого для горячей и холодной объемной штамповки. Основные технологические операции и принцип действия оборудования используемого для листовой штамповки.

## **2. Теория термической обработки**

Определение отжига первого рода и краткая характеристика всех его разновидностей. Главные структурные изменения, происходящие при гомогенизационном отжиге и их влияние на свойства литого металла. Понятие температуры начала рекристаллизации и факторы, влияющие на нее. Основные факторы и их влияние на размер зерна при отжиге холоднодеформированного металла. Схемы возможного изменения структуры и прочностных свойств наклепанного металла в зависимости от температуры отжига и от времени изотермического отжига. Кинетика образования аустенита в стали. Влияние исходной структуры, легирования и скорости нагрева на температурный интервал аустенизации. Роль аустенитного зерна в стали. Начальное, действительное и наследственное зерно аустенита. Влияние углерода и легирующих элементов на размер зерна. Кинетика перлитного превращения. Влияние степени переохлаждения на строение и свойства продуктов распада аустенита. Понятие об эвтектоидном зерне. Особенности превращения аустенита при охлаждении доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей. Влияние легирующих элементов на механизм и кинетику перлитного превращения. Сущность и назначение полного отжига доэвтектоидных сталей. Фазовые и структурные превращения при полном отжиге. Сущность и назначение сфероидизирующего отжига. Фазовые и структурные превращения при сфероидизирующем отжиге. Сущность и назначение нормализации доэвтектоидных сталей. Фазовые и структурные превращения при нормализации. Сущность и назначение патентирования. Фазовые превращения при нагреве и изотермической выдержке. Роль патентирования в получении высокопрочного состояния металла. Фазовые и структурные превращения, происходящие при изотермическом отжиге сталей. Преимущества и недостатки его по сравнению с полным отжигом. Принципиальное различие между отжигами первого и второго рода. Краткая характеристика и назначение основных разновидностей отжига первого рода и отжига второго рода. Закалка с полиморфным превращением. Характерные особенности мартенситного превращения в углеродистых сталях. Сущность и назначение режимов искусственного старения, критерий оптимальности при выборе режима старения. Микроструктура и субструктура сплавов, закаленных на мартенсит. Условия образования пластинчатого и пакетного мартенсита. Различие между ВТМО и НТМО сталей. Кинетика мартенситного превращения. Термическая стабилизация аустенита. Влияние деформации на мартенситное превращение. Мартенсит напряжения и деформации. Особенности структурных превращений при различных способах нагрева при поверхностной закалке. Принципы выбора температуры нагрева под закалку сталей с различным содержанием углерода. Основные принципы выбора охлаждающей среды при закалке на мартенсит. Понятие отпуска. Структурные изменения при отпуске углеродистых сталей. Влияние легирующих элементов на структурные изменения при отпуске стали. Необратимая и обратимая отпускная хрупкость. Количественная оценка склонности к отпускной хрупкости. Показатели, используемые для оценки прокаливаемости стали, и способы их определения. Причины упрочнения стали при закалке на мартенсит. Изменение пластичности при закалке.

## **3. Основные принципы легирования сталей**

Общая классификация легирующих элементов. Общая классификация сталей. Влияние легирующих элементов на критические точки. Общая классификация сталей по химическому составу и назначению, по структуре в равновесном состоянии и определение класса сталей, и по качеству. Примеси в стали. Влияние серы и фосфора на качество стали. Влияние неметаллических включений на свойства стали. Закономерности образования твердых растворов

замещения и внедрения. Структура и свойства легированного феррита. Структура и свойства легированного аустенита. Термодинамическая активность углерода в железе. Общие закономерности образования карбидов и нитридов в легированных сталях. Интерметаллиды. Электронные соединения. Интерметаллиды.  $\sigma$ -фазы. Интерметаллиды. Фазы Лавеса и геометрически плотноупакованные фазы. Образование аустенита при нагреве исходной неупорядоченной структуры. Образование аустенита при нагреве исходной упорядоченной структуры. Структурная наследственность в стали. Растворение карбидов и нитридов в аустените. Рост зерна аустенита в легированных сталях. Влияние легирующих элементов на устойчивость переохлажденного аустенита. Влияние карбидообразующих и некарбидообразующих элементов на перлитное превращение в легированных сталях. Особенности промежуточного превращения в легированных сталях. Микроструктура и механические свойства продуктов промежуточного (бейнитного) превращения в легированных сталях. Кинетики мартенситных превращений в легированных сталях. Стабилизация аустенита в сталях с атермической кинетикой мартенситного превращения. Распад мартенсита при отпуске легированной стали. Образование и коагуляция специальных карбидов при отпуске легированных сталей. Распад остаточного аустенита при отпуске легированных сталей. Возврат и рекристаллизация матрицы при отпуске легированных сталей. Дисперсионное упрочнение при отпуске легированных сталей. Необратимая отпускная хрупкость при отпуске легированных сталей. Обратимая отпускная хрупкость при отпуске легированных сталей. Меры борьбы с обратимой отпускной хрупкостью легированных сталей.

#### **4. Технология термической обработки цветных сплавов**

Общие принципы разработки технологического процесса термообработки металлов и сплавов. Основные виды термической обработки цветных сплавов. Принципы выбора способа нагрева и охлаждающей среды применительно к цветным металлам и сплавам на их основе. Термические напряжения. Меры предупреждения и уменьшения остаточных напряжений. Меры, предпринимаемые для снижения газонасыщения металла при термообработке. Контролируемые атмосферы. Защитные покрытия. Термическая обработка в вакууме. Дефекты термически обработанных изделий и полуфабрикатов из цветных сплавов, способы их устранения. Технология термической обработки алюминия и его сплавов. Классификация алюминиевых сплавов, их маркировка и области применения. Состояние поставки полуфабрикатов и изделий, цели и способы их термической обработки. Технология термообработки листов и плит из термически не упрочняемых (высокий и низкий отжиги) и упрочняемых (полный и сокращенный отжиги, закалка, естественное и искусственное старение, обработка на возврат) сплавов. Технология термообработки прессованных изделий, труб, поковок и штамповок (гомогенизационный отжиг, закалка, правка, старение). Технология термообработки отливок (упрочняющая и стабилизирующая термообработка). Термомеханическая обработка (ТМО) изделий и полуфабрикатов. Классификация вариантов ТМО. Технология термической обработки магния и его сплавов. Классификация магниевых сплавов, их маркировка и области применения. Состояние поставки полуфабрикатов и изделий, цели и способы их термической обработки. Технология термообработки отливок. Выбор режимов термообработки для обеспечения необходимого уровня механических свойств и уменьшения остаточных напряжений. Технология термообработки деформированных полуфабрикатов (гомогенизационный, рекристаллизационный и для снятия напряжений отжиги и закалка). Технология термической обработки меди ее сплавов. Классификация медных сплавов, их маркировка и области применения. Состояние поставки полуфабрикатов и изделий, цели и способы их термической обработки. Температурные интервалы для нагрева под обработку давлением, гомогенизационного, рекристаллизационного и для снятия напряжений отжигов. Технология термообработки изделий и полуфабрикатов, полученных обработкой давлением. Технология термообработки отливок. Закалка и старение (полное, неполное, стабилизирующее)



дисперсионно-твердеющих сплавов. Упрочнение сплавов низкотемпературной ТМО. Технология термической обработки титана и его сплавов. Классификация титановых сплавов, их маркировка и области применения. Состояние поставки полуфабрикатов и изделий, цели и способы их термической обработки. Технология термообработки листовых полуфабрикатов. Изотермический и упрочняющий двойной отжига для  $\alpha$ -, $\beta$ -титановых сплавов. Рекристаллизационный, дорекристаллизационный, уменьшающий остаточные напряжения отжига для сплавов на основе двухфазных сплавов титана. Выбор режимов закалки и старения  $\alpha$ - и  $\alpha+\beta$ - сплавов. Технология термообработки поковок и штамповок, труб, прутков, проволоки и др. профилей. Технология термомеханической обработки (ВТМО, НТМО, ПТМО и комбинированная ТМО). Химико-термическая обработка (азотирование и оксидирование). Насыщающие среды, режимы и технологические схемы ХТО. Технология термообработки тугоплавких металлов и сплавов на их основе. Технология термической обработки изделий и полуфабрикатов из никеля, ниобия, хрома, молибдена и др. металлов и их сплавов.

### Перечень вопросов

1. Опишите основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов
2. Какие главные структурные изменения происходят при гомогенизационном отжиге и как они влияют на свойства литого металла
3. Общая классификация сталей
4. Алюминий и его характерные свойства. Деформируемые алюминиевые сплавы, их свойства, маркировка и области применения.
5. Опишите виды строение, задачи и состав шлаков основного и кислого сталеплавильного процессов.
6. Дайте понятие температуре начала рекристаллизации и укажите какие факторы и как влияют на нее.
7. Влияние легирующих элементов на критические точки.
8. Магний и его характерные свойства. Свойства, маркировка и области применения.
9. Опишите влияние серы на свойства стали, существующие способы и химические реакции, протекающие при удалении серы из металла.
10. Какие основные факторы и как влияют на размер зерна при отжиге холоднодеформированного металла.
11. Общая классификация сталей по химическому составу и назначению, по структуре в равновесном состоянии и определение класса сталей, и по качеству.
12. Медь и ее характерные свойства. Латунни, их свойства, маркировка и области применения.
13. Опишите влияние фосфора на свойства стали, существующие способы и химические реакции, протекающие при удалении фосфора из металла.
14. Приведите схемы возможного изменения прочностных свойств наклепанного металла в зависимости от температуры отжига и от времени изотермического отжига. Объясните с какими структурными изменениями связан характер изменения свойств.
15. Примеси в стали. Влияние серы и фосфора на качество стали.
16. Титан и его характерные свойства. Классификация титановых сплавов, их механические свойства маркировка и области применения.
17. Раскисление и легирование стали (материалы, используемые в качестве раскислителей и легирующих элементов, сущность и виды различных способов раскисления стали)
18. Кинетика образования аустенита в стали. Влияние скорости нагрева на температурный интервал аустенизации. Влияние исходной структуры и легирования .
19. Влияние неметаллических включений на свойства стали.
20. Алюминий и его характерные свойства. Литейные алюминиевые сплавы их свойства, маркировка и области применения.

21. Особенности поведения углерода, марганца и кремния, во время выплавки стали в сталеплавильных агрегатах.
22. Роль аустенитного зерна в стали. Начальное, действительное и наследственное зерно аустенита. Влияние углерода и легирующих элементов на размер зерна.
23. Закономерности образования твердых растворов замещения и внедрения.
24. Тугоплавкие металлы и сплавы, их свойства, маркировка и области применения.
25. Производство стали в конвертере (виды и устройство конвертеров, основные физико-химические процессы, происходящие при получении стали в конвертере).
26. Кинетика перлитного превращения. Влияние степени переохлаждения на строение и свойства продуктов распада аустенита. Понятие об эвтектоидном зерне.
27. Структура и свойства легированного феррита
28. Медь и ее характерные свойства. Бронзы, их свойства, маркировка и области применения.
29. Производство стали в электродуговых печах. (Виды и устройство электродуговых печей, основные физико-химические процессы, происходящие при получении стали).
30. Особенности превращения аустенита при охлаждении доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей.
31. Структура и свойства легированного аустенита.
32. Общие принципы выбора режимов термической обработки цветных сплавов в вакууме.
33. Производство стали в мартеновских печах (виды и устройство мартеновских печей, основные физико-химические процессы, происходящие при получении стали в мартеновских печах).
34. Сущность и назначение полного отжига доэвтектоидных сталей. Фазовые и структурные превращения при полном отжиге.
35. Термодинамическая активность углерода в железе.
36. Защитные покрытия для термической обработки цветных сплавов. Цели их применения, требования предъявляемые к ним. Технология приготовления защитных покрытий для термической обработки цветных сплавов. Основные и вспомогательные материалы.
37. Устройство, виды агрегатов и задачи внепечной обработки стали при атмосферном давлении.
38. Сущность и назначение сфероидизирующего отжига. Фазовые и структурные превращения при сфероидизирующем отжиге.
39. Общие закономерности образования карбидов и нитридов в легированных сталях.
40. Контролируемые атмосферы. Основные аспекты выбора защитных атмосфер для термообработки цветных металлов и сплавов.
41. Устройство, виды агрегатов и задачи внепечной обработки стали при пониженном давлении.
42. Сущность и назначение нормализации доэвтектоидных сталей. Фазовые и структурные превращения при нормализации.
43. Интерметаллиды. Электронные соединения.
44. Термические напряжения, возникающие в процессе термообработки цветных сплавов, методы предупреждения и уменьшения остаточных напряжений. Требования, предъявляемые к защитным атмосферам. Виды защитных атмосфер.
45. Применяемое оборудование и технология разлива стали в изложницы и непрерывнолитые заготовки.
46. Сущность и назначение патентирования. Фазовые превращения при нагреве и изотермической выдержке. Роль патентирования в получении высокопрочного состояния.
47. Интерметаллиды.  $\sigma$ -фазы
48. Взаимодействие цветных металлов с газами в процессе термической обработки. Меры, предпринимаемые для снижения газонасыщения металла при термообработке. Влияние газов на механические свойства металлов. Явление водородной хрупкости. Обратимые и необратимые виды водородной хрупкости.
49. Процессы и явления, протекающие при кристаллизации сталей сплавов.

50. Необратимая и обратимая отпускная хрупкость. Количественная оценка склонности к отпускной хрупкости.
51. Интерметаллиды. Фазы Лавеса и геометрически плотноупакованные фазы.
52. Виды и принципы выбора режимов термической обработки магниевых сплавов.
53. Затвердевание слитков спокойной, кипящей и поусткой сталей (строение и механизм образования структурных зон, преимущества и недостатки слитков их назначение).
54. Закалка с полиморфным превращением. Характерные особенности мартенситного превращения в углеродистых сталях.
55. Образование аустенита при нагреве исходной неупорядоченной структуры.
56. Методы защиты алюминиевых сплавов от газонасыщения при термической обработке.
57. Особенности затвердевания непрерывно-литых слитков, существующие способы повышения качества металла непрерывно-литых слитков.
58. В чем различие между ВТМО и НТМО сталей.
59. Укажите принципиальное различие между отжигами первого и второго рода. Дайте краткую характеристику и укажите назначение основных разновидностей отжига первого рода и отжига второго рода.
60. Технология термомеханической обработки (ТМО) сплавов на основе титана. Виды ТМО, их цели, влияние на свойства.
61. Технологические цепочки прокатного производства, устройство и виды оборудования, используемого для получения листового и сортового проката.
62. Особенности структурных превращений при различных способах нагрева при поверхностной закалке.
63. Влияние легирующих элементов на устойчивость переохлажденного аустенита.
64. Виды и принципы выбора режимов термической обработки медных сплавов.
65. Способы получения проволоки, виды и устройство используемого оборудования.
66. Кинетика мартенситных превращений: разновидности кинетик, их сходство и различие. Термическая стабилизация аустенита.
67. Влияние карбидообразующих и некарбидообразующих элементов на перлитное превращение в легированных сталях.
68. Технология гомогенизационного отжига слитков из алюминиевых сплавов.
69. Основные технологические операции и принцип действия оборудования используемого для свободнойковки.
70. Что такое отпуск? Рассмотрите структурные изменения при отпуске углеродистых сталей.
71. Особенности промежуточного превращения в легированных сталях. Микроструктура и механические свойства продуктов промежуточного (бейнитного) превращения в легированных сталях.
72. Технология термической обработки отливок и деформированных полуфабрикатов из магниевых сплавов.
73. Основные технологические операции и принцип действия оборудования используемого для горячей и холодной объемной штамповки.
74. Рассмотрите основные принципы выбора охлаждающей среды при закалке на мартенсит. Особенности структурных превращений при различных способах закалки.
75. Распад мартенсита при отпуске легированной стали.
76. Виды и принципы выбора режимов термической обработки алюминиевых сплавов.
77. Основные технологические операции и принцип действия оборудования используемого для листовой штамповки.
78. Какие фазовые и структурные превращения происходят при изотермическом отжиге сталей. В чем преимущества и недостатки его по сравнению с полным отжигом.
79. Дисперсионное упрочнение при отпуске легированных сталей.
80. Виды и принципы выбора режимов термической обработки титановых сплавов.

## **Направление 22.04.02 «МЕТАЛЛУРГИЯ»**

### **Программа:**

- **Теоретические основы литейных процессов**

## **Направление 15.04.01 «МАШИНОСТРОЕНИЕ»**

### **Программа**

- **Технология литейно-металлургических процессов**

Целью междисциплинарного экзамена является выявление уровня естественнонаучной подготовки и основ профессиональных знаний поступающих в магистратуру.

Программа базируется на дисциплинах: кристаллография и кристаллохимия, материаловедение, металлургическая теплотехника, теория литейных процессов.

Вопросы программы включают следующие темы:

### **1. Кристаллография и кристаллохимия**

Сингонии, координатные системы описания кристаллов и кристаллических структур. Примитивные и центрированные элементарные ячейки. Трансляционные группы Брове. Метод кристаллографического индизирования. Определение символов, узлов, направлений и плоскостей. Симметрия континуума. Элементы симметрии 1 и 2 рода. Симметрия дисконтинуума. Элементы симметрии пространственных решеток. Методы рентгеноструктурного анализа кристаллических структур. Дефекты кристаллической структуры. Вакансии и дислокации. Потенциал ионизации и электроотрицательность элементов. Ионная связь. Энергия кристаллической структуры с ионной связью. Физические свойства ионных кристаллов. Вода в ионных кристаллах. Ковалентная химическая связь. Донорно-акцепторная связь. Направленность ковалентных связей и форма молекул. Физические свойства кристаллов с ковалентной связью. Металлическая связь. Особенности структуры и физические свойства металлических кристаллов. Межмолекулярные (Ван-дер-Ваальсовы) силы химического взаимодействия в кристаллических телах. Диполи постоянные, индуцированные и дисперсионные. Свойства кристаллов с межмолекулярным типом связи. Кристаллическая структура твердых растворов замещения, внедрения, вычитания, сверхструктур. Условия образования твердых растворов. Кристаллическая структура химических соединений (интерметаллидных фаз). Фазы с плотнейшей упаковкой (фазы Лавеса), фазы Юм-Розери, фазы Цинтля, фазы с ионно-металлическими и ковалентно-металлическими связями. Фазы внедрения. Структурные группы силикатов и алюмосиликатов. Правила Полинга. Классификация силикатов и алюмосиликатов по степени ассоциативности структурных групп. Классификация, кристаллические структуры и физические свойства глинистых минералов. Слоистые глинистые минералы с двухслойными и трехслойными пакетами: группа каолинита и группа монтмориллонита.

### **2. Материаловедение**

Конструкционные стали и сплавы. Инструментальные стали и сплавы. Чугуны. Превращения в сплавах железа при термической обработке. Поверхностное упрочнение сталей. Медь и ее сплавы. Алюминий и его сплавы. Титан и его сплавы. Магний и его сплавы. Композиционные материалы. Классификация, особенности строения, применение. Неметаллические конструкционные материалы. Классификация и применение. Коррозионностойкие стали и

сплавы. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Магнитные и электротехнические стали и сплавы. Легкоплавкие цветные металлы и сплавы на их основе.

### **3. Metallurgical heat engineering**

Кокс, его характеристики и получение. Газообразное топливо и его виды. Способы теплогенерации путем эл.энергии. Электрические нагреватели. Статический, геометрический и динамический напоры. Уравнение Бернулли. Виды сопротивлений при движении газов. Способы передачи тепла. Закон Фурье и коэффициент теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье-Кирхгофа. Передача тепла теплопроводностью через плоскую стенку при стационарном режиме. Передача тепло конвекцией. Закон Ньютона. Способы интенсификации теплообмена конвекцией. Общая критериальная зависимость определения коэффициента теплопередачи конвекцией. Законы измерения Кирхгофа, Вина, Стефана-Больцмана. Степень черноты материалов и газов. Тонкие и массивные тела. Критерий Био. Нагрев тонких и массивных тел. Основные статьи уравнения теплового баланса печи и определение расхода топлива. Огнеупорные и изоляционные материалы.

### **4. Theory of casting processes**

Способы заливки форм. Литниковая система. Элементы литниковой системы. Типы литниковых систем. Свойства расплавленных металлов. Истечение металла из ковша (структура потоков жидкого металла). Движение металла по каналам литниковой системы. Режимы движения. Жидкотекучесть сплавов, ее виды. Технологические пробы на жидкотекучесть. Понятие заполняемости формы. Факторы, влияющие на заполняемость. Основные требования к литниковым системам. Форма кристаллов в отливках и слитках. Дендритная ликвация в отливках. Методы исследования дендритной ликвации. Неметаллические включения, Форма и классификация. Методы определения неметаллических включений в сплавах. Газы в сплавах. Усадка металлов и сплавов. Виды усадки. Типы усадочных дефектов и методы их профилактики. Газовые дефекты. Мероприятия по профилактике газовых дефектов. Методы регулирования кристаллизационных процессов (термокинетический, механический, воздействие различных физических компонентов). Модифицирование. Модификаторы первого рода. Критерии выбора модификаторов первого рода. Модифицирование. Модификаторы второго рода. Критерии выбора модификаторов второго рода. Механические способы воздействия на структуру сплава (обработка вибрацией, ультразвуком, электромагнитным полем, вакуумом). Влияние материала формы на скорость затвердевания отливки. Способы увеличения скорости охлаждения отливки в форме. Неметаллические частицы в сплавах. Условия всплытия неметаллических включений в вертикальных каналах. Горячие трещины. Механизм образования. Факторы, влияющие на образование горячих трещин. Понятие качества и надежности отливок.

## Направление 22.04.02 «МЕТАЛЛУРГИЯ»

### Программа:

- **Прокатно-волочильное и кузнечно-штамповочное производство**

Программа базируется на дисциплинах: физическая химия, материаловедение, теория обработки металлов давлением, экологические проблемы металлургического производства.

#### 1. Физическая химия

Первый закон термодинамики. Понятие об энтальпии. Изобарные и изохорные теплоемкости. Мольные и удельные теплоемкости. Зависимость теплоемкостей от температуры. Основные положения термодинамики. Понятие о тепловых эффектах химических реакций. Экзо- и эндотермические реакции. Расчет стандартных тепловых эффектов химических реакций по теплотам образования веществ. Второй закон термодинамики. Расчет изменений энтропии для процессов: нагревания веществ, фазовых переходов. Третий закон термодинамики. Расчет изменений энтропии для химических реакций при стандартной и нестандартных температурах. Максимальная полезная работа изобарно-изотермического процессов. Свободная энергия Гиббса. Энергия Гиббса – критерий направленности процессов в открытых системах. Расчет изменений энергии Гиббса (уравнение Гиббса-Гельмгольца). Понятие о химическом потенциале.

Химическое равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Условия равновесия при протекании обратимых химических реакций при постоянных давлении и температуре. Закон действующих масс (понятие о константе равновесия химических реакций). Влияние температуры и давления на константу равновесия (принцип Ле-Шателье, уравнение изобары Вант-Гоффа). Химическое сродство. Уравнение изотермы Вант-Гоффа. Применение данного уравнения для расчета констант равновесия химических реакций.

Фазовые равновесия. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Термический анализ. Построение диаграмм плавкости двухкомпонентных систем. Анализ диаграмм с помощью правила фаз Гиббса. Правило рычага.

Свойства разбавленных растворов. Растворение газов в жидкостях. Закон Генри. Особенности растворения двухатомных газов в расплавленных металлах. Закон Сивертса. Закон Рауля. Понижение температур замерзания растворов. Совершенные растворы. Закон Рауля для совершенных растворов. Реальные растворы. Отклонения от закона Рауля. Понятие о термодинамической активности и о коэффициенте активности. Закон распределения. Константа распределения. Коэффициент распределения. Экстракция. Применение экстракции для удаления примесей из металлов.

Электрическая проводимость растворов электролитов. Удельная и эквивалентная электрическая проводимости. Факторы, влияющие на электрическую проводимость растворов слабых и сильных электролитов. Электролиз. Законы электролиза Фарадея. Поляризация и перенапряжение при электролизе.

Кинетика химических реакций. Основные понятия (скорость гомогенных химических реакций, кинетические уравнения, порядок реакции, молекулярность, период полупревращения). Зависимость скорости гомогенных химических реакций от концентрации реагирующих веществ (общий вид кинетического уравнения). Понятие о константах скорости химических реакций. Зависимость скорости химических реакций от температуры. Правило Вант-Гоффа. Уравнение

Аррениуса. Энергия активации. Особенности кинетики гетерогенных химических реакций. Общие сведения о катализе химических реакций.

Поверхностное натяжение. Факторы, влияющие на поверхностное натяжение. Поверхностная активность. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Понятие об адгезии и когезии. Смачивание. Краевой угол смачивания. Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Флотация. Адсорбция газов на твердой поверхности. Основные положения теории адсорбции Ленгмюра. Изотерма Ленгмюра. Влияние температуры на адсорбцию.

## **2. Экологические проблемы металлургического производства**

Промышленная экология, основные цели и задачи. Экологизация технологий: совершенствование технологических процессов в металлургии, совершенствование оборудования, сырья, материалов и энергоресурсов, совершенствование готовой продукции и организации производства. Пути снижения вредного воздействия металлургических предприятий на окружающую среду.

Критерии оценки качества окружающей среды. Предельно допустимая концентрация (ПДК). Предельно допустимые выбросы (ПДВ) и временно согласованные выбросы (ВСВ). Нормирование качества воды в водоемах.

Загрязнение атмосферы выбросами агломерационных фабрик: источники и состав выбросов. Источники и состав выбросов в атмосферу загрязняющих веществ доменного производства. Загрязнение атмосферы выбросами электродуговых печей, цехами фасонного литья, кузнечно-прессовыми, прокатными и термическими цехами (источники, состав выбросов).

Классификация сточных вод металлургических предприятий. Источники загрязнений и состав примесей сточных вод литейных, кузнечно-прессовых и прокатных цехов.

Классификация твердых отходов металлургических предприятий. Твердые отходы металлургических предприятий. Их характеристика и деление. Методы обесцинкования шламов. Сгущение и фильтрация шламов. Технология переработки шламов в нашей стране.

Классификация методов очистки газовых выбросов. Очистка газовых выбросов: пылеотстойники, циклоны, скрубберы, электрофильтры. Физико-химические методы очистки: адсорбция и абсорбция. Преимущества и недостатки адсорбционной и абсорбционной очистки газовых выбросов. Области эффективного применения механических и физико-химических методов очистки газовых выбросов. Тканевые фильтры. Принцип работы.

Методы очистки сточных вод от маслопродуктов. Методы очистки сточных вод от твердых частиц. Схемы очистных сооружений металлургических предприятий для очистки сточных вод.

## **3. Материаловедение**

Атомно-кристаллическая структура металлов. Структура жидких металлов. Механизм процесса кристаллизации. Размер и форма зерна, образующегося при кристаллизации. Диаграмма фазового равновесия Fe-Fe<sub>3</sub>C. Формирование структуры в сплавах Fe-Fe<sub>3</sub>C при охлаждении. Кристаллизация доэвтектоидных, эвтектоидных и заэвтектоидных сталей. Углеродистые стали, их классификация и маркировка. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали.

Сущность и назначение термической обработки. Классификация видов термической обработки и их характеристика. Превращения в стали при нагреве. Образование аустенита.

Распад аустенита. Рост аустенитного зерна. Мартенситное превращение. Влияние содержания углерода в стали на мартенситное превращение. Влияние термической обработки на свойства стали. Отжиг и нормализация стали. Основные разновидности отжига. Закалка стали. Критическая скорость охлаждения при закалке. Способы закалки стали. Отпуск стали. Виды отпуска. Превращения при отпуске закаленной стали. Термомеханическая обработка.

Прокаливаемость и закаливаемость стали. Факторы, влияющие на прокаливаемость и закаливаемость. Поверхностная закалка стали. Цементация стали, назначение, режимы и химизм процесса. Термическая обработка стали после цементации. Азотирование стали, назначение, режимы и химизм процесса.

Легированные стали. Классификация легированных сталей по структуре и назначению, маркировка легированных сталей. Влияние легирующих элементов на полиморфизм железа, кинетику распада аустенита, мартенситное превращение, превращение при отпуске. Конструкционные стали и их термическая обработка. Инструментальные стали пониженной и повышенной прокаливаемости. Быстрорежущие стали. Термическая обработка быстрорежущих сталей. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Хромистые и хромоникелевые нержавеющие стали. Износостойкие стали и сплавы. Аустенитная сталь 110Г13Л. Штамповые стали. Твердые сплавы. Структура и свойства чугунов. Влияние формы графита и металлической основы на свойства серых чугунов. Сплавы на основе меди. Их свойства, применение, маркировка.

#### **4. Теория обработки металлов давлением**

Условие перехода твердого тела из упругого состояния в пластическое. Напряжение текучести. Поверхность пластичности. Условие пластичности Треска – Сен – Венана (условие постоянства максимальных касательных напряжений): уравнения и геометрический смысл для объемного, плоского напряженного и плоского деформированного состояния. Условие пластичности Губера – Мизеса (энергетическое условие пластичности): уравнения, физический и геометрический смысл для объемного напряженного, плоского напряженного и плоского деформированного состояния. Влияние величины среднего главного нормального напряжения на момент наступления пластического состояния. Пластическая постоянная. Коэффициент Надаи – Лоде.

Основные теории пластичности: теория пластического течения и теория малых упруго-пластических деформаций (деформационная теория пластичности); основные положения, уравнения. Уравнения связи между напряжениями и деформациями, скоростями деформации, соответствующие основным теория пластичности.

Строение металлов. Основные типы кристаллических решеток металлов, применяемых в машиностроении. Параметры решеток, кристаллографические плоскости и направления. Монокристалл и поликристалл. Соответствие математических моделей твердого тела основным свойствам реальных металлов в литом и деформированном состоянии.

Холодная пластическая деформация монокристалла и поликристалла. Упругая и пластическая деформация кристаллического тела. Основные механизмы деформации: скольжение и двойникование. Плоскости и системы скольжения основных типов кристаллических решеток. Условия, необходимые для начала скольжения; критическое напряжение сдвига. Особенности пластической деформации поликристалла. Внутри кристаллитная и межкристаллитная деформация. Неоднородность напряженного состояния – следствие пластической деформации. Деформационное упрочнение (наклеп), его физико-химическая природа. Текстура деформации. Волокнистость структуры. Кристаллическая и механическая анизотропия свойств.

Физико-химические процессы, происходящие в холоднодеформированном металле при нагреве. Возврат, полигонизация; их сущность, сопровождающие явления и влияние на изменение свойств наклепанного металла. Статическая рекристаллизация (рекристаллизация обработки), ее стадии. Первичная рекристаллизация. Сущность процесса, температурный интервал, механизмы. Факторы, влияющие на процесс первичной рекристаллизации и сопровождающие его явления.

Особенности и преимущества горячей обработки металлов давлением. Механизмы пластической деформации. Динамическая рекристаллизация металла в процессе горячей деформации, ее стадии и особенности в сравнении с рекристаллизацией статической. Факторы,



влияющие на процесс динамической рекристаллизации. Влияние горячей обработки давлением на структуру и свойства металлов и сплавов.

Природа контактного трения. Классификация основных видов трения. Основные законы трения, применяемые для вычисления касательных напряжений в различных процессах обработки металлов давлением; коэффициент контактного трения и методы его определения. Способы уменьшения контактного трения.

Технологическая пластичность и деформируемость сталей и сплавов. Физические основы пластичности и деформируемости сталей и сплавов. Факторы, влияющие на пластичность и деформируемость сталей и сплавов при обработке давлением.

Постановка задачи (краевой) теории пластичности в обработке металлов давлением.

Метод совместного решения приближенных уравнений равновесия и условия пластичности. Метод линий скольжения (метод характеристик). Уравнения, определяющие скорости перемещения вдоль линий скольжения. Разрыв скоростей. Годограф скоростей. Методы построения полей линий скольжения и годографов скоростей. Применение метода линий скольжения для определения напряжений, скоростей и усилий деформации в процессах обработки металлов давлением.

При формировании экзаменационных билетов отдается предпочтение комплексным заданиям, охватывающим несколько дисциплин программы. Часть заданий предусматривает элементы творчества, а правильность их ответа оценивается экспертно.

Экзаменационные билеты формируются однородными по сложности и трудоемкости. В период подготовки к вступительному экзамену проводятся индивидуальные консультации. Во время проведения вступительного экзамена студентам разрешается пользоваться справочной технической литературой. О сроках и порядке проведения вступительного экзамена студенты извещаются заранее.