

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

А.В. Германенко

« 31 » 2022 г.



ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру

по группе научных специальностей

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Екатеринбург

2022

Содержание

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	3
2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ.....	3
3. ВОПРОСЫ ДЛЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ.....	31
4. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ	49
5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	50
6. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ.....	60
Лист согласования.....	62

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по группе научных специальностей 2.6. «Химические технологии, науки о материалах, металлургия».

Предназначена для подготовки к вступительному экзамену в аспирантуру по следующим научным специальностям 2.6. «Химические технологии, науки о материалах, металлургия»:

- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов
- 2.6.7 Технология неорганических веществ
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.10 Технология органических веществ
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий
- 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.6.18 Охрана труда, пожарная и промышленная безопасность

Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к обучению по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в соответствии с федеральными государственными требованиями (приказ министерства науки высшего образования от 20.10.2021 г. № 951), выполнению профессиональных задач в сфере научной деятельности.

Форма проведения вступительного испытания

Вступительные испытания по специальной дисциплине в аспирантуру проводятся в форме устного собеседования по вопросам, перечень которых доводится до сведения поступающих путем опубликования программы вступительных испытаний на официальном сайте университета.

Требования к процедуре вступительного экзамена

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации определены Правилами приема поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы химической технологии, наук о материалах и металлургии в рамках научных специальностей 2.6. «Химические технологии, науки о материалах, металлургия»:

2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Строение металлов. Понятие об аморфном и кристаллическом веществе. Кристаллическое строение металлов. Элементарные ячейки и пространственные решетки металлов. Кристаллизация металлов. Образование центров кристаллизации и рост кристаллов.

Законы диффузии. Механизмы диффузии. Аллотропические превращения в металлах при нагреве и охлаждении. Классификация металлов. Свойства металлов. Сплавы. Твердые растворы замещения, внедрения. Сверхструктуры. Физические свойства металлов. Химические свойства. Механические свойства металлов. Технологические свойства. Коррозия металлов. Методы испытания металлов. Прочность металлов. Испытание на прочность и построение диаграммы растяжения. Пластичность металлов. Упругость. Ударная вязкость металлов. Испытание на ударную вязкость. Твердость металлов. Методы испытания металлов на твердость по Бринеллю, Роквеллу. Усталостная прочность. Испытание на усталостную прочность. Технологические пробы. Методы выявления внутренних дефектов без разрушения деталей.

Классификация видов термической обработки металлов и сплавов. Фазовые превращения при нагреве стали. Структурная наследственность. Фазовые превращения при непрерывном охлаждении в стали, термикинетические диаграммы. Превращения при изотермической обработке стали: диффузионное, промежуточное, мартенситное. Механизм и кинетика перлитного превращения. Механизм и кинетика бейнитного превращения. Механизм и кинетика мартенситного превращения. Отжиг I-рода, его виды, протекающие превращения. Отжиг II-го рода, виды, особенности превращений. Закалка с полиморфным превращением, характерные особенности. Изменение структуры и свойств при отпуске стали. Закалка без полиморфного превращения. Старение металлов и сплавов. Термомеханическая обработка. Химико-термическая обработка. Цементация стали. Азотирование.

Классификация сплавов на основе железа. Структура и свойства серых чугунов. Специальные стали и их классификация. Улучшаемые машиностроительные стали. Пружинно-рессорные стали. Быстрорежущие стали. Стали для штампов горячего деформирования. Стали повышенной износостойкости для штампов холодного деформирования. Коррозионностойкие сплавы. Явление ползучести металлов. Жаропрочные сплавы. Цветные металлы и сплавы. Алюминий и его сплавы. Медь и ее сплавы. Титан и его сплавы, Никель и его сплавы. Композиционные материалы.

2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов

Классификация сплавов на основе железа. Структура и свойства серых чугунов. Литейные стали и их классификация. Улучшаемые машиностроительные стали. Пружинно-рессорные стали. Быстрорежущие стали. Стали для штампов горячего деформирования. Стали повышенной износостойкости для штампов холодного деформирования. Коррозионностойкие сплавы. Явление ползучести металлов. Жаропрочные сплавы. Цветные металлы и сплавы. Алюминий и его сплавы. Медь и ее сплавы. Титан и его сплавы, Никель и его сплавы. Литые композиционные материалы.

Производство металлургического кокса. Его функции в доменной печи. Сущность процесса производства железорудных окатышей. Физико-химические процессы при агломерации руд и концентратов. Тепло- и массообмен в слое. Закономерности теплообмена в слое агломерационной шихты. Применение решения Шумана к расчету температур в слое. Тепло- и массообмен при обжиге железорудных окатышей. Основное дифференциальное уравнение тепло- и массообмена в процессе сушки окатышей. Дифференциальное уравнение массообменных процессов при обжиге окатышей. Восстановительный обжиг окатышей с целью металлизации. Энергоэффективные и ресурсосберегающие режимы спекания агломерата и обжига окатышей. Процессы восстановления в доменной печи и критерии их оценки. Распределение материалов по радиусу и окружности колошника. Теплообмен в

доменной печи. Изменение температуры шихты и газов по высоте и радиусу доменной. Термодинамика и кинетика восстановления оксидов железа в доменной печи. Движение шихты и газов в доменной печи. Образование чугуна и шлака в доменной печи. Современная технология доменной плавки. Загрузочные устройства доменной печи. Устройство для выпуска чугуна и шлака из доменных печей. Десульфурация чугуна в горне доменной печи и во время выпуска.

Тепло- и массообмен и гидродинамика в доменных печах. Физическая природа структуры сухого и орошаемого слоя, Особенности сопротивления орошаемого слоя, Пределы орошения, явления захлебывания и критерии Шервуда-Жаворонкова. Свойства реальных рудных расплавов в процессе их восстановления на коксовой насадке. Теплотехнические основы автоматизации доменного процесса. Три способа составления общего теплового баланса. Отражение двухстадийной теории в методике составления тепловых балансов, анализ отдельных статей общего теплового баланса. Выражение каждой статьи через непрерывную информацию о ходе печей. Новые взгляды на оценку теплового состояния доменной печи, основанные на особенностях теплообменных, гидродинамических и восстановительных процессов в доменной печи. Основные принципы управления тепловым состоянием верха доменной печи. Закономерности инъекции топлив и анализ воздействий на тепловое состояние доменной печи. Условия инъекции топлив. Расчет эквивалентов замещения по условиям инъекции. Лимитирующие условия. Максимальная замена кокса. Перспектива инъекции топлив. Качественный анализ воздействие на тепловое состояние верха и низа доменной печи.

Современная технология производства слитка. Химический состав, строение и свойства жидких шлаков сталеплавильного производства. Окисление железа при выплавке стали. Окисление углерода при выплавке стали. Роль реакций окисления углерода. Азот в стали. Способы снижения содержания азота в стали. Окисление и восстановление фосфора в сталеплавильных процессах. Удаление серы в сталеплавильных процессах. Устройство кислородного конвертера. Футеровка конвертера. Конвертерные процессы с комбинированной продувкой. Устройство современной дуговой сталеплавильной печи. Обработка стали в агрегате «печь-ковш». Вакуумная обработка стали в ковше. Современная теория кристаллизации стали. Кристаллическое строение непрерывнолитых заготовок. Сущность способа непрерывной разливки стали, его преимущества перед разливкой стали в изложницы.

Тепло- и массообмен в плавильной ванне. Плавление в жидкой ванне. Механизм процесса плавления с учетом массообменных процессов (науглероживание, расплавление ферросплавов). Тепло- и массообмен в барботирующей сталеплавильной ванне. Расчетные зависимости переноса тепла и массы при барботировании. Тепло- и массообмен при непрерывной разливке стали. Теплотехнические основы автоматизации сталеплавильных агрегатов. Теплотехнические особенности автоматизации конверторного производства. Схема автоматизации и контроля кислородно-конверторного процесса. Автоматизации и контроль режимов работы машин непрерывной разливки стали.

Процессы сложного теплообмена в металлургических печах. Методы и анализ процессов сложного теплообмена. Одномерная схема, дифференциальное уравнение и его решения. Зональный метод расчета. Способы определения угловых разрешающих коэффициентов излучения. Усовершенствование зональных методов расчета. Учет спектральных характеристик участвующих в теплообмене сред. Определение локальных характеристик теплообмена. Учет конвективной составляющей. Анализ продольных лучистых потоков. Математические зональные модели плавильных и нагревательных печей.

Тепло- и массообмен в факеле. Определение основных характеристик факела. Длина

факела, радиационные характеристики, положение факела относительно тепловоспринимающей поверхности и кладки, скоростные и другие аэродинамические характеристики факела. Современные представления о влиянии основных характеристик факела на процессы теплообмена. Особенности прямого и косвенного режима теплообмена. Взаимное действие лучистой и конвективной составляющих теплообмена. Оптимизация процессов теплообмена в плавильных и нагревательных печах.

Методы моделирования тепло- и массообменных металлургических процессов. Существующие математические модели тепло- и массообменных процессов в доменных, сталеплавильных и нагревательных печах. Методы их реализации. Теоретические основы физического моделирования тепло- и массообменных процессов в металлургических печах. Конструирование и расчет моделей. Методика моделирования процессов движения газовой среды и теплообмена. Комплексные исследования печей. Выбор направления и планирование экспериментального исследования. Обработка и анализ результатов исследования. Структура теплового баланса плавильных и нагревательной печи в металлургии. Основные показатели тепловой работы печей в металлургии и их анализ. Анализ теплового баланса нагревательной печи. Обратный тепловой баланс. Типичные закономерности нагрева холодных и горячих слитков и заготовок. Оптимизация режимов нагрева по разным целям: максимума производительности, минимума угара и расхода топлива. Использование информационных технологий в управлении тепловым режимом нагревательных печей.

Современное состояние металлургии тяжелых цветных металлов (конкретизация) России и за рубежом.

Теоретические основы автогенных способов плавки концентратов. Принципы реализации схем безотвальной технологии на заводах цветной металлургии Урала. Основные направления интенсификации огневого и электролитического рафинирования. Особенности производства никеля из окисленных и сульфидных никелевых и медно-никелевых руд в России и за рубежом. Особенности обеднения шлаков автогенных процессов и конвертерных шлаков. Получение элементарной серы из отходящих газов процессов.

Способы переработки свинцовых шлаков текущей выдачи из шлаковых отвалов прошлых лет. Современные непрерывные процессы рафинирования чернового свинца. Анализ схем извлечения цинка из сульфидных концентратов без предварительного обжига. Гидрометаллургические схемы переработки коллективных сульфидных концентратов и промпродуктов. Теоретические основы и технология электрохимического растворения огарков, концентратов, вторсырья. Принципы комплексной переработки цинксодержащих редкометальных пылей. Теоретические основы, особенности и практика осуществления ярозит-, гетит-, гематит-процессов.

Принципы бескоксовой металлургии в производстве меди, никеля, свинца; источники и схемы использования ВЭП, возможности автоклавной гидрометаллургии. Возможности сорбционно-экстракционной, мембранной технологии для количественного разделения металлов, глубокой очистки растворов.

Получение магния: получение искусственного карналлита, обезвоживание во вращающихся печах, печах «кипящего слоя», хлораторах. Состав и физико-химические свойства электролитов. Кинетика электродных процессов. Гидродинамика электролита. Катодный выход по току. Конструкции электролизеров. Технология обслуживания. Показатели электролиза. Рафинирование магния-сырца переплавкой с флюсами. Магниево-сплавы. Термические методы получения магния. Переработка лома магниевых сплавов.

Получение алюминия. Строение алюминатных растворов. Переработка бокситов способом Байера. Получение глинозема способом спекания. Комбинированные способы.

Комплексное использование глиноземсодержащего сырья. Теория электролиза криолито-глиноземных расплавов. Свойства и строение электролитов. Механизм катодного и анодного процессов, потенциалопределяющие реакции. Состав анодных газов, связь с катодным выходом по току. Анодный эффект. Поведение примесей и добавок в электролите. Конструкции электролизеров и сравнение их технических данных. Новые направления в конструировании электролизеров. Автоматическое регулирование алюминиевых электролизеров. Электролитическое рафинирование алюминия трехслойным методом. Электротермическое получение сплавов алюминия и кремния. Металлургия вторичного алюминия.

Получение титана. Основные месторождения титановых руд. Получение искусственного рутила из ильменитовых концентратов. Основы современной технологии производства четыреххлористого титана. Общий обзор способов получения титана с учетом особенностей свойств этого металла. Магнетермический способ производства титана из хлоридов. Варианты натриетермического восстановления четыреххлористого титана. Сопоставление магнетермического и натриетермического процессов. Электролитический способ получения циркония. Электролитическое рафинирование титана. Основы иодидного способа рафинирования титана.

2.6.3. Литейное производство

Классификация сплавов на основе железа. Структура и свойства серых чугунов. Литейные стали и их классификация. Улучшаемые машиностроительные стали. Пружинно-рессорные стали. Быстрорежущие стали. Стали для штампов горячего деформирования. Стали повышенной износостойкости для штампов холодного деформирования. Коррозионностойкие сплавы. Явление ползучести металлов. Жаропрочные сплавы. Цветные металлы и сплавы. Алюминий и его сплавы. Медь и ее сплавы. Титан и его сплавы, Никель и его сплавы. Литые композиционные материалы.

Модели строения жидких металлов. Свойства жидких расплавов. Предплавление и плавление металлов. Температуры плавления, солидус и ликвидус. Изменение свойств металлов при нагреве, плавлении и перегреве. Кристаллизация металлов. Образования центров кристаллизации и рост кристаллов. Термодинамические основы кристаллизации, переохлаждение. Гомогенная кристаллизация. Гетерогенная кристаллизация. Предкристаллизационное состояние расплава. Взаимодействие металлов с кислородом. Влияние природы металла на характер окисления. Раскисление металлов. Взаимодействие с водородом, азотом и сложными газами. Механизм растворения газов в металле. Защита расплавов от газонасыщения. Неметаллические включения, их природа, влияние на структуру и свойства отливок. Дегазация расплава. Рафинирование расплава от неметаллических включений. Рафинирование расплава от растворимых примесей.

Причины образования газовой пористости в отливках. Дефекты, обусловленные низкой жидкотекучестью. Наследственность металлов, ее влияние на свойства отливок, методы устранения наследственности. Модифицирование расплава, виды модификаторов. Термовременная обработка расплава. Структурные зоны, образующиеся в отливках при затвердевании. Факторы, влияющие на величину структурных зон в отливках. Методы исследования процесса затвердевания отливок. Методы инженерных расчетов процесса затвердевания отливок. Влияние конфигурации отливок на продолжительность их затвердевания. Ликвация компонентов сплава в отливках. Связь ликвации с характером затвердевания отливки. Способы уменьшения химической неоднородности отливок. Физическая природа усадочных явлений в отливках. Объемная усадочная раковина и

усадочная пористость. Предусадочное расширение. Изменение объема отливки, связанное с фазовыми превращениями при охлаждении сплава. Связь усадки с химическим составом сплава и положением его на диаграмме состояния. Линейная и литейная усадка сплава. Факторы, влияющие на величину линейной и литейной усадки. Методы определения линейной и литейной усадки. Напряжения в отливках, их виды. Факторы, влияющие на напряженное состояние отливки. Временные и остаточные напряжения, способы их уменьшения. Горячие трещины и коробление отливок. Меры предотвращения образования трещин в отливках.

2.6.4. Обработка металлов давлением

Теория пластичности. Тензор напряжений. Главные нормальные напряжения. Инварианты тензора напряжений, девiator тензора напряжений и его инварианты. Тензор скорости деформации и его свойства. Уравнение неразрывности. Теория течения в приращениях перемещений. Физические уравнения связи напряжений с приращениями деформаций (скоростями деформаций). Различные модели деформируемых тел. Условие пластичности. Дифференциальное уравнение теплового баланса. Основное энергетическое уравнение. Система дифференциальных уравнений теории пластичности и её упрощения: плоское деформированное состояние, плоское напряженное состояние, осесимметричная деформация.

Методы решения задач обработки металлов давлением: совместного решения дифференциальных уравнений равновесия с условием пластичности; энергетические, метод конечных-элементов. Физическая природа трения. Виды и законы трения. Зависимость сил трения от температуры, степени и скорости деформирования, давления, физико-химических свойств контактирующих поверхностей и др. факторов. Методы экспериментального изучения трения. Процессы ОМД с активным действием контактных сил трения. Смазки, их назначение и основные требования к ним. Сопротивление металла пластической деформации. Обобщенная кривая истинных напряжений при холодном растяжении и сжатии. Факторы, определяющие сопротивление деформации. Методы определения сопротивления деформации. Определение сопротивления деформации с учетом температуры, скорости деформации и предыстории деформирования.

Теория и технологии продольной прокатки. Очаг деформации и его параметры. Кинематика очага деформации. Захват металла в гладких валках в двух- и многовалковых калибрах. Контактные напряжения и факторы, их определяющие. Влияние упругого сжатия валков и прокатываемой полосы на параметры очага деформации. Особенности распределения деформаций при прокатке в простых и сложных калибрах. Уширение при прокатке и факторы, его определяющие. Физическая сущность процесса непрерывной прокатки и его основные закономерности. Расход энергии и мощность при прокатке. Технологические схемы производства проката (сортового, листового, специальных видов проката).

Теория и технологии прокатки труб. Прошивка заготовок на станах винтовой прокатки. Процессы винтовой прокатки: схема процессов, их кинематика, элементы конструкций станов. Калибровка инструмента. Расчет обжатий, силовые условия прокатки. Горячая прокатка полых заготовок. Прокатка на автомат-станах, раскатных, непрерывных, редуцированных, и пилигримовых станах. Схемы процессов, их кинематика. Расчет суммарных обжатий в мгновенном очаге деформации. Факторы, лимитирующие величины обжатий при различных способах прокатки. Холодная прокатка труб. Основные разновидности процессов: прокатка

на станах ХПТ, ХПТР, поперечная прокатка, их схемы, элементы конструкций оборудования. Обжатия в мгновенном очаге. Конструкции инструмента и его калибровка. Силовые условия прокатки. Принципы выбора режимов прокатки труб из стали, тяжелых цветных металлов, титановых и алюминиевых сплавов. Технологические схемы производства труб (горячекатаных, холоднокатаных).

Теория и технологии волочения. Способы волочения. Напряженно-деформированное состояние в процессах волочения круглого профиля. Влияние основных параметров процесса на напряжение волочения. Особенности волочения сплошных некруглых профилей и труб. Контактное трение и смазка при волочении. Гидростатический и гидродинамический подводы смазки. Особенности и виды применяемых смазок. Аналитические методы определения напряжений волочения в монолитных. Принципы проектирования переходов волочения. Волочильный инструмент, его проектирование. Технологические схемы производства сплошных профилей и труб методами волочения. Типы станов, применяемые при одно- и многократном волочении.

Теория и технологии прессования. Виды процесса прессования. Течение металла и напряженно-деформированное состояние при прессовании круглого прутка, профилей, труб. Прессовая прошивка, ее применимость для различных металлов. Влияние условий прессования и геометрии инструмента на характер истечения металла. Силовые условия прямого и обратного прессования с монолитной и роликовой матрицей. Аналитические и экспериментальные методы определения усилия прессования и нагрузок на прессовый инструмент. Прессовый инструмент, условия работы и основы прочностных расчетов и проектирования инструмента, материал для его изготовления. Выбор температурных интервалов прессования, скоростей истечения, определение оптимальных размеров заготовки.

Теория и технологии своднойковки и объемнойштамповки. Геометрические параметры очага деформаций для различных процессовковки, их влияние на распределение напряжений и деформаций при протяжке, осадке, прошивке, разгоне и др. процессах. Напряжения и деформации при ковке плоскими, комбинированными, вырезными бойками. Особенности трения на поверхности контакта инструмента с металлом. Скольжение, торможение и застой на поверхности контакта. Влияние зон затрудненной деформации на равномерность деформации при осадке цилиндра. Среднее контактное напряжение и усилие при осадке. Расчет формоизменения при осадке и кузнечной протяжке. Принципы разработки технологииковки. Особенность процессаковки малопластичных сплавов.

2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы

Физические и физико-химические основы и технологические процессы производства порошков, спеченных материалов и изделий. Механические методы производства порошков, получение порошков распылением жидких металлов, сплавов и соединений. Физико-химические способы производства порошков: производство порошков восстановлением водородом, углеродом, металлами; получение порошков железа, кобальта, тугоплавких металлов и их сплавов и соединений восстановлением углеродом, водородом, металлами; получение легированных порошков совместным восстановлением из смесей оксидов, плазменные процессы восстановления порошков. Электрохимические процессы получения порошков, технология производства электрохимических порошков из водных растворов (порошки железа, никеля, меди, кобальта, хрома, марганца) и расплавленных сред (порошки титана, ниобия, тантала, бериллия, молибдена, вольфрама, циркония).

Процессы термической диссоциации летучих соединений. Технология изготовления

порошков железа и никеля разложением карбониллов, получение ультрадисперсных порошков металлов, тугоплавких соединений. Физические основы и способы получения аморфных и мелкокристаллических порошков. Состав, структура и основные свойства порошков (физические и технологические), методы исследования и контроля.

Процессы подготовки порошков. Отжиг, гомогенизация, довосстановление. Физико-химическая сущность и практика использования. Классификация и разделение порошков на фракции по размерам частиц, составление смесей. Введение смазывающих, пластифицирующих веществ для улучшения условий формования. Грануляция и распылительная сушка. Технологические присадки для регулирования процесса спекания и достижения желательной структуры изделий. Влияние процессов подготовки и смешивания порошков на свойства смесей и спеченных изделий. Контроль качества смешивания. Оборудование.

Процессы формования изделий из порошков. Классификация методов формования. Общая характеристика процессов уплотнения порошков, деформационный механизм уплотнения порошковых тел. Уравнения прессования, зависимость плотности брикета от давления прессования, распределение напряжений и плотности при прессовании изделий сложной формы. Технология холодного прессования в закрытых пресс-формах, изостатическое прессование, непрерывное формование, технология мундштучного прессования, импульсное прессование. Основные характеристики динамического (ударного) холодного и горячего прессования. Различные виды взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневматического прессования. Инжекционное формование, шликерное формование, особенности формования металлических волокон, прочность изделий из металлических волокон. Приборы и методы контроля.

Спекание. Дефекты кристаллической решетки, диффузия, ползучесть и рекристаллизация в металлах и сплавах. Движущие силы процесса спекания. Поверхностное натяжение как движущая сила спекания. Капиллярное давление. Изменение свободной поверхности и усадка при спекании. Механизмы процессов спекания однокомпонентных систем. Основные стадии процесса спекания. Закономерности и кинетика спекания многокомпонентных систем без образования жидкой фазы. Особенности усадки при спекании систем с образованием твердых растворов и интерметаллических соединений с учетом влияния гетеродиффузии. Горячее изостатическое прессование.

Порошковые материалы. Пористые материалы: подшипники, металлические фильтры, уплотнительные материалы, электроды и пластины аккумуляторов. Беспористые и малопористые антифрикционные материалы, фрикционные материалы. Электрические и магнитные материалы, конструкционные порошковые материалы, износостойкие материалы. Тугоплавкие металлы: вольфрам, молибден, рений, сплавы вольфрама и молибдена с рением, тантал, ниобий, титан, цирконий. Тугоплавкие и твердые бескислородные соединения. Общая характеристика нитридов, карбидов, боридов, силицидов, гидридов, халькогенидов. Кристаллическая и электронная структура, природа межатомных связей, физико-химические свойства тугоплавких соединений. Материалы на основе тугоплавких соединений. Огнеупорные материалы. Оксидные огнеупоры. Огнеупоры из тугоплавких соединений. Типовая технологическая схема производства огнеупоров. Карборундовые огнеупоры. Керамические порошковые материалы, их свойства и область применения. Инструментальные материалы. Твердые сплавы, безвольфрамовые твердые сплавы, минералокерамические твердые сплавы. Углеродграфитные материалы и графит. Технология производства искусственного графита. Графитопластовые материалы. Силицированный графит. Области применения. Материалы для электронной техники и электротехники, материалы для ядерной

энергетики, материалы для ракетной техники и преобразователей энергии.

Композиционные материалы. Классификация композитов. Дисперсно-упрочненные, волокнистые, многослойные и направленно закристаллизованные композиты. Основные задачи, решаемые применением композитов в конструкциях. Понятие о матрице и арматуре, их функции в композите и требования, предъявляемые к ним. Физико-химическое взаимодействие компонентов композита, классификация композитов по типу взаимодействия его компонентов. Понятие о термодинамической, кинетической и механической совместимости компонентов композита. Термические и фазовые напряжения в композитах. Пути оптимизации взаимодействия компонентов композита. Механизм повышения сопротивления пластической деформации и упрочнения композитов частицами. Основные принципы выбора упрочняющих частиц. Зависимость механических свойств от размера частиц и расстояния между ними. Отличие дисперсно-упрочненных композитов от дисперсно-твердеющих сплавов. Дисперсно-упрочненные композиты на основе алюминия и никеля. Их получение, свойства и применение.

Особенности волокнистых композитов. Анизотропия свойств. Модуль упругости. Свойства при растяжении, правило смеси. Зависимость прочности от содержания волокон. Критическая объемная доля волокон. Прочность при внеосевом растяжении и ее зависимость от геометрии укладки волокон. Многонаправленное армирование. Прочность при сжатии. Механизм передачи нагрузки с матрицы волокна. Зависимость прочности от длины волокон. Критическая длина и критический параметр волокон. Микромеханика и характер разрушения. Влияние анизотропии упругих свойств на концентрацию напряжений около трещины в композите. Работа разрушения. Технологические схемы получения композитов. Пропитка пористых тел вязкими жидкостями. Смачиваемость, капиллярный эффект, краевые углы смачивания. Технологические схемы получения изделий пропиткой на проход в автоклаве. Технологическое оборудование. Получение изделий формовкой монолент. Особенности формовки и соединения; технологическое оборудование. Метод диффузионной сварки. Метод пластической деформации. Методы порошковой металлургии. Особенности пластической деформации волокнистых композитов. Влияние свойств волокон и матрицы на особенности получения полуфабрикатов и изделий.

Многослойные композиты. Преимущества многослойных композитов перед обычными материалами и их свойства. Анизотропия свойств. Модуль упругости, правило смеси для расчета жесткости композитных изделий. Механические свойства при статическом и динамическом нагружении, зависимость механических свойств от геометрических характеристик слоев, их числа и последовательности укладки. Механизм деформации и разрушения многослойных композитов. Влияние состояния поверхности раздела между слоями на свойства композитов. Получение многослойных композитов. Основы совместной деформации разнородных материалов. Применение многослойных композитов.

Направленно закристаллизованные композиты. Характеристики направленно закристаллизованных композитов. Сплавы эвтектического типа. Термодинамика фазовых равновесий эвтектических систем. Морфология фаз и принципы классификации двойных эвтектик. Многовариантные и тройные эвтектики. Физико-механические свойства направленно закристаллизованных композитов. Термическая стабильность и жаропрочность. Применение направленно закристаллизованных композитов.

2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Теоретические основы процессов вскрытия. Выщелачивание

Термодинамика простого растворения. Связь между растворимостью солей и свойствами ионов. Выщелачивание, сопровождающееся химическими реакциями. Кинетика выщелачивания. Общее уравнение потока выщелачивания. Закономерности внешней диффузии. Закономерности процесса в кинетической области. Особенности кинетики реакции на поверхности твёрдого вещества.

Реакции в смесях твёрдых веществ

Особенности реакций в смесях твёрдых веществ. Термодинамика реакций с участием твёрдых веществ. Кинетика и механизм спекания. Элементарные стадии процесса. Рекристаллизация. Уравнение Томсона. Зависимость температуры плавления от размера зерна. Кристаллизация из жидкой фазы. Возникновение и рост зародышевой новой фазы. Роль двумерных зародышей.

Хлорирование

Термодинамика реакций хлорирования металлов, оксидов и сульфидов газообразным хлором и хлористыми соединениями. Кинетика и механизм реакций с участием хлора в жидкой и твёрдой фазах. Роль присадок углерода.

Теоретические основы получения чистых веществ. Ионный обмен

Термодинамика ионного обмена (константа равновесия, коэффициент распределения и разделения, изотопного ионного обмена). Влияние температуры на ионообменное равновесие. Ионный обмен как мембранное равновесие. Закономерности внешнедиффузионной и гелевой кинетики.

Экстракция

Термодинамика процесса экстракции (коэффициенты распределения, разделения, извлечения). Особенности экстракции по законам физического распределения. Роль высаливания. Катионообменная экстракция. Экстракция нейтральными экстрагентами. Синергетный эффект. Кинетика процесса экстракции. Понятие о ступенях экстракционных процессов, расчёт числа ступеней экстракции и реэкстракции.

Теоретические основы процессов восстановления оксидов.

Восстановление оксидов урана. Восстановление оксидов урана газами (H_2 , CO , CH_4) и твёрдым углеродом. Термодинамика восстановления. Кинетика и механизм восстановления оксидов газами. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления. Термодинамика прямого восстановления. Кинетика и механизм прямого восстановления.

Металлотермия

Термодинамика металлотермических процессов.

Теоретические основы порошковой металлургии

Закономерности процесса прессования порошков. Зависимость плотности брикета от давления прессования 1 и 2 уравнения Бальшина. Процессы, протекающие при спекании. Движущая сила процесса. Теория Френкеля и Пинеса для описания процесса спекания. Растворимость газов в металлах: А) двухатомные газы; Б) сложные газы.

Технология урана

Использование урана в качестве ядерного топлива (ЯТ) и материала для получения плутония в ядерных реакторах. Реакция деления U^{235} и U^{233} . Реакция конверсии U^{238} в Pu^{239} . Изотопный и химический состав различных видов ЯТ в тепловыделяющих элементах. Кислотные и щелочные методы вскрытия урановых руд и концентратов. Способы первичной и тонкой очистки урана с получением концентратов и соединений урана. Технология получения соединений урана: диоксида, закиси-окиси, тетрафторида и гексафторида. Металлотермические и электролитические методы получения металлического урана и его сплавов из его оксидов и тетрафторида.

Гидрометаллургия циркония

Цирконий и гафний в природе. Промышленные минералы циркония и гафния. Очистка бадделитовых концентратов без разложения. Вскрытие цирконового концентрата спеканием с известью. Вскрытие цирконового концентрата спеканием с содой. Вскрытие цирконового концентрата спеканием (сплавлением) с кремнефторидом калия. Хлорирование циркона. Хлорирование оксикарбонитрида циркония (получение оксикарбонитрида циркония). Выщелачивание известковых спеков. Выщелачивание содовых пластов. Выщелачивание продуктов фторидного разложения циркона. Выделение циркония из растворов в виде оксихлорида. Выделение циркония из растворов в виде основного сульфата. Выделение циркония из растворов выщелачивания в виде кристаллов фторцирконата. Экстракционное разделение циркония и гафния в азотнокислых растворах. Экстракционное разделение циркония и гафния в роданидных растворах. Разделение циркония и гафния методом фракционной кристаллизации двойных фторидов.

Получение металлических циркония, гафния

Получение металлического циркония восстановлением хлорида. Получение циркония электролизом хлоридно-фторидных расплавов. Иодидное рафинирование циркония. Получение слитков циркония электродуговой плавкой. Получение слитков циркония электроннолучевой плавкой.

Технология регенерации облучённого ядерного топлива (ОЯТ)

Характеристика облучённого ядерного топлива. Факторы, определяющие состав ОЯТ. Водные методы переработки ОЯТ. Методы удаления оболочки ТВЭЛ (вскрытие топлива) и процессы растворения топлива в водных растворах. Поведение плутония в водных растворах: валентное состояние, диспропорционирование Pu(IV) и Pu(V), гидролиз, комплексообразование, стабилизация валентных форм плутония. Обеспечение мер ядерной безопасности при работе с водными растворами, содержащими плутоний и обогащённый уран. Понятие о критических и минимальных критических параметрах водных растворов. Экстракционная технология регенерации ОЯТ. Характеристика экстрагентов, используемых в радиохимической промышленности. Физико-химические основы их применения для решения конкретных технологических задач. Применение трибутилфосфата (ТБФ) для регенерации ОЯТ (выбор разбавителя, экстракция урана, плутония, продуктов деления, разделение компонентов ОЯТ, радиолит ТБФ и влияние его последствий на технологические показатели). Получение и свойства важнейших соединений плутония. Диоксид плутония: получение и свойства. Галогенидные соединения плутония (PuF₃, PuF₄, PuF₆, PuCl₃): получение и свойства. Металлический плутоний: физические и химические свойства; способы получения. Неводные методы регенерации ОЯТ. Газофторидная технология переработки ОЯТ (физико-химические основы; разделение компонентов ОЯТ). Пироэлектрохимические методы регенерации ОЯТ. Солевые и жидкометаллические растворители ОЯТ; процессы растворения оксидного и металлического топлива. Пироэлектрохимическая регенерация облучённого оксидного смешанного (уран-плутониевого) топлива реакторов БН в солевых расплавах. Пироэлектрохимическая переработка облучённого металлического смешанного топлива в солевых расплавах с использованием жидкометаллических электродов.

2.6.7. Технология неорганических веществ

Термодинамические свойства неорганических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса и его применение. Химический потенциал и фазовые равновесия в однокомпонентных и многокомпонентных

системах. Константа равновесия гомогенных и гетерогенных реакций. Критерии термодинамического равновесия систем и самопроизвольности протекания процессов.

Кинетика химических реакций

Закон действующих масс и константа равновесия. Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов. Уравнения изотермы, изобары и изохоры химической реакции. Способы ускорения химических реакций. Принцип Бертелло и область его применимости. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса, энергия активации, способы ее определения.

Физико-химический анализ

Гетерогенные системы. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клайперона -Клаузиуса. Диаграммы состояния. Химические реакции в гетерогенных системах. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки неорганических продуктов. Основные процессы в технологии неорганических веществ.

Термохимические процессы

Высокотемпературные гетерогенные процессы разложения и синтеза, окислительно-восстановительные процессы. Плазмохимические процессы.

Каталитические процессы

Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Особенности процессов в неподвижном и взвешенном слоях катализатора. Промышленные каталитические процессы, примеры использования катализаторов. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Явления отравления катализаторов. Активность и селективность катализаторов.

Методы разделения многокомпонентных смесей

Кристаллизация из растворов, расплавов и газовой фазы, фракционная конденсация, ректификация, абсорбция, адсорбция, ионный обмен, экстракция, электрохимические методы. Особенности процессов разделения и технические способы их реализации. Природа и классификация адсорбентов, основные свойства и структура, применение. Изотермы адсорбции Гиббса и Лэнгмюра. Адсорбция из растворов. Иониты, их классификация, основные требования, области применения в химико-технологических процессах.

Подготовка сырья

Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки. Способы подготовки сырья: измельчение, флотация, обжиг, растворение, сепарация.

Технология важнейших неорганических веществ.

Промышленные газы. Свойства, применение и способы получения инертных газов, азота, кислорода, водорода, синтез-газа. Связанный азот. Технология аммиака и азотной кислоты. Их свойства и применение. Серная и другие минеральные кислоты. Свойства и применение серной, фосфорной, соляной и фтористоводородной кислот. Способы их производства из различного сырья. Минеральные удобрения. Азот-, фосфор- и калийсодержащие удобрения, комплексные удобрения, микроудобрения. Свойства и применение. Способы получения. Сода и щелочные продукты. Сода, поташ, гидроксиды натрия и калия. Свойства и применение. Способы получения. Продукты высокотемпературного синтеза. Основные способы получения, свойства и применение карбида кальция, термического фосфора, термической фосфорной кислоты, продуктов плазмохимической технологии. Соли и неорганические реактивы. Классификация, свойства и применение. Основные способы получения солей и реактивов минеральных и органических кислот. Особо чистые вещества. Классификация, природа примесей. Методы анализа и

глубокой очистки веществ. Требования к конструкционным материалам и чистоте технологической среды.

Изотопы.

Свойства и применение. Основные способы получения: ректификация, изотопный обмен. Получение изотопов водорода, углерода, азота, кислорода и других легких элементов. Защита окружающей среды при производстве неорганических веществ. Создание безотходных химических технологий. Источники загрязнения: газообразные, жидкие и твердые отходы, тепловые выбросы, их свойства и характеристики. Способы уменьшения, обезвреживания и очистки отходов от примесей соединений серы, азота, углерода, галогенов, кислот и растворителей. Утилизация отходов.

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Термодинамическое описание равновесий в растворах электролитов. Понятие активности и коэффициента активности. Основные теории, позволяющие рассчитать коэффициенты активности. Неравновесные явления в растворах электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводность электролитов, числа переноса и методы их определения. Особенности электропроводности расплавов и твердых электролитов.

Понятие об электрохимической системе. Законы Фарадея. Электрохимические эквиваленты. Вторичные и побочные процессы при электролизе. Основы термодинамики электрохимических систем. Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод/раствор. Равновесные и неравновесные электродные потенциалы. Классификация электродов. Электроды сравнения, ряд стандартных потенциалов. Ионоселективные и ферментные электроды. Классификация электрохимических цепей. Понятие диффузионного потенциала и способы его элиминирования.

Двойной электрический слой на границе электрод - электролит. Связь электрических и адсорбционных явлений на границе раздела фаз. Электрокапиллярные явления. Емкость двойного электрического слоя. Зависимость емкости от потенциала электрода, состава раствора и его концентрации. Развитие модельных представлений о строении двойного электрического слоя: теории строения ДЭС по Гельмгольцу, Гуи-Чапмену, Штерну, Развитие модельных представлений о строении двойного электрического слоя Грэмом, учет дискретного строения ДЭС.

Электрохимическая кинетика. Стадии электродных процессов, понятие о лимитирующей стадии. Виды перенапряжений. Поляризационные кривые. Закономерности электродных процессов, протекающие в условиях массопереноса. Диффузионный слой. Диффузионное перенапряжение, предельный диффузионный ток. Роль миграции при разряде катионов и анионов. Учет конвекции, вращающийся дисковый электрод. Электрохимическое перенапряжение. Основные положения теории замедленного разряда. Кинетические параметры электрохимических реакций: ток обмена и коэффициент переноса, их определение. Уравнение Тафеля. Основные особенности кинетики и механизма катодного восстановления водорода. Зависимость перенапряжения водорода от природы металла и состава раствора. Основные закономерности смешанной кинетики. Наложение перенапряжения диффузии на перенапряжение перехода, уравнение Есина. Наложение перенапряжения химической реакции на электрохимическое перенапряжение. Химическое перенапряжение. Замедленное протекание гомогенной и гетерогенной химических стадий. Влияние комплексообразования на кинетику электродных реакций. Перенапряжение кристаллизации. Основы теории перенапряжения кристаллизации. Образование и рост двумерных и трехмерных зародышей.

Роль дислокаций и поверхностной диффузии ад-атомов и ад-ионов в процессе кристаллизации. Стадийный перенос электронов в электрохимических реакциях. Основные закономерности анодного растворения металлов. Пассивность металлов. Пленочная, адсорбционная теории пассивности. Солевая пассивность.

Основные методы исследования электрохимических процессов: полярографический метод, хронопотенциометрия, хроноамперометрия, вольтамперометрия, циклические методы вольтамперометрии. Основы метода электрохимического импеданса. Понятие эквивалентной схемы процесса.

Основы электрохимической коррозии металлов. Понятие необратимого (коррозионного) потенциалов. Реакции деполяризации в кислой, нейтральной и щелочной среде. Определение природы реакции деполяризации. Показатели скорости коррозии. Основные стадии электрохимической коррозии. Теория микрогальванических элементов и современная теория (Я.М. Колотыркин) электрохимической коррозии. Кинетические закономерности процессов электрохимической коррозии. Понятие коррозионного тока. Особенности коррозии с водородной деполяризацией. Факторы, влияющие на скорость коррозии с водородной деполяризацией. Коррозия с кислородной деполяризацией. Факторы, влияющие на скорость коррозии с кислородной деполяризацией. Пары дифференциальной аэрации. Диаграммы коррозии, методы определения стационарного (коррозионного) потенциала и тока коррозии. Методы защиты от коррозии. Теоретические основы катодной защиты.

Электрохимическое и химическое осаждение металлов и сплавов. Общие вопросы электроэкстракции, электрорафинирования и гальванического осаждения металлов. Принципы избирательности и совместного протекания электродных реакций. Влияние условий электролиза, состава электролита на структуру и свойства катодных осадков. Причины образования рыхлых осадков. Условия и механизм образования блестящих осадков.

Теоретические основы процесса электролитического рафинирования меди. Поведение примесей в электролите и пути перехода их в катодный осадок. Добавки ПАВ в электролите, их назначение и влияние на катодный процесс и поведение примесей при электролизе. Окислительные процессы, происходящие на анодах. Формирование анодного шлама. Механизм включения примесей в катодную медь. Электролитическое рафинирование серебра и золота. Получением металлов методом электроэкстракции. Закономерности электроосаждения рыхлых осадков металлов.

Виды гальванических покрытий и их назначение. Распределение тока и металла при электроосаждении металлов. Критерий равномерности распределения тока и металла по поверхности катода. Влияние различных факторов на равномерность электрохимических осадков. Микрорассеивающая и выравнивающая способность электролитов.

Электроосаждение сплавов. Совместный разряд нескольких ионов металлов. Эффекты взаимовлияния при сплавообразовании. Условия сплавообразования. Деполяризация и сверхполяризация. Фазовые диаграммы состояния сплавов. Сплавы типа механической смеси. Сплавы типа твердого раствора. Интерметаллические соединения и аморфные сплавы. Влияние различных факторов на состав сплавов. Анодное растворение сплавов.

Электрохимическое нанесение покрытий: цинкование, кадмирование, меднение, никелирование, хромирование, оловянирование, свинцевание, железнение, покрытие благородными металлами, покрытие сплавами (латунь, бронза и др.). Покрытие легких металлов и их сплавов (титан, алюминий, магний, цинковые сплавы), многослойные и композиционные электрохимические покрытия.

Металлизация диэлектриков. Гальванопластика. Физико-химические свойства

расплавов: поверхностное натяжение, вязкость расплава, плотность расплава, электропроводность расплавленных солей. Типы диаграмм состояния. Правило фаз. Строение расплавленных солей. Причины кажущихся отклонений от закона Фарадея в расплавах. Особенности электродных процессов в расплавленных солях. Анодный эффект. Получение алюминия, магния, натрия электролизом.

Электролиз воды. Применение водорода и кислорода. Проблемы водородной энергетики. Диаграмма Пурбэ.

Химические источники тока. Понятие об электрохимической системе химического источника тока. Классификация ХИТ: гальванические элементы, аккумуляторы, топливные элементы. Электрические характеристики ХИТ. Зарядно-разрядные кривые. Саморазряд, сохранность, коэффициент полезного использования активных масс. Свинцовые, никель-железные, серебряно-цинковые аккумуляторы, металл-воздушные, литий-ионные ХИТ и батареи, высокотемпературные источники тока, топливные элементы, конденсаторы. Устройство. Токообразующие реакции.

2.6.10. Технология органических веществ

Характеристика химических процессов, реакторов и растворителей. Общие понятия и определения стехиометрии. Механизма и маршрута реакции. Классификация реакций. Количественные характеристики химического процесса. Растворители, применяемые в органической технологии. Классификация растворителей.

Термодинамический анализ химических процессов. Термодинамические свойства органических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса и его применение. Стандартное состояние. Стандартные термодинамические функции. Термодинамическая вероятность протекания химического процесса. Температура инверсии. Методы расчета стандартной энергии Гиббса реакции, энтальпии химической реакции. Равновесие химических реакций, расчет константы равновесия химических реакций. Определение условий самопроизвольного протекания реакций, определение теплового эффекта органических реакций, расчет химического равновесия.

Кинетика и кинетический анализ химических реакций. Закон действующих масс и константа равновесия. Интегральные формы кинетических уравнений стехиометрически простых и сложных реакций. Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов. Кинетический и термодинамический контроль реакций.

Катализ и каталитические процессы. Теоретические основы катализа. Общие понятия и фундаментальные принципы катализа и каталитических процессов. Показатели активности, селективности и стабильности работы катализаторов. Катализ и проблемы экологии. Классификация. Каталитических процессов, Гомогенный (кислотно-основный и металлокомплексный) и гетерогенный катализ. Преимущества и недостатки. Каталитические реакции промышленного органического синтеза.

Методы исследования структуры органических соединений, доказательства их структуры и изучения механизма химических реакций (Ядерный магнитный резонанс, ИК-, УФ- и видимая спектроскопия и масс-спектрометрия. Принципы метода и использование в органической химии.

Теоретические основы органической химии, механизмы реакций органических соединений, особенности технологии. Определение понятия «механизм реакции». Факторы, от которых зависит осуществление элементарного акта между реагирующими частицами:

электронные (возникновение реакционных центров) и пространственные (доступность реакционных центров). Классификация реагентов. Нуклеофильные, электрофильные и радикальные реагенты. Их особенности и основные типы. Классификация реакций. Классификация по химическому характеру (реакции замещения, присоединения, отщепления, молекулярные перегруппировки) и по характеру изменения связей. Реакции замещения. Общая характеристика. Особенности ароматических соединений. Правило Хюккеля. Ароматические карбокатионы и карбоанионы. Гетероциклические соединения.

Электрофильное замещение в ароматическом ряду; сигма - и пи - комплексы. Механизм и кинетика реакций электрофильного замещения. Ориентация при электрофильном замещении. Влияние заместителей на распределение электронной плотности в основном и переходном состояниях. Относительная константа скорости. Пространственное влияние заместителей. Реакции ацилирования, алкилирования, нитрования, сульфирования и галогенирования. Особенности превращений.

Нуклеофильное замещение. Особенности нуклеофильного замещения у ненасыщенного и насыщенного атомов углерода. Особенности реакций нуклеофильного замещения в ароматических соединениях. Механизм реакций – мономолекулярный, бимолекулярный (присоединение–отщепление), ариновый, ион-радикальный.

Радикальное замещение. Механизм реакции. Влияние различных факторов. Соотношение изомеров. Образование и устойчивость радикалов. Радикальные реакции, протекающие по цепным механизмам.

Реакции присоединения. Общая характеристика. Реакции нуклеофильного, электрофильного и радикального присоединения. Правило Марковникова и эффект Караша. Реакции отщепления (элиминирования). Общая характеристика. Бимолекулярное и мономолекулярное отщепление.

Методы получения органических соединений. Галогенирование. Прямое галогенирование, основные методы и их сравнительная оценка. Использование галогенводородов, механизм и региоспецифичность реакции. Применение серо- и фосфорорганических галоидных соединений. Замена атома галогена на другие атомы и группы. Замена на гидроксильную группу, циан-группу и др. Сульфирование. Введение сульфогруппы в алифатические и ароматические соединения. Сульфохлорирование. Сульфамиды, их получение и свойства. Сульфаниламидные препараты. Замена сульфогруппы на другие атомы и группы.

Нитрование. Введение нитрогруппы в алифатические и ароматические соединения. Реагенты, условия проведения реакции. Превращения нитрогруппы. Примеры использования реакции нитрования в синтезе биологически активных соединений. Нитрозирование. Реагенты и условия проведения реакции. Применение реакции нитрозирования, синтез пирамидона и анальгина. Нитрозирование по атому азота. Диазометан и диазопарафины.

Диазотирование. Механизм реакции и условия проведения. Свойства диазосоединений, их анализ. Реакции азосочетания. Использование реакций азосочетания. Превращения диазогруппы. Синтез пиразолонов. Дезаминирование, способ Грисса и новые модификации. Реакция Зандмейера. Замена диазогруппы на другие заместители.

Окисление. Общие закономерности. Реакции окисления по атому углерода. Окисление металльных и метиленовых групп до первичных и вторичных спиртов, альдегидов и кетонов, карбоновых кислот. Наиболее распространенные реагенты, условия проведения реакций. Реакции окисления и каталитического дегидрирования. Окисление кратных связей углерод–углерод. Реагенты для окисления двойных и тройных связей. Расщепление гликолей. Окислительное расщепление вторичных спиртов и кетонов.

Восстановление. Типы реакций восстановления. Гидрирование. Катализаторы, их получение и свойства. Гидрогенолиз. Образование новых связей при гидрировании. Реакции элементоорганических соединений (ЭОС). Классификация ЭОС. Методы синтеза и свойства. Особенности магний-, цинк-, кадмий-, алюминий-, литийорганических соединений. Использование ЭОС в тонком органическом синтезе. Способы получения ртути-, мышьяк- и фосфорорганических соединений. Их применение в химии биологически активных соединений. Соединения бора. Способы получения и реакции.

Ацилирование. Реакция Фриделя—Крафтса, условия проведения. Примеры использования в химии биологически активных соединений. Формилирование ароматических соединений. Реакция Вильсмейера. Условия проведения, реагенты.

Фосфорилирование. Реакции фосфорилирования при создании моно-, ди- и триэфиров ортофосфорной кислоты. Механизм образования. Возможные побочные реакции. Стратегия синтеза. Методы активации фосфорной кислоты. Хлорфосфатный метод, использование смешанных ангидридов фосфорных кислот, дициклогексилкарбодиимидный метод, реакции с использованием фосфатинов. Достоинства и ограничения методов.

Использование защитных групп в тонком органическом синтезе и химии биологически активных соединений. Защиты С–Н-связей в ацетиленовых и ароматических соединениях. Защита N–H связей. Образование новой N–С-связи. Производные уретанового синтеза. Алкильные и арильные производные. Силильные защиты. Защиты гидроксильной группы. Защиты карбоксильной группы. Способы получения различных эфиров, их устойчивость и методы деблокирования. Защита тиолов путем введения защитных групп за счет модификации сульфгидрильного заместителя. Методы защиты альдегидов и кетонов. Защита кратных углерод-углеродных связей.

Реакции конденсации. Типы реакций. Взаимодействие карбонильных соединений с С–Н-кислотами. Получение аминокислот по Штреккеру Альдольно-кетоновая конденсация. Условия проведения. Реакции Кневенагеля, Перкина и др. Синтез глицидных эфиров по Дарзану. Сложноэфирная кляйзеновская конденсация. Реакция Михаэля, использование в химии природных соединений. Реакция Манниха. Реакция Виттига, реагенты, условия проведения, регио- и стереоспецифичность. Реакция Дильса—Альдера. Конденсация Дэкина—Веста, Арндта—Эйстерта. Реакция Кнорра. Конденсация Бишлера—Напиральского.

Перегруппировки. Классификация перегруппировок. Реакции, протекающие при образовании заряда, не сопряженного с кратными связями. Миграция углеродного остатка от атома углерода к другому атому углерода.

Нуклеофильные и электрофильные перегруппировки. Образование положительного заряда на атоме углерода за счет поляризации двойной связи, отщепления галогена, гидроксила, диазогруппы. Положительный заряд на атоме азота, способы образования. Перегруппировки при образовании заряда на кислороде. Перегруппировки аллильного типа. Радикальные, нуклеофильные и электрофильные перегруппировки. Перенос остатка с углерод на углерод, с гетероатома на углерод.

Органические полимеры и химия материалов. Классификация. Механизмы полимеризации: радикальная полимеризация, анионная полимеризация, катионная полимеризация, полимеризация Циглера-Натта). Жидкие кристаллы, дендримеры, фуллерены и углеродные нанотрубки.

2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Современное состояние и перспективы развития нефтяной и газовой промышленности России и других стран. Роль отдельных источников энергии в топливно-энергетическом балансе. Ресурсы, запасы углеводородного сырья. Основные месторождения нефти, газа и газоконденсата. Альтернативные источники углеводородного сырья. Горючие сланцы, газовые гидраты. Направления использования нефти и газа.

Состав нефти и газа: фракционный, элементный, индивидуальный, групповой химический состав. Физико-химические свойства нефти и нефтяных фракций: оптические, тепловые коллоидно-дисперсные свойства. Характеристические температуры.

Нефтяные дисперсные системы. Способность углеводородных и неуглеводородных соединений к межмолекулярным взаимодействиям. Образование дисперсных систем из молекулярных растворов. Классификация дисперсных систем. Сложные структурные единицы и их строение. Структурно-механическая прочность и устойчивость нефтяных дисперсных систем.

Современные методы исследования углеводородного сырья (нефти, газа и газоконденсата). Газовая и жидкостная хроматография. Значение и возможности спектральных методов в исследовании состава нефтяных фракций. УФ и ИК спектроскопия, спектроскопия ЯМР.

Методы разделения нефти на фракции и их место в технологии переработки. Перегонка и ректификация, кристаллизация, экстракция.

Основные товарные продукты, производимые из нефти. Эксплуатационные свойства нефтяных моторных топлив. Детонационная стойкость бензинов, воспламеняемость дизельных топлив, показатели их оценки. Вязкость и вязкостно-температурные свойства нефтяных масел. Индекс вязкости.

Классификация процессов нефтепереработки. Первичная переработка, вторичные процессы. Оценка совершенства технологии на нефтеперерабатывающем заводе: глубина переработки, индекс Нельсона.

Теоретические основы технологических процессов первичной переработки нефти. Водонефтяные эмульсии и их свойства. Методы разрушения водонефтяных эмульсий. Обезвоживание и обессоливание нефти на нефтеперерабатывающем заводе.

Закономерности первичной перегонки нефти. Особенности нефти, как сырья процессов перегонки. Использование однократного и многократного испарения в технологии перегонки. Перегонка в вакууме. Роль водяного пара при перегонке.

Физико-химические особенности промышленных процессов термической переработки нефтяного сырья (крекинг, висбрекинг, пиролиз, получение кокса, пеков, битумов, технического углерода). Реакции углеводородов в газовой фазе. Теоретические основы процесса пиролиза углеводородов. Особенности термических реакций в жидкой фазе. Термические превращения углеводородов в условиях окисления при получении битумов.

Каталитические методы переработки нефтепродуктов. Классификация катализа и каталитических процессов. Строение и состав катализаторов крекинга. Теории гетерогенного катализа. Механизм и химизм гетеролитических каталитических способов деструктивной переработки нефтяного сырья (крекинг, риформинг, гидрокрекинг, гидроочистка). Отличия термических и каталитических методов переработки нефтяного сырья. Каталитические гомолитические процессы в нефтепереработке. Паровая каталитическая конверсия углеводородов.

Теоретические основы производства минеральных масел. Методы очистки масляных фракций. Теоретические основы экстракционных процессов очистки масел. Процессы очистки

с применением селективных растворителей. Деасфальтизация нефтяных остатков. Селективная очистка масляных фракций. Депарафинизация масляных дистиллятов.

Разделение газов на нефтепромыслах и при переработке нефти. Газофракционирование. Очистка газов от сероводорода и меркаптанов.

Современное состояние и перспективы развития производства каменноугольного кокса. Каменноугольный кокс, производство, структура потребления. Доменный и специальные виды кокса, их свойства и назначение.

Температурные и газодинамические процессы, происходящие при нагреве угольной загрузки в камерах коксовая. Формирование коксового пирога. Давление расpiration при коксовании и его значение. Влияние условий коксования на выход и качество химических продуктов коксования. Материальный и тепловой балансы коксования. Выход основных продуктов промышленного процесса коксования.

Сырьевая база коксования. Технология составления угольной шихты для коксования. Физические, химические, физико-химические и физико-механические свойства кокса. Методы определения прочности кокса. Технический и гранулометрический анализы кокса. Влияние марочного состава и качества шихты на качество кокса. Роль кокса в доменном процессе. Требования к качеству металлургического кокса. Влияние качества кокса на показатели доменной плавки. Требования к качеству специальных видов кокса.

Конструктивные элементы коксовых печей. Классификация коксовых печей. Камера коксования и отопительная система. Элементы газоподводящей и газоотводящей арматуры. Печи с системой обогрева "парные вертикалы с рециркуляцией", "перекидной канал" и "групповой обогрев". Нижний и боковой подвод отопительного газа. Анкераж печей. Отопительная арматура коксовых печей. Машины коксовых печей.

Динас и шамот. Основные различия, химический состав, физико-химические свойства. Специфика поведения динаса и шамота при разогреве до рабочих температур коксования. Специфика применения в различных местах кладки коксовых печей. Требования к качеству огнеупорных изделий. Изоляционные и сыпучие огнеупоры-мертели.

Специфика строительства коксовых печей. Точность кладки. Точность отбора материала. Сушка и разогрев коксовой батареи. Специфика разогрева первой коксовой батареи нового завода и на действующем предприятии. Значение коэффициента избытка воздуха. График разогрева коксовой батареи. Роль анкеража при разогреве. Допустимое суточное расширение кладки. Предрастопочный и послерастопочный монтаж. Пуск коксовой батареи.

Температурный режим, ширина камеры коксования, полезный объем, количество печевыдач, величина загрузки. Газы для обогрева коксовых печей. Гидравлический режим коксовых печей. Основы регулирования обогрева и гидравлического режима. Режим выдачи кокса и загрузки печей. Технология сухого и мокрого тушения кокса.

Основные направления развития конструкций коксовых печей для слоевого коксования. Ширококамерные печи. Ступенчатый подвод газа и воздуха. Регулирование гидравлического режима в каждой камере. Многотоннажные реакторы. Новые методы подготовки углей для слоевого коксования: избирательное дробление компонентов шихты, термическая подготовка, сушка, брикетирование и трамбование угольной шихты. Ввод органических спекающихся добавок в угольную шихту. Производство формованного кокса. Непрерывное слоевое коксование. Печи без улавливания химических продуктов коксования. Технология коксования "Scope-21".

Основные выбросы вредных веществ углекоксового блока и борьба с ними. Организованные и неорганизованные выбросы коксовой батареи. Роль арматуры

герметизации. Бездымная загрузка и беспылевая выдача коксовых печей. Экологическая оценка процессов мокрого и сухого тушения кокса. Учет и контроль выбросов коксовой батареи.

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

Основные принципы системного анализа; взаимосвязь явлений в отдельных процессах и аппаратах; иерархия явлений и их соподчиненность в изучении процессов и аппаратов; иерархическая структура химического производства; взаимовлияние аппаратов. Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов и химико-технологических систем. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии, формы представления информации о процессе (управления, регрессии, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения, конечные и конечно-разностные уравнения). Постановка задачи математического описания процесса. Два подхода к составлению математической модели процесса: детерминированный и стохастический. Их возможности и сферы использования. Теория подобия и анализ размерностей. Подобные преобразования, физическое моделирование, метода характеристических масштабов. Основы теории переноса количества движения, энергии, массы; гидродинамика и гидродинамические процессы: основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков, сжатие и перемешивание газов, разделения неоднородных жидких и газовых систем, перемешивание в жидких средах.

Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия

Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели. Вид функции отклика модели на стандартные возмущения. Частотные характеристики модели. Условия реализуемости принятых допущений в приложении к аппаратам химической технологии. Модель идеального вытеснения. Вывод дифференциального уравнения модели. Передаточная функция. Вид функции отклика и частотные характеристики модели. Сравнительная оценка идеальных моделей. Энтропийная оценка меры упорядоченности движения частиц. Каноническое и микроканоническое распределение Гиббса. Фактор распределения как выражение второго закона термодинамики. Учет рассеяния по времени пребывания. Ячеечная модель. Свойство детектируемости. Частотные характеристики и вид функции отклика. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения. Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические) модели. Байпасирование. Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения. Модель с застойной зоной.

Течение жидкости в пленках, трубах, струях и пограничных слоях

Уравнения и граничные условия гидродинамики. Течение, вызванное вращением диска. Гидродинамика тонких стекающих пленок. Струйные течения. Ламинарное течение в трубах различной формы. Продольное обтекание плоской пластины. Пограничный слой. Движение частиц, капель, пузырей в жидкости. Общее решение уравнений Стокса в осесимметричном случае. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря поступательным стоксовым потоком. Сферические частицы в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса. Сферические капли и пузыри в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря сдвиговым потоком. Обтекание несферических твердых частиц. Обтекание цилиндра (плоская задача). Обтекание деформированных капель и пузырей. Стесненное движение частиц.

Химическая термодинамика

Система. Состояние системы. Уравнения состояния. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой и первый законы термодинамики. Основные законы термохимии. О равновесных и обратимых процессах. Второй и третий законы термодинамики. Линейная термодинамика в задачах химии и химической технологии. Уравнения сохранения. Диссипативная функция многофазной гетерогенной среды. Соотношение взаимности Онсагера. Потoki массы и тепла в сплошной фазе. Массоперенос в химико-технологических системах с учетом наличия межфазных поверхностей. Вариационный принцип минимума производства энтропии. Принцип минимума приведенных термодинамических потоков. Определение средней толщины пленки в дисперсно-кольцевых режимах течения. Неравновесная термодинамика необратимых процессов в химической технологии. Термодинамическая функция Ляпунова вдали от равновесия. Метод термодинамических функций Ляпунова для выявления химических осцилляторов. Современное состояние проблемы колебательных реакций в химии. Эксергия, эксергетический метод анализа химико-технологических систем; информационно-термодинамический принцип; использование методов оптимизации при создании энерго- и ресурсосберегающих производств (прямые, декомпозиционные, структурно-декомпозиционные методы).

Массо- и теплоперенос в пленках жидкости, трубах и плоских каналах

Уравнение и граничные условия теории конвективного тепло- и массопереноса. Диффузия к вращающемуся диску. Теплоперенос к плоской пластине. Массоперенос в пленках жидкости. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в круглой трубе. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в плоской трубе. Предельные числа Нуссельта при ламинарном течении жидкостей по трубам различной формы. Массо- и теплообмен частиц, капель и пузырей с потоком. Метод асимптотических аналогий в теории массо- и теплопереноса. Внутренние задачи о теплообмене тел различной формы. Массо- и теплообмен частиц различной формы с неподвижной средой. Массоперенос в поступательном потоке при малых числах Пекле. Массоперенос в линейном сдвиговом потоке при малых числах Пекле. Массообмен частиц и капель с потоком при больших числах Пекле (теория диффузионного пограничного слоя). Диффузия к сферической частице, капле и пузырю в поступательном потоке при различных числах Пекле и Рейнольдса. Диффузия к сферической частице, капле и пузырю в линейном сдвиговом потоке при малых числах Рейнольдса и любых числах Пекле. Диффузия к сфере в поступательно-сдвиговом потоке и потоке с параболическим профилем.

Гидромеханические процессы и аппараты.

Измельчение твердых материалов. Физико-химические основы измельчения. Расход энергии. Крупное дробление. Среднее дробление. Мелкое дробление. Дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления. Тонкое измельчение. Сверхтонкое измельчение. Мельницы.

Классификация и сортировка материалов. Грохочение. Гидравлическая классификация и воздушная сепарация. Смешение твердых материалов.

Разделение неоднородных систем. Классификация неоднородных систем и их характеристика. Основные способы разделения и их экологическое значение. Общие закономерности движения частиц в газе или жидкости.

Разделение газовых неоднородных систем под действием силы тяжести. Скорость осаждения. Конструкции и принцип работы аппаратов для разделения газовых неоднородных систем под действием силы тяжести. Расчет аппаратов для разделения газовых неоднородных систем.

Разделение газовых неоднородных систем под действием инерционных и центробежных сил. Конструктивные особенности, принцип действия, достоинства и недостатки

инерционных аппаратов. Принцип работы, область применения, оценка работы циклонов. .
Время осаждения частиц в циклоне.

Электрическая очистка газа от пыли и тумана. Электроосадители: принцип работы, скорость осаждения и степень улавливания пыли, КПД.

Промывка газов от пыли и тумана. Скрубберы: принцип работы, конструктивные особенности, область применения, достоинства и недостатки.

Фильтрация газов. Конструкции фильтров: принцип работы, область применения, достоинства и недостатки.

Разделение жидких неоднородных систем. Особенности и закономерности процесса отстаивания. Конструкции и принцип работы отстойников.

Фильтрация жидких неоднородных систем. Основное уравнение фильтрации. Определение скорости фильтрования и толщины осадка. Конструкции фильтров: принципы работы, области применения, сравнительная характеристика. Фактор разделения. Конструкции, принцип работы центрифуг, конструктивные особенности, достоинства и недостатки. Сверхцентрифуги.

Тепло- массообменные процессы и аппараты.

Нагревание, охлаждение, конденсация. Механизмы передачи тепла. Движущая сила процесса. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье – Кирхгофа. Критерии теплового подобия. Механизм переноса тепла от среды к среде через разделяющую плоскую однослойную и многослойную стенку. Основное уравнение теплопередачи. Механизм излучения и поглощения тепла. Закон Стефана – Больцмана. Закон Кирхгофа. Теплообмен излучением между твердыми телами. Теплообменные аппараты: принципы работы, конструктивные особенности, выбор направления движения сред, достоинства и недостатки. Теплоотдача от конденсирующего пара. Механизм передачи тепла от конденсирующегося пара. Капельная и пленочная конденсация. Расчет потерь тепла и толщина теплоизоляции аппарата. Критерий Грасгофа.

Выпаривание. Поверхностное испарение и кипение. Температура кипения раствора. Упругость пара над раствором. Закон Рауля. Правило линейности Павлова. Материальный и тепловой баланс выпаривания. Закономерности теплоотдачи от стенки к кипящей жидкости. Явления, сопровождающие выпаривание растворов, и меры по их устранению. Конструкции выпарных аппаратов и принцип работы. Многокорпусные выпарные установки. Температурные депрессии.

Основные виды процессов массопередачи. Основы массопередачи в системах газ – жидкость и жидкость–жидкость. Движущая сила процесса. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массообмен. Преобразование дифференциальных уравнений переноса массы методами теории подобия. Критериальное уравнение конвективного массообмена. Механизм переноса массы из фазы в фазу через границу раздела. Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сила процесса переноса массы.

Абсорбция. Общие сведения о процессе абсорбции и области ее применения. Закон Генри. Закон Рауля. Материальный баланс абсорбции. Кинетика абсорбции. Конструкции абсорберов и принцип их работы. Достоинства и недостатки. Гидродинамические режимы в насадочных и барботажных абсорберах. Батарея абсорберов. Графический метод расчета числа единиц переноса.

Сушка. Общие сведения о процессе сушки и области практического применения. Основные параметры влажного воздуха. Теория «мокрого» термометра. Материальный и тепловой балансы сушки. Диаграмма состояния влажного воздуха Рамзина. Теоретическая и

действительная сушка. Кинетика сушки. Механизм процесса сушки. Конструкции и принцип работы сушилок, их достоинства и недостатки.

Перегонка и ректификация. Простая перегонка. Периодическая и непрерывная ректификация. Правило Трутона. Материальный баланс колонны. Флегмовое число. Графический способ определения числа теоретических тарелок ректификационной колонны.

Жидкостная экстракция. Кинетика экстракции. Конструкции и принцип работы экстракторов.

Кристаллизация. Методы кристаллизации. Кинетика процесса. Конструкции и принцип работы кристаллизаторов.

2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Правило фаз и его значение. Методы построения диаграмм состояния. Основные типы одно-, двух- и трехкомпонентных диаграмм состояния. Правила определения последовательности фазовых преобразований при изменении температуры по диаграмме состояния. Графические и аналитические методы расчета количественных соотношений фаз в гетерогенных системах. Особенности силикатных систем с точки зрения достижения равновесных состояний. Общие понятия о геометрических основах диаграмм состояния четырехкомпонентных систем. Диаграммы состояния важнейших оксидных, силикатных, алюминатных, фосфатных и других систем. Характеристика фаз, образующихся в этих системах.

Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах оксидных, силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (ОСнТНМ). Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах ОСнТНМ. Компьютерные базы термодинамических данных. Энергия кристаллической решетки ОСнТНМ.

Основные закономерности формирования фазового состава ОСнТНМ. Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах ОСнТНМ. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе. Поведение природных сырьевых материалов при нагревании. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие. Влияние химического и фазового состава и эксплуатационные характеристики ОСнТНМ.

Высокотемпературные процессы на границе фаз (твердое–твердое, твердое–жидкое, твердое–газ). Теоретический и термодинамический критерий взаимодействия. Физико-химические явления на границе фаз (смачивание, растекание, адгезия, пропитка, растворение). Кинетика гетерогенных процессов. Лимитирующая стадия процесса. Кинетическая и диффузионная область процессов. Роль кристаллической и межкристаллитной фаз на механизм взаимодействия с расплавом. Влияние температуры на скорость процессов. Влияние состава и свойств расплавов на процессы взаимодействия с твердой фазой.

Термодинамика пористого тела. Химический потенциал пористого тела. Влияние размера пор на величину химического потенциала и свойства пористого тела.

Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов

измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.

Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст). Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий в технологии ОСиТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.

Процессы сушки в технологии ОСиТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Параметры и режимы сушки, основы расчета оптимальных режимов, способы управления процессом сушки. Современные методы сушки. Сушильные агрегаты: типы, методы расчета. Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге. Влияние условий обжига на качество изделий. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Расчет основных параметров и тепловых балансов печей.

Физико-химические процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации. Активированное спекание, физические основы. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов; условия теплообмена на различных стадиях получения стекломассы. Способы и процессы получения оксидных расплавов. Кристаллизация расплавов. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов. Особенности процессов роста кристаллов из слабо и сильно пересыщенных расплавов. Формирование текстуры отливок в процессе кристаллизации. Термические напряжения в отливках. Термообработка отливок. Выращивание нитевидных кристаллов, плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.

Понятие о дисперсных системах. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию: золи, коллоидные системы, аэрозоли, гели, порошки, частицы, агломераты. Термодинамические условия образования частиц наноматериалов. Факторы, влияющие на механизм и кинетику образования наночастиц. Формирование наночастиц по механизму «сверху–вниз». Особенности термодинамических свойств наносред. Доля поверхности в наноматериалах. Соотношение поверхностной и объемной энергий в дисперсных материалах. Граница зерен в наноструктурных материалах. Свойство границ раздела. Зависимость параметра кристаллической решетки материала от размера наночастиц. Явление агрегации порошков.

2.6.17. Материаловедение

Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий. Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах. Разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.

Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой. Установление закономерностей и критериев оценки разрушения материалов от действия механических нагрузок и внешней среды. Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств материалов на образцах и изделиях.

Теоретические и прикладные проблемы стандартизации новых материалов и технологических процессов их производства, обработки и переработки. Системы управления качеством, сертификация и аккредитация материалов и технологических процессов.

Разработка и компьютерная реализация математических моделей физико-химических, гидродинамических, тепловых, хемореологических и деформационных превращений при производстве, обработке, переработке и эксплуатации различных материалов. Компьютерное проектирование композиционных материалов. Компьютерный анализ и оптимизация процессов получения и эксплуатации материалов.

Разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов в различных условиях эксплуатации. Разработка покрытий различного назначения (упрочняющих, износостойких и других) и методов управления их качеством. Развитие методов прогнозирования и оценка остаточного ресурса материалов в машиностроении. Развитие научных основ комплексного использования сырья, местных сырьевых ресурсов и техногенных отходов для получения материалов для строительных изделий и конструкций.

Физические свойства металлов. Химические свойства. Механические свойства металлов. Технологические свойства. Коррозия металлов. Методы испытания металлов. Прочность металлов. Испытание на прочность и построение диаграммы растяжения. Пластичность металлов. Упругость. Ударная вязкость металлов. Испытание на ударную вязкость. Твердость металлов. Методы испытания металлов на твердость по Бринеллю, Роквеллу. Соотношение чисел твердости, полученных различными методами. Усталостная прочность. Испытание на усталостную прочность. Технологические пробы. Методы выявления внутренних дефектов без разрушения деталей. Понятие о сплаве. Определение терминов: система, фаза, компонент. Строение сплавов. Механическая смесь, твердый раствор, химические соединения. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют механическую смесь. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют твердый раствор. Правило отрезков. Связь между свойствами сплавов и типом диаграмм.

Диаграмма состояния «железо – углерод». Аллотропические превращения железа. Простые структуры железоуглеродистых сплавов: аустенит, феррит, цементит. Диаграмма состояния железо – углерод (процесс первичной кристаллизации). Линии превращения, точки диаграммы. Диаграмма состояния железо – углерод (процесс вторичной кристаллизации), сложные структуры железо – углеродистых сплавов: перлит, ледебурит. Доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные стали. Доэвтектические, эвтектические, заэвтектические чугуны. Превращения, происходящие при нагревании и охлаждении в сталях и чугунах.

Углеродистые стали. Состав углеродистых сталей. Постоянные примеси в сталях. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества. Их маркировка по ГОСТ, свойства и применение. Углеродистые конструкционные стали качественные. Марки. Применение. Углеродистые инструментальные стали. Режущие свойства. Применение. Автоматные стали. Их маркировка по ГОСТ, свойства и применение.

Производство чугунов. Классификация чугунов. Химический состав чугунов. Серый чугун по ГОСТ. Графит. Форма и размеры его включений. Влияние примесей на свойства чугунов. Механические свойства серого чугуна. Марки серых чугунов и применение. Модификация чугунов. Ковкий чугун. Получение ковкого чугуна. Его свойства. Высокопрочный чугун. Свойства высокопрочных чугунов. Маркировка ковких и высокопрочных чугунов. Применение.

Основные положения термообработки. Сущность и назначение термической обработки. Превращение аустенита при непрерывном охлаждении. Режимы термообработки. Виды термической обработки стали. Факторы, влияющие на термическую обработку. Отжиг и нормализация стали. Закалка стали, сущность и назначение. Выбор температуры нагрева под закалку по диаграмме железо – цементит в зависимости от содержания углерода. Охлаждающие среды. Способы закалки. Прокаливаемость стали. Влияние закалки на структуру и свойства стали. Отпуск стали. Сущность, назначение, виды отпуска, температурные режимы. Влияние отпуска на структуру и свойства стали. Обработка холодом.

Поверхностная закалка. Термомеханическая обработка стали. Дефекты термической обработки и методы их предупреждения. Химико-термическая обработка стали. Сущность, назначение химико – термической обработки, виды.

Цементация стали. Сталь для цементации. Цементация твердым и газообразным карбюризатором. Глубина слоев и твердость, получаемые при цементации. Термическая обработка цементированных изделий. Область применения цементации. Азотирование стали: сущность и назначение. Сталь для азотирования. Цианирование в жидкой, газовой и твердой средах. Поверхностное упрочнение стали. Конструкционные легированные стали. Определение легированной стали. Влияние легирующих элементов на свойства стали. Классификация легированных сталей. Маркировка легированных сталей по ГОСТ. Конструкционные легированные стали. Свойства и применение. Конструкционные легированные стали цементируемые и улучшаемые. Марки. Применение.

Низколегированные стали. Пружинно-рессорные стали. Термическая обработка легированных конструкционных сталей. Инструментальные легированные стали. Назначение инструментальных легированных сталей и предъявляемые к ним требования. Стали для режущего, измерительного и штампового инструмента. Марки инструментальных легированных сталей по ГОСТ. Применение. Термическая обработка инструментальных сталей. Быстрорежущие стали: свойства, применение. Маркировка по ГОСТ.

Медь и ее сплавы. Производство меди. Медные руды, их обогащение. Выплавка штейна и получение черновой меди. Рафинирование меди. ГОСТ на марки товарной меди. Сплавы меди. Классификация. Латунь. Влияние цинка на свойства латуни. Марки по ГОСТ. Применение латуни. Бронза. Оловянистые и безоловянистые. Состав, свойства, применение, маркировка по ГОСТ. Алюминий и его сплавы. Сплавы алюминия. Деформируемые и литейные. Их марки по ГОСТ. Свойства и применение. Титан и его сплавы. Производство титана. Руды титана. Обогащение титановых руд. Восстановительная плавка. Получение тетрахлорида титана. Восстановление тетрахлорида титана магнием. Переплавка титановой губки. Технический титан и его сплавы, свойства технического титана, применение, марки по ГОСТ.

Металлокерамические твердые сплавы. Классификация твердых материалов и сплавов. Металлокерамические сплавы и металлокерамические материалы. Марки по ГОСТ. Химический состав, методы изготовления, свойства и область применения материалов и сплавов. Абразивные материалы. Абразивные материалы. Классификация, свойства, маркировка и применение. Конструкционные пластмассы. Классификация пластмасс в

зависимости от поведения их при нагревании и в зависимости от вида наполнителя. Пластмассы с листовым и волокнистым наполнителями (состав, свойства, применение). Пластмассы с порошковым наполнителем. Пластмассы с газовоздушным наполнителем. Пластмассы без наполнителя и с различными наполнителями. Их состав, свойства, область применения. Способы изготовления пластмассовых изделий: прямое и литьевое прессование, штамповка, литье под давлением, экструзия. Сварка пластмасс: газовым теплоносителем, нагретым инструментом, токами высокой частоты. Обработка пластмасс резанием. Сварка пластмасс.

Резина. Резинотехнические изделия. Лакокрасочные покрытия. Клеи. Гидроизоляционные материалы. Теплоизоляционные материалы. Исходное сырье для получения резины: натуральный (НК) и синтетический (СК) каучук. Компоненты, входящие в состав резины. Классификация резиновых материалов. Технология производства резиновых изделий: приготовление резиновой смеси, переработка сырой резины в полуфабрикаты, вулканизация изделий. Состав резиновых материалов. Применение резиновых изделий в машиностроении. Лакокрасочные материалы, классификация, состав, свойства и применение. Наиболее распространенные лакокрасочные материалы: краски, лаки, эмали. Клеи, классификация, свойства, марки, применение. Гидроизоляционные материалы. Теплоизоляционные материалы. Древесные материалы. Виды древесных материалов. Строение, свойства, пороки, сушка и защита. Виды древесины для упаковки и другого назначения. Смазочные материалы. Марки смазочных масел для смазки, консервации. Технология отдельных операций смазки и консервации.

2.6.18. Охрана труда, пожарная и промышленная безопасность

Организация надзора и контроля за состоянием охраны труда (ОТ), промышленной безопасности, охраны окружающей среды (ООС), пожарной безопасности (ПБ), профилактики чрезвычайных ситуаций (ЧС). Государственный, ведомственный и общественный контроль в сфере безопасности.

Задачи и функции службы ОТ по контролю требований безопасности в организации. Основные функции и права уполномоченных по ОТ профсоюзов по систематическому контролю условий и охраны труда. Комитеты (комиссии) по охране труда в организации, их роль в контроле и обеспечении требований безопасности на предприятии. Специальная оценка условий труда на рабочих местах как элемент контроля условий и охраны труда.

Понятие «эргономика». Эргономические показатели. Совместимость человека и техники. Опасные и вредные производственные факторы. Их классификация. Характеристики основных форм деятельности человека. Физический и умственный труд энергозатраты человека при различных видах работ. Тяжесть и напряженность труда.

Микроклимат производственных помещений и его нормирование. Понятие о комплексных методах оценки микроклимата. Контроль параметров микроклимата. Требования к чистоте воздуха рабочих мест. Промышленные яды и производственная пыль. Понятие о ПДК. Классы опасности вредных веществ.

Требования к освещению рабочих мест. Основные светотехнические понятия и термины. Естественное освещение и его нормирование. Искусственное и смешанное освещение. Источники искусственного освещения, их сравнительная оценка. Светильники, их классификация и основные характеристики. Методы расчета искусственного освещения. Контроль освещенности рабочих мест.

Понятие о шуме. Классификация шумов. Основные физические характеристики шума. Понятие об акустических расчетах. Нормирование шума и его контроль на рабочих местах. Методы борьбы с шумом.

Понятие о вибрации. Основные физические параметры вибросистемы. Общая и локальная вибрация. Нормирование вибрации. Методы и средства борьбы с вибрацией. Контроль вибрации на рабочих местах. Физические характеристики ЭМИ. Принципы нормирования. Защита от ЭМИ. Безопасность работы на компьютере. Инфракрасное (ИК) и ультрафиолетовое излучение (УФИ). Их нормирование.

Действие электрического тока на организм человека и факторы его определяющие. Виды электротравм. Классификация помещений по опасности поражения электротоком. Возможные способы включения человека в электрическую цепь и их сравнительный анализ. Мероприятия по обеспечению электробезопасности.

Общие требования безопасности к элементам систем повышенного давления. Безопасная эксплуатация паровых и водогрейных котлов, компрессорных установок, трубопроводов, баллонов для сжатых, сниженных и растворенных газов. Особенности работ на высоте. Пожарная безопасность. Условия возникновения пожара. Система обеспечения пожарной безопасности объектов. Оценка взрывобезопасности объектов. Обеспечение взрывобезопасности объектов экономики.

Государственный надзор и контроль в области ПБ в РФ. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) – ее структура и функции. Основные полномочия Ростехнадзора. Виды ответственности за нарушения норм и правил промышленной безопасности.

Система управления ПБ в организации. Политика управления ПБ и охраной труда на предприятии. Разработка политики в организации. Определение полномочий и ответственности. Разработка структуры управления безопасностью. Разработка процедур планирования и применения профилактических мероприятий. Внутренний и внешний аудит ПБ в организации. Документация системы управления ПБ: четыре уровня системы управления ПБ. Производственный контроль над соблюдением требований ПБ. Цель производственного контроля. Полномочия производственного контроля.

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

1. Строение металлов и сплавов. Фазы в сплавах.
2. Точечные, линейные и поверхностные дефекты кристаллического строения металлов. Взаимодействие дислокаций.
3. Возврат, полигонизация и рекристаллизация.
4. Кристаллизация сплавов. Механизм и кинетика.
5. Строение металлического слитка. Модифицирование структуры литых сплавов.
6. Границы зерен и субзерен.
7. Эвтектическая кристаллизация. Строение эвтектических колоний.
8. Законы диффузии. Механизмы диффузии.
9. Механизм упрочнения сталей при пластической деформации.
10. Текстура в металлах.
11. Методы исследования механических и физических свойств.
13. Механические свойства при статических нагрузках.
14. Механические свойства при динамических нагрузках.
15. Хрупкое и вязкое разрушение.
16. Влияние углерода и примесей на свойства стали.
17. Структура и свойства серых чугунов.
18. Старение металлов и сплавов.
19. Механизм и кинетика перлитного превращения в стали.
20. Фазовые превращения при нагреве стали. Структурная наследственность.
21. Современные методы исследования и контроля структуры металлов.
22. Твердые растворы замещения, внедрения. Сверхструктуры.
23. Влияние неметаллических включений на механические свойства сплавов.
24. Сдвиговое и нормальное превращения. Механизм и кинетика.
25. Схема диаграммы фазовых превращений эвтектоидных структур при нагреве с различными скоростями, на примере стали с 0,8% содержания углерода.
26. Схема диаграммы фазовых превращений доэвтектоидных структур при нагреве с различными скоростями, на примере стали с 0,45% содержания углерода.
27. Схема диаграммы фазовых превращений заэвтектоидных структур при нагреве с различными скоростями, на примере стали с 1,3% содержания углерода.
28. Диффузионные превращения, на примере распада переохлажденного аустенита эвтектоидной стали.
29. Изотермические диаграммы распада переохлажденного аустенита по диффузионному механизму в сталях. Перлит, сорбит, троостит охлаждения.
30. Мартенситное превращение в сплавах железо-углерод. Морфология, кинетика. Остаточный аустенит.
31. Поведение углерода при протекании мартенситного превращения в сталях. Пересыщенные твердые растворы по углероду.
32. Влияние легирующих элементов на протекание мартенситного превращения в сталях.
33. Влияние деформирования аустенита на мартенситное превращение металлов.
35. Влияние скорости охлаждения на механические свойства сталей.
36. Основные закономерности распада пересыщенных твердых растворов при старении.
37. Формирование структуры сплавов при старении.

38. Трансформация механических свойств в процессе старения твердых растворов.
39. Влияние температуры на процессы старения пересыщенных твердых растворов.
40. Естественное и искусственное старение сплавов.
41. Основные типы сплавов, при упрочнении которых используется дисперсионное твердение.
42. Закалочные среды при термической обработке металлов.
43. Основные группы химических элементов, формирующих химический состав сплавов черных металлов.
44. Основные и дополнительные легирующие элементы сталей.
45. Классификация сплавов железо-углерод на основе их применения и изменения содержания углерода.
46. Классификация сплавов черных металлов на основе их применения и легирования дополнительными легирующими элементами.
47. Отжиг I и II-рода.
48. Закалка без и с полиморфным превращением.
49. Отпуск сталей.
50. Цветные металлы и их сплавы.
51. Медь и ее сплавы. Особенности маркировки и использования.
52. Алюминий и его сплавы. Особенности маркировки и использования.
53. Никель и его сплавы. Особенности маркировки и использования.

2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов

1. Производство металлургического кокса. Его функции в доменной печи.
2. Процессы восстановления в доменной печи и критерии их оценки.
3. Сущность процесса производства железорудных окатышей.
4. Теплообмен в доменной печи.
5. Движение шихты и газов в доменной печи.
6. Распределение материалов по радиусу и окружности колошника.
7. Изменение температуры шихты и газов по высоте и радиусу доменной.
8. Образование чугуна и шлака в доменной печи.
9. Воздухонагреватели доменной печи с горелкой в куполе.
10. Загрузочные устройства доменной печи.
11. Удаление серы при агломерации.
12. Устройство для выпуска чугуна и шлака из доменных печей.
13. Десульфурация чугуна в горне доменной печи и во время выпуска.
14. Термодинамика и кинетика восстановления оксидов железа в доменной печи.
15. Закономерности теплообмена в слое агломерационной шихты.
16. Применение решения Шумана к расчету температур в слое.
17. Тепло- и массообмен при обжиге железорудных окатышей.
18. Основное дифференциальное уравнение тепло- и массообмена в процессе сушки окатышей.
19. Дифференциальное уравнение массообменных процессов при обжиге окатышей.
20. Восстановительный обжиг окатышей с целью металлизации.
21. Энергоэффективные и ресурсосберегающие режимы спекания агломерата и обжига окатышей.
22. Свойства реальных рудных расплавов в процессе их восстановления на коксовой насадке в доменной печи.

23. Физическая природа структуры сухого и орошаемого слоя в доменной печи.
24. Особенности сопротивления орошаемого слоя, пределы орошения, явления захлебывания и критерии Шервуда-Жаворонкова.
25. Закономерности теплообмена в современной доменной плавке.
26. Три способа составления общего теплового баланса доменной плавки.
27. Отражение двухстадийной теории в методике составления тепловых балансов, анализ отдельных статей общего теплового баланса доменной плавки.
28. Выражение каждой статьи теплового баланса через непрерывную информацию о ходе доменной печи.
29. Новые взгляды на оценку теплового состояния доменной печи, основанные на особенностях теплообменных, гидродинамических и восстановительных процессов в доменной печи.
30. Основные принципы управления тепловым состоянием доменной печи.
31. Закономерности инжекции топлив и анализ воздействий на тепловое состояние доменной печи. Условия инжекции топлив. Расчет эквивалентов замещения по условиям инжекции. Лимитирующие условия. Качественный анализ воздействия на тепловое состояние верха и низа доменной печи.
32. Устройство кислородного конвертера. Футеровка конвертера.
33. Обработка стали в агрегате «печь-ковш».
34. Окисление железа при выплавке стали.
35. Устройство современной дуговой сталеплавильной печи.
36. Вакуумная обработка стали в ковше.
37. Окисление углерода при выплавке стали. Роль реакций окисления углерода.
38. Азот в стали. Способы снижения содержания азота в стали.
39. Сущность способа непрерывной разливки стали, его преимущества перед разливкой стали в изложницы.
40. Окисление и восстановление фосфора в сталеплавильных процессах. Удаление серы в сталеплавильных процессах.
41. Конвертерные процессы с комбинированной продувкой.
42. Кристаллическое строение непрерывнолитых заготовок. Современная теория кристаллизации стали.
43. Химический состав, строение и свойства жидких шлаков сталеплавильного производства.
44. Современное состояние металлургии тяжелых цветных металлов в России и за рубежом.
45. Теоретические основы автогенных способов плавки сульфидных концентратов.
46. Принципы реализации схем безотвальной технологии на заводах цветной металлургии Урала.
47. Основные направления интенсификации огневого и электролитического рафинирования меди.
48. Особенности производства никеля из окисленных и сульфидных никелевых и медно-никелевых руд в России и за рубежом.
49. Особенности обеднения шлаков автогенных процессов и конвертерных шлаков. Получение элементарной серы из отходящих газов.
50. Способы переработки свинцовых шлаков текущей выдачи из шлаковых отвалов прошлых лет.
51. Современные непрерывные процессы рафинирования чернового свинца.
52. Анализ схем извлечения цинка из сульфидных концентратов без предварительного обжига.

53. Гидрометаллургические схемы переработки коллективных сульфидных концентратов и промпродуктов.
54. Теоретические основы и технология электрохимического растворения огарков, концентратов, вторсырья.
55. Принципы комплексной переработки цинксодержащих редкометалльных пылей.
56. Теоретические основы, особенности и практика осуществления ярозит-, гетит-, гематит-процессов.
57. Свойства и применение сплавов магния.
58. Способы получения сплавов магния.
59. Электролитическое приготовление лигатур.
60. Получение синтетического карналлита.
61. Способы получения магния.
62. Требования к сырью электролиза.
63. Конструкции магниевых электролизеров.
64. Алюминиевые минералы и руды.
65. Модификации Al_2O_3 .
66. Способы получения, свойства и применение давсонита, псевдобемита, активной окиси алюминия.
67. Сущность способа Байера. Способ Байера. Поведение примесей.
68. Способ спекания. Реакции основные.
69. Кислотные способы, достоинства и недостатки.
70. Строение алюминатных растворов.
71. Сырьевая база глиноземного производства в России.
72. Основные технологические схемы глиноземного производства.
73. Строение щелочно-алюминатных растворов.
74. Основы электрометаллургии алюминия.
75. Механизм электродных процессов при электролизе алюминия.
76. Конструкции алюминиевых электролизеров.
77. Низкотемпературный электролиз. Состояние, перспективы и развитие.
78. Свойства и применение титана.
79. Технология получения $TiCl_4$.
80. Технология получения губчатого титана.
81. Натрийтермический способ получения титана.
82. Сравнение магнийтепмического и натрийтепмического способов получения титана.
83. Основные месторождения титановых руд.
84. Подготовка шихты для хлорирования.
85. Электролитические способы получения титана.
86. Технология приготовления изделий из титана.
87. Тепло- и массообмен в плавильной ванне. Механизм процесса плавления с учетом массообменных процессов (науглероживание, расплавление ферросплавов).
88. Тепло- и массообмен в барботирующей сталеплавильной ванне. Расчетные зависимости переноса тепла и массы при барботировании.
89. Тепло- и массообмен при непрерывной разливки стали.
90. Теплотехнические особенности автоматизации конверторного производства.
91. Методы и анализ процессов сложного теплообмена. Одномерная схема, дифференциальное уравнение и его решения.

92. Зональный метод расчета. Способы определения угловых разрешающих коэффициентов излучения.
93. Усовершенствование зональных методов расчета. Учет спектральных характеристик участвующих в теплообмене сред. Определение локальных характеристик теплообмена.
94. Учет конвективной составляющей. Анализ продольных лучистых потоков.
95. Математические зональные модели плавильных и нагревательных печей.
96. Определение основных характеристик факела. Длина факела, радиационные характеристики, положение факела относительно тепловоспринимающей поверхности и кладки, аэродинамические характеристики факела.
97. Современные представления о влиянии основных характеристик факела на процессы теплообмена. Длина факела, светимость, учет спектральных характеристик факела, кладки и металла. Положение факела относительно тепловоспринимающей поверхности и кладки.
98. Особенности прямого и косвенного режима теплообмена в плавильных и нагревательных печах.
99. Взаимное действие лучистой и конвективной составляющих теплообмена. Оптимизация процессов теплообмена в плавильных и нагревательных печах.
100. Теоретические основы физического моделирования тепло- и массообменных процессов в металлургических печах.
101. Методика моделирования процессов движения газовой среды и теплообмена в металлургических печах.
102. Планирование экспериментального исследования процессов тепло-и массообмена в металлургических печах. Обработка и анализ результатов исследования.
103. Структура теплового баланса плавильных и нагревательной печи в металлургии.
104. Основные показатели тепловой работы печей в металлургии и их анализ.
105. Существующие математические модели тепло- и массообменных процессов в доменных печах.
106. Существующие математические модели тепло- и массообменных процессов в сталеплавильных печах.
107. Существующие математические модели тепло- и массообменных процессов в нагревательных печах.
108. Оптимизация режимов нагрева по разным целям: максимума производительности, минимума угара и расхода топлива.
109. Особенности применения информационно-моделирующих системы для управления технологическими процессами в металлургии (по переделам).

2.6.3. Литейное производство

1. Способы заливки литейных форм.
2. Гомогенная и гетерогенная кристаллизация.
3. Закономерности истечения металла из стопорного и поворотного ковшей.
4. Наследственность металлов, ее влияние на свойства отливок, методы устранения наследственности.
5. Изменение свойств металлов при нагреве, плавлении и перегреве.
6. Литниковые системы, их назначение и типы.
7. Модифицирование расплавов, виды модификаторов.
8. Влияние природы металла на характер окисления.
9. Улавливание шлака в литниковых системах.

10. Ликвация компонентов сплавов в отливках. Способы уменьшения химической неоднородности отливок.
11. Взаимодействие металлов с водородом, азотом и сложными газами.
12. Объемная усадочная раковина и усадочная пористость.
13. Причины образования газовой пористости в отливках.
14. Жидкотекучесть расплавов, виды жидкотекучести и факторы, влияющие на нее.
15. Линейная и литейная усадка сплава. Факторы, влияющие на величину линейной и литейной усадки.
16. Неметаллические включения, их природа, влияние на структуру и свойства отливок.
17. Заполняемость форм, влияние материала формы и свойств расплава на заполняемость.
18. Факторы, влияющие на напряженное состояние отливки.
19. Механизм растворения газов в металле.
20. Дефекты отливок, обусловленные низкой жидкотекучестью расплава.
21. Меры предотвращения образования трещин в отливках.
22. Механизм растворения газов в металле. Защита расплавов от газонасыщения.
23. Способы дегазации расплава.
24. Способы рафинирования расплава от неметаллических включений.
25. Способы рафинирования расплава от растворимых примесей.
26. Структурные зоны, образующиеся в отливках при затвердевании. Факторы, влияющие на величину структурных зон в отливках.
27. Методы исследования процесса затвердевания отливок.
28. Влияние конфигурации отливок на продолжительность их затвердевания.
29. Предусадочное расширение. Изменение объема отливки, связанное с фазовыми превращениями при охлаждении сплава.
30. Напряжения в отливках, их виды. Факторы, влияющие на напряженное состояние отливки.
31. Горячие трещины и коробление отливок. Меры предотвращения образования трещин в отливках.

2.6.4. Обработка металлов давлением

1. Тензор напряжений. Главные нормальные напряжения. Инварианты тензора напряжений.
2. Инвариантные характеристики напряженного состояния.
3. Тензор скорости деформации и его свойства. Уравнение неразрывности.
4. Инвариантные характеристики деформированного состояния.
5. Система дифференциальных уравнений теории пластичности и её упрощения.
6. Виды и законы трения в процессах обработки металлов давлением.
7. Смазки, их назначение и основные требования к ним.
8. Обобщенная кривая упрочнения при холодной деформации.
9. Методы определения сопротивления металла холодной деформации.
10. Определение сопротивления деформации с учетом температуры, скорости деформации и предыстории деформирования.
11. Очаг деформации при продольной прокатке. Кинематика течения металла в очаге деформации.
12. Захват металла в гладких валках в двух- и многовалковых калибрах.
13. Контактные напряжения при продольной прокатке и факторы, их определяющие.
14. Особенности распределения деформаций при прокатке в простых и сложных калибрах.
15. Уширение при прокатке и факторы, его определяющие.

16. Физическая сущность процесса непрерывной прокатки и его основные закономерности.
17. Технологические схемы производства сортового проката (крупносортного, среднесортного, мелкосортного, катанки).
18. Технологические схемы производства листового проката (толстолистного, тонколистового горячекатаного, тонколистового холоднокатаного).
19. Процессы винтовой прокатки: схема процессов, их кинематика, элементы конструкций станов.
20. Расчет обжатий, силовые условия винтовой прокатки.
21. Прокатка на автомат-станах, схема процесса, его кинематика.
22. Прокатка на непрерывных станах, схема процесса, его кинематика.
23. Основные разновидности процессов холодной прокатки труб: прокатка на станах ХПТ, ХПТР. Элементы конструкций оборудования.
24. Технологические схемы производства горячекатаных труб.
25. Технологические схемы производства холоднокатаных труб.
26. Способы волочения труб (здесь про трубы только?).
27. Особенности волочения сплошных некруглых профилей и труб.
28. Принципы проектирования маршрутов волочения.
29. Технологические схемы производства сплошных профилей методами волочения.
30. Технологический схемы производства труб методами волочения.
31. Виды процесса прессования металла.
32. Течение металла и напряженно-деформированное состояние при прессовании круглого прутка, профилей, труб.
33. Силовые условия прямого и обратного прессования металла.
34. Прессовый инструмент, условия его работы и основы прочностных расчетов и проектирования.
35. Геометрические параметры очага деформаций при осадке и протяжке, их влияние на распределение напряжений и деформаций.
36. Особенности трения на поверхности контакта инструмента с металлом.
37. Среднее контактное напряжение и усилие при осадке.
38. Принципы разработки технологииковки.
39. Принципы разработки технологии горячей объемной штамповки.

2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы

1. Механические методы производства порошков, получение порошков распылением жидких металлов, сплавов и соединений.
2. Физико-химические способы производства металлических порошков.
3. Электрохимические процессы получения порошков. Технология производства электрохимических порошков из водных растворов и расплавленных сред.
4. Технология изготовления порошков железа и никеля разложением карбониллов, получение ультрадисперсных порошков металлов, тугоплавких соединений.
5. Физические основы и способы получения аморфных и мелкокристаллических порошков.
6. Состав, структура и основные свойства порошков (физические и технологические), методы исследования и контроля.
7. Процессы подготовки порошков: отжиг, гомогенизация, довосстановление, классификация и разделение порошков на фракции по размерам частиц, составление смесей.
8. Влияние процессов подготовки и смешивания порошков на свойства смесей и спеченных

изделий. Контроль качества смешивания.

9. Классификация методов формования. Общая характеристика процессов уплотнения порошков, деформационный механизм уплотнения порошковых тел. Уравнения прессования, зависимость плотности брикета от давления прессования, распределение напряжений и плотности при прессовании изделий сложной формы.

10. Технология холодного прессования в закрытых пресс-формах, изостатическое прессование, непрерывное формование, технология мундштучного прессования, импульсное прессование.

11. Основные характеристики динамического (ударного) холодного и горячего прессования. Различные виды взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневматического прессования.

12. Инжекционное формование, шликерное формование, особенности формования металлических волокон, прочность изделий из металлических волокон.

13. Дефекты кристаллической решетки, диффузия, ползучесть и рекристаллизация в металлах и сплавах.

14. Механизмы процессов спекания однокомпонентных систем. Основные стадии процесса спекания.

15. Закономерности и кинетика спекания многокомпонентных систем без образования жидкой фазы.

16. Пористые материалы: подшипники, металлические фильтры, уплотнительные материалы, электроды и пластины аккумуляторов.

17. Беспористые и малопористые антифрикционные материалы, фрикционные материалы. 18. Электрические и магнитные материалы, конструкционные порошковые материалы, износостойкие материалы.

19. Тугоплавкие металлы: вольфрам, молибден, рений, сплавы вольфрама и молибдена с рением, тантал, ниобий, титан, цирконий.

20. Тугоплавкие и твердые бескислородные соединения. Общая характеристика нитридов, карбидов, боридов, силицидов, гидридов, халькогенидов. Кристаллическая и электронная структура, природа межатомных связей, физико-химические свойства тугоплавких соединений.

21. Материалы на основе тугоплавких соединений. Классификация и свойства огнеупорных материалов.

22. Керамические порошковые материалы, их свойства и область применения.

23. Инструментальные материалы: твердые сплавы, безвольфрамовые твердые сплавы, минералокерамические твердые сплавы.

24. Углеродграфитные материалы и графит. Технология производства искусственного графита. Графитопластовые материалы. Силицированный графит. Области применения.

25. Классификация композитов. Дисперсно-упрочненные, волокнистые, многослойные и направленно закристаллизованные композиты.

26. Понятие о матрице и арматуре, их функции в композите и требования, предъявляемые к ним.

27. Физико-химическое взаимодействие компонентов композита, классификация композитов по типу взаимодействия его компонентов.

28. Понятие о термодинамической, кинетической и механической совместимости компонентов композита. Термические и фазовые напряжения в композитах. Пути оптимизации взаимодействия компонентов композита.

29. Механизм повышения сопротивления пластической деформации и упрочнения композитов

частицами. Основные принципы выбора упрочняющих частиц. Зависимость механических свойств от размера частиц и расстояния между ними.

30. Дисперсно-упрочненные композиты на основе алюминия и никеля. Их получение, свойства и применение.

31. Особенности и свойства волокнистых композитов. Зависимость прочности от содержания волокон. Критическая объемная доля волокон.

32. Механизм передачи нагрузки с матрицы волокна. Зависимость прочности от длины волокон. Критическая длина и критический параметр волокон.

33. Микромеханика и характер разрушения. Влияние анизотропии упругих свойств на концентрацию напряжений около трещины в композите. Работа разрушения.

34. Технологические схемы получения волокнистых композитов и изделий пропиткой на проход в автоклаве.

35. Многослойные композиты. Их свойства и преимущества перед обычными материалами.

36. Механические свойства при статистическом и динамическом нагружении, зависимость механических свойств от геометрических характеристик слоев, их числа и последовательности укладки.

37. Механизм деформации и разрушения многослойных композитов. Влияние состояния поверхности раздела между слоями на свойства композитов.

38. Технологические схемы и применение многослойных композитов.

39. Характеристика, физико-механические свойства, термическая стабильность и жаропрочность, применение направленно закристаллизованные композиты.

2.6.7. Технология неорганических веществ

1. Термодинамические свойства неорганических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Тепловой эффект химической реакции.

2. Критерии термодинамического равновесия систем и самопроизвольности протекания процессов.

3. Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса, энергия активации, способы ее определения.

4. Гетерогенные системы. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем.

5. Основные технологические процессы в производстве и переработке неорганических веществ.

6. Высокотемпературные гетерогенные процессы разложения и синтеза. Плазмохимические процессы.

7. Промышленные каталитические процессы, примеры использования катализаторов. Активность и селективность катализаторов.

8. Современные проблемы технологии неорганических веществ, их происхождение и основные подходы к решению.

9. Особенности процессов разделения веществ и технические способы их реализации.

10. Комплексная переработка минерального сырья и техногенных образований. Современные перспективные тенденции в этой области.

11. Природа и классификация адсорбентов, основные свойства и структура, применение. Изотермы адсорбции Гиббса и Лэнгмюра.

12. Иониты, их классификация, основные требования, области применения в химико-технологических процессах.

13. Свойства, применение и способы получения инертных газов, азота, кислорода, водорода
14. Технология производства аммиака и азотной кислоты. Их свойства и применение.
15. Сода, поташ, гидроксиды натрия и калия. Свойства и применение. Способы получения.
16. Основные способы получения солей и реактивов минеральных и органических кислот. Классификация, свойства и применение.
17. Методы анализа и глубокой очистки веществ.
18. Принципы выбора технологических схем производства материалов высокой степени чистоты.
19. Технологии производства минеральных удобрений. Их классификация и свойства. Основные тенденции производства удобрений на основе фосфатного сырья.
20. Принципиальные отличия природного минерального сырья и техногенных отходов с точки зрения возможности вовлечения последних в действующие производственные циклы.
21. Способы обезвреживания и очистки газообразных отходов от соединений серы, азота, углерода.
22. Причины загрязнения природных вод в современных условиях и возможные пути решения проблемы рационального использования водных ресурсов на предприятиях.

2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

1. Выщелачивание, сопровождающееся химическими реакциями. Кинетика выщелачивания.
2. Особенности реакций в смесях твёрдых веществ. Термодинамика реакций с участием твёрдых веществ. Кинетика и механизм спекания.
3. Термодинамика реакций хлорирования металлов и оксидов газообразным хлором и хлористыми соединениями.
4. Термодинамика ионного обмена (константа равновесия, коэффициент распределения и разделения, изотопного ионного обмена).
5. Термодинамика процесса экстракции (коэффициенты распределения, разделения, извлечения). Типы экстрагентов. Кинетика процесса экстракции.
6. Восстановление оксидов урана.
7. Термодинамика металлотермических процессов.
8. Закономерности процесса прессования порошков.
9. Использование урана в качестве ядерного топлива (ЯТ) и материала для получения плутония в ядерных реакторах.
10. Кислотные и щелочные методы вскрытия урановых руд и концентратов.
11. Способы первичной и тонкой очистки урана с получением концентратов и соединений урана.
12. Технология получения соединений урана: диоксида, закиси-окиси, тетрафторида и гексафторида.
13. Металлотермические и электролитические методы получения металлического урана и его сплавов из его оксидов и тетрафторида.
14. Промышленные минералы циркония и гафния. Вскрытие цирконовых концентратов.
15. Разделение циркония и гафния.
16. Получение металлических циркония и гафния
17. Характеристика облучённого ядерного топлива. Факторы, определяющие состав ОЯТ.
18. Водные методы переработки ОЯТ.
19. Характеристика экстрагентов, используемых в радиохимической промышленности.

20. Получение и свойства важнейших соединений плутония.
21. Металлический плутоний: физические и химические свойства; способы получения.
22. Газофторидная технология переработки ОЯТ.
23. Пироэлектрохимические методы регенерации ОЯТ.
24. Пироэлектрохимическая регенерация облучённого оксидного смешанного (уран-плутониевого) топлива реакторов БН в солевых расплавах.
25. Пироэлектрохимическая переработка облучённого металлического смешанного топлива в солевых расплавах с использованием жидкометаллических электродов.

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

1. Основные электрохимические явления при электролизе. Законы Фарадея.
2. Природа и механизм возникновения электродного потенциала. Термодинамическая формула для равновесного электродного потенциала.
3. Строение двойного электрического слоя на границе электрод-электролит.
4. Кинетика электрохимических процессов. Диффузионное перенапряжение. Электрохимическое перенапряжение. Основные положения теории замедленного разряда.
5. Основные закономерности смешанной кинетики.
6. Перенапряжение кристаллизации.
7. Характеристика основных методов исследования электрохимических процессов
8. Метод электрохимического импеданса
9. Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику процесса электроосаждения и структуру осадков
10. Характеристика основных процессов электролитического получения металлов в компактной и порошкообразной форме.
11. Основные закономерности анодного растворения металлов.
12. Теория совместного разряда ионов. Электроосаждение сплавов. Электрокристаллизация и структура сплавов.
13. Теоретические основы работы и конструкции основных химических источников тока. Характеристики ХИТ.
14. Пассивность металлов. Пленочная, адсорбционная теория пассивности. Солевая пассивность. Электрохимическая коррозия металлов.
15. Поляризационные методы исследования коррозионных процессов.
16. Электрохимические методы защиты от коррозии.
17. Физико-химические свойства расплавов: поверхностное натяжение, вязкость расплава, плотность расплава, электропроводность расплавленных солей.
18. Типы диаграмм состояния. Правило фаз.
19. Строение расплавленных солей.
20. Виды гальванических покрытий и их назначение.
21. Распределение тока и металла при электроосаждении металлов. Микрорассеивающая и выравнивающая способность электролитов.
22. Теоретические основы процесса электролитического рафинирования меди. Поведение примесей в электролите и пути перехода их в катодный осадок.
23. Электролиз воды. Основные типы электролизеров для получения водорода.

2.6.10. Технология органических веществ

1. Основные характеристики химических процессов. Типы используемых реакторов. Растворители и их роль. Классификация реакций. Количественные характеристики химического процесса.
2. Термодинамические свойства органических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса и его применение.
3. Константа равновесия химических реакций. Критерии термодинамического равновесия систем и самопроизвольности протекания процессов.
4. Кинетика органических реакций. Кинетический анализ простых реакций. Кинетическое уравнение химического процесса и элементарной реакции. Формальная кинетика. Константа скорости химической реакции.
5. Виды катализа, стадии протекания. Промышленные каталитические процессы, примеры использования катализаторов.
6. Общие принципы реакционной способности органических соединений
7. Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом ядре.
8. Присоединение по кратным углерод-углеродным связям. Общие закономерности и примеры.
9. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе. Закономерности и особенности реакций.
10. Перициклические превращения. Основные закономерности. Правила Вудворда-Хоффмана.
11. Электрофильное замещение в ароматическом ряду. (реакции алкилирования, ацилирования, галогенирования, сульфирования и нитрования).
12. Алканы и галогенпроизводные алканов. Получение и реакции.
13. Алкены и диены. Методы получения и реакции.
14. Алкины. Методы получения, особенности строения и реакции.
15. Спирты и простые эфиры. Методы синтеза и реакции.
16. Альдегиды и кетоны. Методы синтеза и реакции.
17. Карбоновые кислоты и их производные. Синтез и направления использования.
18. Ароматические и алифатические амины. Методы синтеза, особенности реакционной способности и наиболее характерные превращения.
19. Ароматические гетероциклические соединения (пиридины, хинолины изохинолины, диазины, пирролы, тиофены, фураны, индолы, пиразолы, триазолы, тиазолы)
20. Органические полимеры и химия новых органических материалов.

2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

1. Классификация процессов получения жидких компонентов топлив, смазочных материалов, нефтяных вяжущих материалов и твердых углеводородов
2. Современные методы исследования углеводородного сырья
3. Общие принципы приготовления и классификация товарных нефтепродуктов
4. Физико-химико-механические и эксплуатационные свойства бензинов, дизельных, реактивных, газотурбинных и котельных топлив, масел, пластичных смазок и технических жидкостей

5. Основные направления технического процесса в области переработки нефтяного сырья.
6. Физические и физико-химические методы исследования строения углей.
7. Физические свойства углей: теплотворная способность, плотность, прочность, электропроводность, теплоемкость, теплопроводность и их изменения в зависимости от степени углефикации
8. Процессы, протекающие при коксовании спекающихся углей и угольных шихт.
9. Ассортимент углеродных сорбентов (пористых углеродных материалов), получаемых на основе ископаемых углей, и требования к качеству сорбентов
10. Графитированные электроды для выплавки чугуна и стали, катодные блоки для футеровки электролизеров при выплавке алюминия, угольные электроды для выплавки кремния
11. Коксы: нефтяные, пековый, сланцевый и др.
12. Роль связующих в производстве углеродных материалов. Виды используемых связующих. Характеристика связующих.
13. Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели
14. Уравнения и граничные условия гидродинамики.
15. Гидродинамика тонких стекающих пленок. Струйные течения
16. Диффузия к сферической частице, капле и пузырю в линейном сдвиговом потоке при малых числах Рейнольдса и любых числах Пекле
17. Структура и структурные связи твердых дисперсных сред.
18. Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем. Сушилки с псевдооживленным и движущимся слоем.
19. Гетерогенные каталитические реакторы, классификация каталитических реакторов по конструктивному и гидродинамическим признакам
20. Массоперенос в поступательном потоке при малых числах Пекле.
21. Правило фаз, методы построения и основные типы диаграмм состояния.
22. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.
23. Основные закономерности формирования фазового состава СиТНМ.
24. Механизмы и кинетика твердофазных реакций.
25. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Влияние химического и фазового состава и эксплуатационные характеристики СиТНМ.
26. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния. Химические реакции в гетерогенных системах.
27. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки неорганических продуктов.
28. Основные процессы в технологии неорганических веществ.
29. Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Промышленные каталитические процессы, примеры использования катализаторов.

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

1. Измельчение твердых материалов. Физико-химические основы измельчения.
2. Разделение газовых неоднородных систем под действием силы тяжести. Скорость осаждения.

3. Расчет аппаратов для разделения газовых неоднородных систем.
4. Особенности и закономерности разделения газовых неоднородных систем под действием инерционных и центробежных сил.
5. Центробежные пылеуловители – циклоны. Принцип работы, область применения, оценка работы.
6. Электрическая очистка газа от пыли и тумана. Электроосадители: принцип работы, скорость осаждения и степень улавливания пыли.
7. Промывка газа от пыли и тумана. Скрубберы: принцип работы, конструктивные особенности, область применения, достоинства и недостатки.
8. Фильтрация газов. Конструкции и принцип работы фильтров.
9. Фильтрация жидких неоднородных систем. Теория фильтрации. Основное уравнение фильтрации.
10. Конструкции фильтров: принципы работы, области применения, сравнительная характеристика.
11. Конструкции центрифуг и принцип их работы.
12. Нагревание, охлаждение, конденсация. Механизмы передачи тепла.
13. Передача тепла теплопроводностью.
14. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
15. Передача тепла конвекцией.
16. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье – Кирхгофа.
17. Критериальное уравнение конвективного теплообмена.
18. Механизм переноса тепла от среды к среде через разделяющую плоскую однослойную и многослойную стенку.
19. Механизм излучения и поглощения тепла.
20. Закон Стефана – Больцмана. Закон Кирхгофа.
21. Теплообмен излучением между твердыми телами.
22. Совместная передача тепла конвекцией и излучением.
23. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты. Принцип работы, конструктивные особенности, выбор направления движения сред, достоинства и недостатки.
24. Теплоотдача от конденсирующего пара.
25. Аппараты для нагрева паром.
26. Потери тепла и тепловая изоляция.
27. Расчет потерь тепла и толщина теплоизоляции аппарата.
28. Поверхностное испарение и кипение.
29. Материальный и тепловой баланс выпаривания.
30. Закономерности теплоотдачи от стенки к кипящей жидкости.
31. Кипение в большом объеме и в трубах.
32. Явления, сопровождающие выпаривание растворов, и меры по их устранению.
33. Конструкция выпарного аппарата с естественной циркуляцией и принцип работы.
34. Конструкция выпарного аппарата с принудительной циркуляцией и принцип работы.
35. Распределение полезной разности температур многокорпусных выпарных установок по корпусам.
36. Многокорпусные выпарные установки.
37. Преобразование дифференциальных уравнений переноса массы методами теории подобия. Критериальное уравнение конвективного массообмена. Основное уравнение массопередачи.
38. Конструкция насадочного абсорбера. Принципы работы.

39. Конструкции тарелок.
40. Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Методы сушки.
41. Классификация влажных материалов, формы связи влаги с твёрдым материалом, основные виды влаги.
42. Материальный и тепловой балансы сушки.
43. Теоретическая и действительная сушка. Кинетика сушки.
44. Способы сушки влажных материалов: конвективная сушка, сублимационная сушка, комбинированные способы.
45. Основные кинетические закономерности процесса сушки: кривые сушки и кривые
46. скорости процесса, уравнение массопереноса при сушке, продолжительность процесса.
47. Конструкция и принцип работы барабанной сушилки.
48. Материальный баланс ректификационной колонны. Флегмовое число.
49. Жидкостная экстракция. Кинетика экстракции.
50. Конструкции экстракторов.
51. Кристаллизация. Определение процесса кристаллизации и практическое применение процесса.
52. Кинетика процесса кристаллизации.
53. Конструкции кристаллизаторов.

2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

1. Правило фаз, методы построения и основные типы диаграмм состояния.
2. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.
3. Основные закономерности формирования фазового состава СИТНМ.
4. Механизмы и кинетика твердофазных реакций.
5. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов.
6. Влияние химического и фазового состава и эксплуатационные характеристики СИТНМ.
7. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки неорганических продуктов.
8. Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов.
9. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст).
10. Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формирования.
11. Основные способы и технологические характеристики процессов формирования изделий в технологии СИТНМ.
12. Процессы тепло- и массообмена при сушке СИТНМ., основные типы сушильных агрегатов.
13. Условия и способы теплопередачи при обжиге, основные типы тепловых агрегатов.
14. Процессы спекания, их классификация, стадии спекания.
15. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации.
16. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов.

17. Способы и процессы получения оксидных расплавов.
18. Кристаллизация расплавов. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов. Особенности процессов роста кристаллов из слабо и сильно пересыщенных расплавов.
19. Новые процессы получения СиТНМ: выращивание нитевидных кристаллов, плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.
20. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов и особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.

2.6.17. Материаловедение

1. Закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.
2. Теоретические и прикладные проблемы стандартизации новых материалов и технологических процессов их производства, обработки и переработки.
3. Разработка и компьютерная реализация математических моделей физико-химических, гидродинамических, тепловых, хемореологических и деформационных превращений при производстве, обработке, переработке и эксплуатации различных материалов.
4. Способы повышения коррозионной стойкости материалов в различных условиях эксплуатации.
5. Физические, химические и механические свойства металлов.
6. Понятие о сплаве. Строение сплавов. Механическая смесь, твердый раствор, химические соединения.
7. Диаграммы состояния сплавов, компоненты которых образуют механическую смесь и твердый раствор. Правило отрезков. Связь между свойствами сплавов и типом диаграмм.
8. Диаграмма состояния «железо – углерод». Аллотропические превращения железа. Простые структуры железоуглеродистых сплавов: аустенит, феррит, цементит.
9. Диаграмма состояния «железо – углерод» (процесс первичной кристаллизации). Линии превращения, точки диаграммы.
10. Диаграмма состояния «железо – углерод» (процесс вторичной кристаллизации), сложные структуры железо – углеродистых сплавов: перлит, ледебурит.
11. Углеродистые стали. Состав углеродистых сталей. Постоянные примеси в стали. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали.
12. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества. Их маркировка по ГОСТ, свойства и применение. Углеродистые конструкционные стали качественные. Марки. Применение.
13. Углеродистые инструментальные стали. Режущие свойства. Применение.
14. Производство чугунов. Классификация чугунов. Химический состав чугунов. Графит. Форма и размеры его включений. Влияние примесей на свойства чугунов.
15. Механические свойства серого чугуна. Марки серых чугунов и применение.
16. Модификация чугунов. Ковкий и высокопрочный чугун. Получение, свойства применение чугунов.
17. Сущность и назначение термической обработки стали. Превращение аустенита при непрерывном охлаждении. Режимы термообработки.
18. Виды термической обработки стали. Факторы, влияющие на термическую обработку. Отжиг и нормализация стали. Закалка стали, сущность и назначение.

19. Влияние закалки на структуру и свойства стали.
20. Отпуск стали. Сущность, назначение, виды отпуска, температурные режимы. Влияние отпуска на структуру и свойства стали. Обработка холодом.
21. Химико-термическая обработка стали, ее сущность, виды и назначение.
22. Конструкционные легированные стали. Определение легированной стали. Влияние легирующих элементов на свойства стали. Классификация, маркировка, свойства и применение легированных сталей.
23. Инструментальные легированные стали, требования, марки и применение.
24. Медь и ее сплавы. Производство меди. Медные руды, их обогащение. Выплавка штейна и получение черновой меди. Рафинирование меди. ГОСТ на марки товарной меди.
25. Сплавы меди. Классификация. Латуни. Влияние цинка на свойства латуни. Марки по ГОСТ. Применение латуни.
26. Алюминий и его сплавы. Сплавы алюминия. Деформируемые и литейные. Их марки по ГОСТ. Свойства и применение.
27. Титан и его сплавы. Производство титана. Обогащение титановых руд. Восстановительная плавка. Получение тетрахлорида титана. Переплавка титановой губки.
28. Технический титан и его сплавы, свойства технического титана, применение, марки по ГОСТ.
29. Металлокерамические сплавы и металлокерамические материалы. Химический состав, методы изготовления, свойства и область применения.
30. Абразивные материалы. Абразивные материалы. Классификация, свойства, маркировка и применение.
31. Конструкционные пластмассы. Классификация пластмасс в зависимости от поведения их при нагревании и в зависимости от вида наполнителя. Их состав, свойства, область применения.
32. Способы изготовления пластмассовых изделий: прямое и литьевое прессование, штамповка, литье под давлением, экструзия.
33. Резина. Резинотехнические изделия. Компоненты, входящие в состав резины. Классификация резиновых материалов. Технология производства резиновых изделий: приготовление резиновой смеси, переработка сырой резины в полуфабрикаты, вулканизация изделий. Состав резиновых материалов. Применение резиновых изделий в машиностроении.
34. Лакокрасочные покрытия, классификация, состав, свойства и применение. Наиболее распространенные лакокрасочные материалы: краски, лаки, эмали.
35. Клеи, классификация, свойства, марки, применение.
36. Смазочные материалы. Марки смазочных масел для смазки, консервации. Технология отдельных операций смазки и консервации.

2.6.18. Охрана труда, пожарная и промышленная безопасность

1. Определение эргономики. Виды совместимостей среды с характеристиками человека.
2. антропометрическая и энергетическая совместимость, основные рекомендации по их обеспечению. Информационная, биофизическая и психофизиологическая совместимость.
3. Классификация форм трудовой деятельности. Критерии и классификация условий труда по тяжести и напряженности трудового процесса.

4. Параметры производственной среды, влияющие на состояние здоровья человека. Классификация. Классы и степени вредности условий труда по факторам производственной среды.
5. Работа в опасных (экстремальных) условиях труда.
6. Что такое «предельно допустимый уровень». Понятия тяжести и напряженности труда.
7. Факторы, формирующие микроклимат производственных помещений. Механизм терморегуляции организма человека. Энергозатраты организма при выполнении различных видов работ.
8. Профессиональные заболевания, возникающие при отклонении параметров микроклимата от нормативных. Мероприятия по оздоровлению среды в горячих цехах. Мероприятия по предупреждению переохлаждения работающих.
9. Деление промышленных ядов по характеру их токсичности. Пути проникновения токсичных веществ в организм человека. Что такое предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны.
10. Классификация пыли. Методы определения концентрации пыли в воздухе. Меры борьбы с запыленностью воздуха производственных помещений.
11. Основные светотехнические характеристики. Единицы измерения освещенности. Определение коэффициента естественной освещенности. Виды источников искусственного освещения по назначению. Виды освещения в зависимости от источника светового потока.
12. Источники света искусственного освещения: лампы накаливания и люминесцентные лампы, их достоинства и недостатки. Светильники, их назначение. Защитный угол светильника. Системы и виды искусственного освещения.
13. Нормирование естественного освещения. Коэффициент естественного освещения. Кривая освещенности в характерном разрезе здания. Нормирование искусственного освещения. Разряды и подразряды зрительной работы.
14. Влияние шума на организм человека. Частотный диапазон слышимых человеком звуков. Инфразвук и ультразвук. Понятие октавной полосы, спектра шума. Среднегеометрическая частота. Уровень интенсивности звука, уровень звукового давления. Причины возникновения шума.
15. Нормирование шума. Понятие предельного спектра. Уровень звука в дБА. Понятие дозы шума. Нормирование ультразвука и инфразвука. Что такое коэффициент звукопоглощения? Что такое коэффициент звукопроводности?
16. Негативное воздействие вибрации. Основные характеристики вибрации. Классификация вибрации по способу передачи на человека. Категории вибрации в зависимости от источника ее возникновения.
17. Нормирование вибрации. Методы уменьшения вибрации.
18. Понятие электромагнитного поля (ЭМП). Зоны ЭМП в зависимости от расстояния от источника. Источники ЭМП и виды электромагнитных излучений. Действие ЭМП на организм человека.
19. Нормирование ЭМП промышленной частоты и статических полей. Нормирование электромагнитных полей радиочастот. Как определяется энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем? магнитным полем? Методы и средства защиты от воздействия ЭМП.
20. Опасность статического электричества.
21. Факторы, определяющие степень поражения током. Классификация помещений по опасности поражения током.

22. Назначение защитного заземления. Область применения защитного заземления в зависимости от номинального напряжения и характеристик помещения.
23. Принцип действия защитного зануления.
24. Принципы безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
25. Виды и основные задачи пожарной охраны. Государственная противопожарная служба, ее структура и основные функции.
26. Дать определение пожарной опасности веществ. Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов (назвать, дать определения).
27. Динамика развития пожара. Классификация пожаров в зависимости от характеристики горючей среды и горящего объекта.
28. Анализ пожарной опасности технологических процессов и порядок разработки противопожарных мероприятий. Мероприятия по предотвращению пожара. Мероприятия противопожарной защиты.
29. Классификация зданий и сооружений по (степени огнестойкости зданий и классам пожарной опасности).
30. Порядок определения параметров пожара. Условия локализации пожара.
31. Расчет избыточных давлений во фронте ударной волны (ΔP_f) при взрыве ГВС и ПВС.
32. Система управления промышленной безопасностью

4. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению производится по сто балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
80-100 баллов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. 2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине. 3. Делаются обоснованные выводы. 4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
60-79 баллов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. 2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. 3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. 4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
30-59 баллов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе. 2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины. 3. Имеются затруднения с выводами. 4. Определения и понятия даны не чётко.
0-29 баллов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине. 2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии. 3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Основная литература

1. Металловедение. Учебник. В 2-х томах. Т. I. Основы металловедения, Т. II. Термическая обработка. Сплавы / Под общей ред. В.С. Золоторевского. М.: МИСиС, 2009. Т. I – 496 с., Т. II - 528 с.
2. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. М.: МИСИС, 1998. 400 с.
3. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. М.: МИСИС, 1999. 408 с.
4. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСИС, 1999. 416 с.
5. Грачев С.В., Бараз В.Р., Богатов А.А., Швейкин В.П. Физическое металловедение. Екатеринбург. УГТУ-УПИ, 2009. 548 с.

Дополнительная литература

1. Физическое металловедение. Под ред. Р.Кана, в 3-х томах, М.: Металлургия, 1987.
2. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. 480 с.
3. Лахтин Ю.Н., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1985. 256 с.
4. Материаловедение / Под общ. ред. [Л.В. Тарасенко](#). М.: ИНФРА-М, 2012. 475 с.
5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
6. Материаловедение / Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 648 с.
7. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
8. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Войткун Ф. Материаловедение. СПб.: Химиздат, 2002. 696 с.
9. Березовская В.В., Березовский А.В. Коррозионно-стойкие стали и сплавы. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2019. 244 с.
10. Еланский Г.Н. Строение и свойства металлических расплавов. М.: Металлургия, 1991.
11. Новиков Н.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография. М.: МИСИС, 1994. 480 с.
12. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Пирайнен В.Ю. Специальные материалы в машиностроении. СПб.: Химиздат, 2004. 640 с.
13. Еланский Г.Н., Еланский Д.Г. Строение и свойства металлических расплавов. М.: МГВМИ, 2006. 228 с.
14. Чернов В.П. Теория расплавов. Магнитгорск: Изд-во МГТУ, 2012. 143 с.
15. Эшби М., Джонс Д. Конструкционные материалы. Полный курс. Перевод с английского. Долгопрудный: Издательский Дом интеллект, 2010. 672 с.

2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов

Основная литература

1. Металлургия чугуна / Под ред. Ю.С. Юсфина. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 774 с.
2. Современный доменный процесс. Введение. М. Геердес, Р. Ченьо. И. Курунов. О. Лингарди. Д. Риккетс. М.: Metallurgizdat, 2016. 280 с.
3. Основы теории и технологии доменной плавки / А.Н. Дмитриев, Н.С. Шумаков, Л.И. Леонтьев, О.П. Онорин. Екатеринбург: УрО РАН. 2005. 545 с.

4. Коротич В.И., Фролов Ю.А., Каплун Л.И. Теоретические основы технологий окускования металлургического сырья. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 417 с.
5. Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Белоусов В.В. и др. Теплотехника металлургического производства. Т. 1. Теоретические основы. М.: МИСИС, 2002. 608 с.
6. Кривандин В.А., Белоусов В.В., Сборщиков Г.С. и др. Теплотехника металлургического производства. Т. 2. Конструкция и работа печей. М.: МИСИС, 2002. 736 с.
7. Телегин А.С., Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. Теплообмен. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. 455 с.
8. Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. и др. Механика жидкости и газов / Под ред. В.С. Швыдкого. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 464 с.
9. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. М.: Мир. 2003, 528 с.
10. Бигеев А.М., Бигеев В.А. Металлургия стали. Магнитогорск. МГУ, 2000. 544 с.
11. Николаев И.В., Москвитин В.И., Фомин Б.А. Металлургия легких металлов. М.: Металлургия, 1997. 432 с.
12. Процессы и аппараты цветной металлургии / С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич, В.П. Жуков, Е.И. Елисеев, С.В. Карелов, А.Б. Лебедь, С.В. Мамяченков. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 700 с.
13. Лебедев В.А., Седых В.И. Металлургия магния. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. 173 с.
14. Лебедев В.А., Рогожников Д.А. Металлургия титана. Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2015. 194 с.
15. Логинова И.В., Кырчиков А.В. Производство глинозема. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2020. 224 с.
16. Кляйн С.Э., Козлов П.А., Набойченко С.С. Извлечение цинка из рудного сырья. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 491 с.

Дополнительная литература

1. Физическое металловедение. Под ред. Р.Кана, в 3-х томах, М.: Металлургия, 1987.
2. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. 480 с.
3. Лахтин Ю.Н., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1985. 256 с.
4. Материаловедение / Под общ. ред. [Л.В. Тарасенко](#). М.: ИНФРА-М, 2012. 475 с.
5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
6. Материаловедение / Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 648 с.
7. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
8. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Войткун Ф. Материаловедение. СПб.: Химиздат, 2002. 696 с.
9. Березовская В.В., Березовский А.В. Коррозионно-стойкие стали и сплавы. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2019. 244 с.
10. Еланский Г.Н. Строение и свойства металлических расплавов. М.: Металлургия, 1991.
11. Новиков Н.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография. М.: МИСИС, 1994. 480 с.
12. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Пирайнен В.Ю. Специальные материалы в машиностроении. СПб.: Химиздат, 2004. 640 с.
13. Еланский Г.Н., Еланский Д.Г. Строение и свойства металлических расплавов. М.: МГВМИ, 2006. 228 с.
14. Чернов В.П. Теория расплавов. Магнитгорск: Изд-во МГТУ, 2012. 143 с.
15. Эшби М., Джонс Д. Конструкционные материалы. Полный курс. Перевод с английского.

Долгопрудный: Издательский Дом интеллект, 2010. 672 с.

2.6.3. Литейное производство

Основная литература

1. Кукуй Д.М., Скворцов В.А., Андрианов Н.В. Теория и технология литейного производства. Ч. 1. Формовочные материалы и смеси. Минск; Москва: Новое знание, ИНФРА-М, 2011. 384 с.
2. Чернышов Е.А., Евлампиев А.А. Технология литейного производства. М.: Абрис, Высшая школа, 2012. 383 с.
3. Чернышов Е.А., Евлампиев А.А. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки. М.: Машиностроение, 2015. 480 с.
4. Беляев С.В., Леушин И.О. Основы металлургического и литейного производства. Ростов-на-Дону: Феникс, 2016. 206 с.
5. Вальтер А.И., Протопопов А.А. Основы литейного производства. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 330 с.

Дополнительная литература

1. Еланский Г.Н. Строение и свойства металлических расплавов. М.: Металлургия, 1991.
2. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Основы физической химии. М.: Металлургия, 1987.
3. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 360 с.
4. Чуркин Б.С., Гофман Э.Ф., Майзель С.Г. и др. Технология литейного производства. Екатеринбург: Изд-во УГППУ, 2000. 662 с.
5. Пикунов М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок. М.: МИСИС, 2005. 416 с.
6. Ри Хосен. Теория литейных процессов. Хабаровск: ХГТУ, 2001.
7. Еланский Г.Н., Еланский Д.Г. Строение и свойства металлических расплавов. М.: МГВМИ, 2006. 228 с.
8. Чернов В.П. Теория расплавов. Магнитгорск: Изд-во МГТУ, 2012. 143 с.
9. Ресурсо- и энергосбережение в литейном производстве / Г.Я. Вагин и др. М.: ФОРУМ, 2012. 272 с.
10. Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М., Бибииков Е.Л. Производство отливок из сплавов цветных металлов. М.: МИСИС, 2011. 504 с.
11. Чернышов Е.А., Евстигнеев А.И., Евлампиев А.А. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения и исправления. М.: Машиностроение, 2008. 282 с.
12. Шуляк В.С. Автоматические комплексы в литейном производстве. М.: МГИУ, 2008. 132 с.
13. Романов Л.М., Болдин А.Н. Литейные сплавы и плавка. Производство отливок из чугуна и стали. М.: МГИУ, 2008. 48 с.
14. Матвеев И.В. Оборудование литейных цехов. М.: МГИУ, 2009. 308 с.
15. Гини Э.Ч., Зарубин А.М., Рыбкин В.А. Специальные технологии литья. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 367 с.
16. Маляров А.И. Печи литейных цехов. М.: Машиностроение, 2014. 256 с.

2.6.4. Обработка металлов давлением

Основная литература

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. Екатеринбург: УГТУ-УПИ,

2001. 836 с. <https://bookree.org/reader?file=1504235>
2. Горячев Е.А. Обработка металлов давлением. Кузнечно-штамповочное производство. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2015. 34 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41264386>
3. Румянцев М.И., Кинзин Д.И. Теория прокатки. Магнитогорск: МГТУ, 2017. 188 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35107589>
4. Грудев А.П. Теория прокатки. М.: Металлургия, 2002. 240 с. <https://booksee.org/book/633681>
5. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. М.: Теплотехник, 2010. 490 с. <https://markmet.ru/kniga-po-metallurgii/kalibrovka-prokatnykh-valkov-1>
6. Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства. Санкт-Петербург: Наука, 2008. 540 с. <https://booksee.org/book/1334212>
7. Богатов А.А. Механические свойства и модели разрушения металла. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002.

Дополнительная литература

1. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков М.: Теплотехник, 2010.
2. Леванов А.Н. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009.
3. Тюрин В.А., Мохов А.И. Теория обработки металлов давлением. Волгоград: РПК «Политехник», 2000.
4. Гун Г.Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1983.
5. Логинов Ю.Н., Инатович Ю.В. Инструмент для прессования металлов. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. 224 с. <http://hdl.handle.net/10995/28288>.
6. Бурдуковский В.Г., Инатович Ю.В. Оборудование кузнечно-штамповочных цехов. Кривошипные машины. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2018. 168 с. <http://hdl.handle.net/10995/60939>.
7. Логинов Ю.Н., Постыляков А.Ю., Инатович Ю.В. Сортовая прокатка меди. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2020. 132 с. <http://hdl.handle.net/10995/93293>.
8. Богатов А.А., Павлов Д.А., Нухов Д.Ш. Винтовая прокатка непрерывно-литых заготовок из конструкционных марок стали. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2017. 164 с. <http://hdl.handle.net/10995/46975>.
9. Орлов Г.А. Холодная прокатка и волочение труб. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 188 с. <http://hdl.handle.net/10995/62834>.
10. Шимов Г.В., Буркин С.П. Основы технологических процессов обработки металлов давлением. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. 160 с. <http://hdl.handle.net/10995/26154>.
11. Логинов Ю.Н. Прессование как метод интенсивной деформации металлов и сплавов. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2016. 156 с. <http://hdl.handle.net/10995/40656>.

2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы

1. Гельфман, М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. Санкт-Петербург: Лань, 2005.
2. Процессы порошковой металлургии: в 2 т. / Г.А. Либенсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарицкий. М.: МИСиС, 2002.

3. Ржевская, С.В. Материаловедение: учебник для вузов / С.В. Ржевская. М.: Логос, 2006.
4. Зимон, А.Д. Коллоидная химия / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. М.: Изд-во Агар, 2001.
5. Андриевский Р.А. Порошковое материаловедение / Р.А. Андриевский. М.: Металлургия, 1991.
6. Андриевский, Р.А. Основы наноструктурного материаловедения / Р.А. Андриевский. М.: Металлургия, 2012.
7. Скороход, В.В. Физико-металлургические основы спекания порошков / В.В. Скороход, С.М. Солонин. М.: Металлургия, 1984.
8. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование. М.: Металлургия, 1992.
9. Кудинов В.В., Пекшев П.Ю. Нанесение покрытий плазмой. М.: Наука, 1990.
10. Никитин М.М. Технология и оборудование вакуумного напыления. М.: Металлургия, 1992.

2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

1. Торий в ядерном топливном цикле / В.Н. Власов, И.И. Жерин и др. – М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2006. – 360с.
2. Васин Б.Д., Волкович В.А. Неводные методы переработки облучённого ядерного топлива – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 79 с.
3. Половов И.Б., Абрамов А.В., Камалов Р.В. Ядерно-химическая технология тория – Екатеринбург: издательство Уральского университета, 2019. – 143 с.
4. Тураев Н.С., Жерин И.И., Химия и технология урана. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006.
5. Лебедев В.М. Ядерный топливный цикл. М.: Энергоатомиздат, 2005.
6. Жиганов А.М., Гузеев В.В., Андреев Г.Г. Технология диоксида урана для керамического ядерного горючего. Томск: SST, 2002.
7. Власов В.Г. Конспект лекций по курсу «Физико-химические основы технологии редких и радиоактивных металлов». Свердловск: УПИ, 1974. - Ч. 1, 2, 3.
8. Власов В.Г., Жуковский В.М., Ткаченко Е.В., Бекетов А.Р. Кислородные соединения урана. М.: Атомиздат, 1972.
9. Коршунов Б.Г. Введение в хлорную металлургию редких элементов. М.: Металлургия, 1970.
10. Делимарский А.К., Марков Б.Ф. Электрохимия расплавленных солей. М.: Металлургиздат, 1961.
11. Груссбах Р. Теория и практика ионного обмена. М.: И.Л., 1963.
12. Трейбл Р. Жидкостная экстракция. М.: Химия, 1966.
13. Котельников Р.Б. и др. Высокотемпературное ядерное топливо. М.: Атомиздат, 1969.
14. Гогузин Я.Е. Физика спекания. М.: Наука, 1967.
15. Фурман А.А., Рабовская Б.Г. Основы химии и технологии безводных хлоридов. М.: Химия, 1970.
16. Вольский А.Н., Стерлин Я.М. Металлургия плутония. М.: Наука, 1967. - 251 с.
17. Химическая технология облучённого ядерного горючего. Под ред. В.Б. Шевченко. М.: Атомиздат, 1971. - 448 с.
18. Громов Б.В. и др. Химическая технология облучённого ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1983. - 352 с.
19. Радиохимическая переработка облучённого ядерного топлива АЭС. Землянхин В.И., Ильенко Е.И. и др. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 280 с.
20. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. Металлургия редкоземельных металлов, тория, урана. М.: Металлургиздат, 1973.

21. Каплан Г.Е. и др. Торий, его сырьевые ресурсы, химия и технология. М.: Атомиздат, 1964.
22. Барышников Н.В. и др. Металлургия циркония и гафния. М.: Металлургия, 1979.
23. Ягодин Г.А. и др. Технология редких металлов в атомной технике. М.: Атомиздат, 1974.
24. Емельянов В.С., Евстюхин А.Н. Металлургия ядерного горючего. М.: Атомиздат, 1964.
25. Раков Э.Г., Хаустов С.В. Процессы и аппараты производств радиоактивных и редких металлов. М.: Металлургия, 1993.
26. Громов Б.В. Ведение в химическую технологию урана. М.: Атомиздат, 1978.
27. Стерлин Я.М. Металлургия урана. М.: Госатомиздат, 1962.
28. Галкин Н.П., Судариков Б.Н. и др. Технология урана. М.: Атомиздат, 1964.
29. Галкин Н.П., Майоров А.А. и др. Химия и технология фтористых соединений урана. М.: Госатомиздат, 1961.
30. Коровин С.С. Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология: В 3 кн.: Учебник для вузов. Кн. 1 / С.С. Коровин, Г.В. Зимина, А.М. Резник и др. Под общ. ред. С.С. Коровина. – М.: МИСИС, 1996. – 376 с.
31. Коровин С.С. Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология: В 3 кн.: Учебник для вузов. Кн. 2 / С.С. Коровин, Д.В. Дробот, П.И. Федоров; Под общ. ред. С.С. Коровина. – М.: МИСИС, 1999. – 461 с.
32. Коровин С.С. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. Кн. 3 / С.С. Коровин, В.И. Букин, П.И. Федоров, А.М. Резник; Под общ. ред. С.С. Коровина. – М.: МИСИС, 2003. – 440 с.
33. Волкович В.А., Смирнов А.Л. Металлургия урана и технология его соединений. Часть 1. – Екатеринбург: изд-во Уральского университета, 2014. – 104 с.
34. Волкович В.А., Смирнов А.Л. Металлургия урана и технология его соединений. Часть 3. – Екатеринбург: изд-во Уральского университета, 2014. – 140 с.
35. Алексеев С.В., Зайцев В.А. Торий в ядерной энергетике. – М.: Техносфера, 2014. – 288 с.

2.6.7. Технология неорганических веществ

36. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений: 5-е изд., перераб. - Л.: Химия: Ленингр. отд-ние, 1983. - 835 с
37. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот) ч.1- Л.: Химия, 1974. - 792 с
38. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот) ч.2. Л.: Химия, 1974. - 708 с
39. Общая химическая технология: в 2 т. 5-е изд., стер.. Т. 2: Важнейшие химические производства. М.: Альянс, 2009. - 263 с
40. Химическая технология неорганических веществ. Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьева, Л.Г. Гайсин и др. (под ред. Т.Г. Ахметова). Книга 1. Учебное пособие. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2016. 688 с.
41. Химическая технология неорганических веществ. Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьева, Л.Г. Гайсин и др. (под ред. Т.Г. Ахметова). Книга 2. Учебное пособие. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2016. 688 с.
42. Амелин А.Г. Технология серной кислоты. Учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. М., Химия, 1983. 360 с.

43. Ильин А.П., Кунин А.В. Производство азотной кислоты. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2013. 256 с.
44. Технология фосфора. Белов В.Н., Большакова А.П., Данцис Я.Б. и др. Под ред. проф. Ершова В.А. Л.: Химия, 1979. 336 с.
45. Беньковский С.В., Круглый С.М., Секованов С.К. Технология содопродуктов. М.: Химия, 1972. 352 с.
46. Ильин А.П., Ильин А.А. Современные проблемы химической технологии неорганических веществ. Учебное пособие. Иваново, ИГХТУ, 2011. 133 с.

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: Учебник для вузов. -М.: Химия ; КолосС, 2010. - 672 с.
2. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А., Тимонов А.М. Теоретическая электрохимия. М.: Студент, 2013.- 496 с.
3. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Долгопрудный: Интеллект, 2008. - 424 с.
4. Байрамов В.М. Основы электрохимии. М.: Изд. центр «Академия», 2005.- 240 с.
5. Семенова, И. В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. М.: Физматлит, 2010.- 416 с.
6. Плит В. Электрохимия в материаловедении. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.- 446 с.
7. Электроаналитические методы. Теория и практика. /А. М. Бонд, Д. Инцельт, Х. Калерт и др.; ред. Ф. Шольц. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 326 с
8. Степанов В.П. Основные вопросы электрохимии расплавленных солей. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. - 291 с.
9. Миомандр Ф. Электрохимия. М.: Техносфера, 2008. - 359 с.
10. Химические источники тока. Справочник / Под ред. Н. В. Коровина, А. М. Скундина. М. : МЭИ, 2003. - 740 с.
11. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин. — М. : Издательство МЭИ, 2005. - 280 с.
12. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. М.: Янус-К, 1997. - 384с.
13. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. М.: Техносфера, 2006. - 216 с.
14. Баймаков Ю.В., Журин А.И. Электролиз в гидрометаллургии. М.: Металлургия, 1977. - 336 с.

2.6.10. Технология органических веществ

1. Реутов О.А. Органическая химия: в 4 ч/ О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. М.: Бином, 2004.
2. Ли Дж. Именные реакции. Механизмы органических реакций /Пер. с англ. В.М. Демьянович. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 456 с.
3. Органическая химия: учеб. для вузов: в 2 кн./В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян, А.П. Лузин, Н.А. Тюкавкина. 3-е изд.; под. ред. Н.А. Тюкавкиной. М: Дрофа, 2004. Кн. 1: Основной курс. 640 с.
4. Carey F.A. Advanced Organic Chemistry. Part A: Structure and Mechanisms. 5th edition / F.A. Carey, R.J. Sundberg. New York: Springer Science. 2008. – 1199 p. 1. Bruckner R. Organic

Mechanism. Reaction, Stereochemistry and Synthesis, ed. Harmata M. Heidelberg Berlin: Springer-Verlag, 2010. - 855 p.

5. Modern Heterocyclic Chemistry: in 4 Volumes/ ed. Alvares-Builla J. Vaquero J.J., and Barluenga J. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag & Co. , 2011.-2530 p.

6. Writing Reaction Mechanisms in Organic Chemistry (Advanced Organic Chemistry), ed. Miller A., Solomon P. H. New York: Academic Press, 2003. - 460 p.

7. Advanced Organic Chemistry: Reactions and Mechanisms 2nd edition. Ed. Miller A., Bernard H. New York: Academic Press, 2003. - 432 p.

8. Grossman R.B. The Art of Writing Reasonable Organic Reaction Mechanisms / R.B. Grossman. New York: Elsevier, 2005. - 367 p.

2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

1. Химия нефти и газа / Под ред. В.А. Проскуракова и А.Е. Дробкина Л.: Химия, 1989.

2. Магеррамов А.М., Ахмедова Р.А., Ахмедова Н.Ф. Нефтехимия и нефтепереработка. Учебник для вузов. Баку: Издательство «Баки Университети», 2009, 660 с.

3. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и газа. – М.: Химия, 2001.-568 с.

4. Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки : учеб. для хим.-технол. специальностей вузов / В.М. Потехин, В.В. Потехин. – СПб.: Химиздат, 2005. – 910 с.

5. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти. – Уфа, из-во «Галем», 2002.-670 с.

6. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти /Под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. М.: Химия, КолосС, 2005. 400с.

7. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть вторая. Деструктивные процессы /Под ред. В.М. Капустина и А.А. Гуреева. - М.: Химия, КолосС, 2007. – 334с.

8. Власов В.Г. Физико-химические свойства нефтей и их фракций: справ. Пособие / В.Г. Власов, Е.О. Жилкина, Ю.В. Еремина и др. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. -284с

9. Вержичинская С.В., Дигуров Н.Г., Синицин С.А. Химия и технология нефти и газа: учебное пособие. – М.: Форум: Инфра-М, 2007. – 400 с.

10. Капустин В. М., Гуреев А. А. Технология переработки нефти. — Ч. 2: Деструктивные процессы. — М.: КолосС, 2007. — 334 с.

11. Химическая технология твердых горючих ископаемых: учеб. Для вузов/Под ред. Г.Н. Макарова и Г.Д. Харламповича. – М.: Химия. 1986. – 496 с., ил.

12. Ахметов С.А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 250400 "Хим. технология природ. энергоносителей и углерод. материалов" / С.А. Ахметов, М.Х. Ишмияров, А.А. Кауфман. — Санкт-Петербург: Недра, 2009. — 832 с.

13. Харлампович Г.Д. Технология коксохимического производства: учебник для вузов по специальности "Хим. технология топлива и углерод. материалов" / Г.Д. Харлампович. А.А. Кауфман. — М.: Металлургия, 1995. — 384 с.

14. Теория и практика современных технологий производства кокса: учебное пособие / Л.В. Копелиович, С.Г. Стахеев. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 116 с.

15. Мастер коксового производства / А.А. Кауфман и др. — М.: Металлургия, 1994. 240 с.

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

1. Акулич, П. В.; Расчеты сушильных и теплообменных установок; Белорусская наука, Минск; 2010; URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349>

2. Дытнерский, Ю. И.; Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию : учеб. пособие для студентов хим.-технол. специальностей вузов.; Альянс, Москва; 2010.-491 с.
3. Павлов, К.Ф., Романков, П. Г.; Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей вузов.; Альянс, Москва; 2013.-576 с.
4. Брагинский Л. Н. Перемешивание в жидких средах: физические основы и инженерные методы расчета / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.
5. Общий курс процессов и аппаратов химических технологий : учеб. для вузов. В 2 кн. Кн. 1 / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др. ; под ред. В. Г. Айнштейна. – М. : Химия, 1999. – 888 с.
6. Лашинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
7. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: учеб. для техникумов / И. Л. Иоффе. – Л. : Химия, 1991. – 252 с.
8. Касаткина А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов / А. Г. Касаткина. - Изд. 15-е, стер. перепеч. с 9-го изд. 1973 г. – М.: Альянс, 2009. 750 с.
9. Энгель В. Ю. Гидравлика, гидропнеumo-привод и гидропнеumo-автоматика: учеб. пособие / В. Ю. Энгель ; науч. ред. В. А. Дорошенко ; Урал. гос. техн. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. - 256 с
10. Чугаев Р. Р. Гидравлика (техническая механика жидкости): учеб. для вузов / Р. Р. Чугаев. - 5-е изд., репр. - Москва: БАСТЕТ, 2008. - 672 с.

2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

1. Горшков, В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, Н.Ф. Федоров. М.: Высшая школа, 1988.
2. Урьев, Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н.Б. Урьев. М.: Химия, 1988.
3. Сулименко, Л.М. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / Л.М. Сулименко, И.А. Тихомирова. М.: РХТУ, 2000.
4. Кашеев, И.Д. Фазовые равновесия в оксидных системах / И.Д. Кашеев, А.В. Иванова. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 157 с.
5. Сулименко, Л.М. Агломерационные процессы в производстве строительных материалов / Л.М. Сулименко, Б.С. Альбац. М.: ВНИИЭСМ, 1994. 296 с.
6. Рыжанков, Д.И. Наноматериалы / Д.И. Рыжанков, В.В. Левина, Э.Л. Дзидзиури. М.: БИНОМ, 2012. 365 с.
7. Беляков, А.В. Методы получения наноразмерных порошков из неорганических неметаллических материалов. М. РХТУ, 2011. 192 с.
8. Дерябин В.А. Физическая химия стекла. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 231 с.
9. Семериков, И.С. Физическая химия строительных материалов / И.С. Семериков, Е.С. Герасимова. Екатеринбург: Из-во Уральского университета, 2015. 204 с.

2.6.17. Материаловедение

Основная литература

1. Барташевич А.А. Материаловедение. – Ростов н/Д.: Феникс, 2008.
2. Материаловедение: Учебник для ВУЗов. / Под ред. Арзамасова Б.Н. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008.

3. Ржевская С.В. Материаловедение: Учебник для ВУЗов. – М.: Университетская книга Логос, 2006.
4. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986.
5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990.
6. Материаловедение / Под. общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
7. Физическое металловедение. / Грачев С.В., Бараз В.Р., Богатов А.А., Швейкин В.П. // Учебник для ВУЗов. Екатеринбург: УГТУ, 2001. 534 с.
8. Материаловедение и технология металлов / Под ред. Г.П. Фетисова. – М.: Высш. шк., 2002.
9. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение. – СПб.: Химиздат, 2004.

Дополнительная литература

1. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. и др. Материаловедение, М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, 648 с.
2. Абраимов Н.В., Елисеев В.С., Крылов В.В. Авиационное материаловедение и технология обработки металлов / Под ред. Н.В. Абраимова. – М.: Высшая школа, 1998. 444 с.
3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. – М.: Металлургия, 1989. 456 с.
4. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
5. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. 542 с.
6. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюнин В.М. и др. Материаловедение и технология металлов / Под ред. Фетисова Г.П. М.: Высшая школа, 2001. 640 с.
7. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. – М.: Изд-во «МИСИС», 1999. 408 с.
8. Григорович В.К. Металлическая связь и структура металлов. – М.: Наука, 1988. 296 с.
9. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. – М.: «Наука», 1994. 304 с.
10. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. М.: Металлургия, 1990. 336 с.
11. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. 480 с.
12. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. – М.: МИСИС, 1998. 400 с.
13. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. – М.: Высшая школа, 1988. 312 с.
14. Лифшиц Б.Г. Металлография. – М.: Металлургия, 1990. 236 с.
15. Партон В.З. Механика разрушения. От теории к практике. – М.: Наука, 1990. 179 с.
16. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоев А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. – М.: Наука, 1994. 384 с.
17. Шмитт-Томас К.Г. Металловедение для машиностроения. – М.: Металлургия, 1995. 512 с.
18. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. – М.: Изд-во «МИСИС», 1999. 416 с.
19. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. – М.: Изд-во Аспект Пресс, 1997. 718 с.

2.6.18. Охрана труда, пожарная и промышленная безопасность

1. Безопасность жизнедеятельности : толковый словарь терминов / Г. В. Тягунов, А. А. Волкова, Е. Е. Барышев и др. Екатеринбург : Изд.УрФУ, 2015 .— 236 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность). Москва : Юрайт, 2012.

3. Хоменко А.О., Фетисов И.Н. Промышленная безопасность опасных производственных объектов. Екатеринбург: УрФУ. 2016, 276с.
4. Ноксология /Е. Е. Барышев, А. А. Волкова, Г. В. Тягунов, В. Г. Шишкунов. Екатеринбург : УрФУ, 2014 .— 160 с.
- 5 Безопасность жизнедеятельности / Г.В. Тягунов, А.А. Волкова, В.Г. Шишкунов, Е.Е. Барышев ; Екатеринбург : УрФУ, 2016 .— 236 с.
6. Безопасность в чрезвычайных условиях / А.А. Волкова, Э.П. Галембо, В.Г. Шишкунов, А.О. Хоменко, Г.В. Тягунов, Е.Е. Барышев Екатеринбург : УрФУ, 2017 .— 215 с.
7. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Инженерная защита окружающей среды" направления подгот. "Защита окружающей среды" / А. Г. Ветошкин. - Москва: Высшая школа, 2008. - 639 с.

6. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Адрес	Название
http://library.urfu.ru	Сайт зональной научной библиотеки УрФУ
http://www.matweb.com	Справочник по механическим свойствам материалов в формате стандартов ASTM
http://www.ingentaconnect.com	Поисковая система зарубежных научно-технических журналов
http://ru.wikipedia.org	Свободная энциклопедия
http://www.elibrary.ru	Российская электронная научная библиотека
http://www.sciencedirect.com	Поисковая система публикаций научных изданий
http://www.dpva.info/	Инженерный справочник
http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=3	Физический справочник
http://www.rosatom.ru/	Официальный сайт ГК «Росатом»
http://www.chmz.net/	Официальный сайт ОАО «Чепецкий механический завод»
http://www.xumuk.ru/	XuMuK.ru - САЙТ О ХИМИИ
http://www.chemport.ru/catalog_tree.php	Каталог химических ресурсов
http://www.webelements.narod.ru/	WebElements Онлайн

Программу вступительного испытания в аспирантуру по научным специальностям группы 2.6. «Химические технологии, науки о материалах, металлургия» разработали:

Профессор кафедры технологии электрохимических,
производств д.х.н., профессор

Профессор кафедры технологии
электрохимических,
производств д.х.н.

Профессор кафедры технологии органического
синтеза,
д.х.н., профессор

Зав.кафедрой машин и аппаратов химических
производств, д.х.н., с.н.с

Зав.кафедрой химической технологии
Топлива и промышленной экологии,
к.т.н., доцент

Заведующий кафедрой металлургии
цветных металлов, д.т.н., с.н.с.

Заведующий кафедрой теплофизики и
информатики в металлургии, д.т.н., профессор

Заведующий кафедрой металлургии железа
и сплавов, д.т.н., профессор

Зав. кафедрой литейного производства и
упрочняющих технологий, д.т.н., доцент

Заведующий кафедрой обработки
металлов давлением, д.т.н., доцент

Заведующий кафедрой термообработки и
физики металлов, д.т.н., профессор

Заведующий кафедрой металловедения,
д.т.н., доцент

Доцент каф. РМиН, к.х.н., доцент

Заведующий кафедрой БЖД, д.т.н., с.н.с.

Зав. кафедрой строительного
материаловедения, д.т.н., профессор


 (Т.Н.Останина)

 (В.А.Низов)


 (Н.П.Бельская)

 (А.П.Хомяков)

 (С.Г.Стахеев)

 (Мамяченков С.В.)


 (Спирин Н.А.)


 (Шешуков О.Ю.)

 (Сулицин А.В.)


 (Шварц Д.Л.)

 (Попов А.А.)

 (Швейкин В.П.)

 (В.А. Волкович)

 (Е.Е. Барышев)

 (Ф.Л. Капустин)

Лист согласования

Директор ХТИ

(Вараксин М.В.)

Зам. директора ИММт
по научной и инновационной работе

(Капустин Ф.Л.)

Директор ФТИ

(Иванов В.Ю.)