

Принято на заседании
Ученого совета ИТ
протокол № 4 от 04.12.2025 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
22.04.02 Металлургия**

Москва 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	3
ЧАСТЬ 1. МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ	4
Раздел 1. Общие вопросы производства черных металлов и сплавов	4
Раздел 2. Подготовка руд к плавке и производство чугуна	4
Раздел 3. Производство стали	4
Раздел 4. Получение слитков и литых заготовок черных металлов	4
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 1	4
ЧАСТЬ 2. МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	5
Раздел 1. Основы гидрометаллургических процессов (Производство золота)	5
Раздел 2. Окислительная пирометаллургия (Производство меди)	5
Раздел 3. Восстановительная пирометаллургия (Производство свинца).....	5
Раздел 4. Электрометаллургия (Производство алюминия)	5
Раздел 5. Производство вольфрама	5
Раздел 6. Производство молибдена	6
Раздел 7. Производство тантала и ниобия	6
Раздел 8. Металлургия титана и циркония.....	6
Раздел 9. Металлургия рассеянных редких металлов.....	6
Раздел 10. Металлургия радиоактивных и редкоземельных металлов	6
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 2.....	6
ЧАСТЬ 3. ТЕПЛОФИЗИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	7
Раздел 1. Механика жидкостей и газов	7
Раздел 2. Перенос теплоты конвекцией	7
Раздел 3. Перенос теплоты молекулярной теплопроводностью.....	7
Раздел 4. Перенос теплоты излучением	8
Раздел 5. Тепловая работа и конструкции металлургических печей	8
Раздел 6. Основы теории очистки газов.....	9
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 3.....	9
ЧАСТЬ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ (ИННОВАЦИОННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ)	9
Раздел 1. Детали, литые заготовки, литейные сплавы.....	9
Раздел 2. Основы плавки металлов и сплавов	9
Раздел 3. Изготовление отливок в разовых песчаных формах	10
Раздел 4. Специальные способы литья.....	10
Раздел 5. Отливки из чугуна и стали	10
Раздел 6. Отливки из сплавов цветных металлов.....	10
Раздел 7. Отливки для деталей металлургического оборудования	11
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 4.....	11
ЧАСТЬ 5. ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ (ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ).....	11
Раздел 1. Методы получения порошков.....	11
Раздел 2. Формование и спекание металлических порошков	11
Раздел 3. Спеченные материалы с особыми свойствами.....	12
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 5.....	12
ЧАСТЬ 6. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	13
Раздел 1. Базовые понятия, классификация процессов и изделий, производимых методами ОМД	13
Раздел 2. Физические основы пластической деформации металлов и сплавов, взаимодействие процессов ОМД с термообработкой, методы управления структурой и свойствами продукции	13
Раздел 3. Теоретические основы процессов обработки металлов давлением	13
Раздел 4. Оборудование для силового воздействия на материал. Вспомогательное оборудование, средства управления	13

Раздел 5. Прокатка металлов	13
Раздел 6. Ковка, объёмная и листовая штамповка	14
Раздел 7. Прессование, выдавливание и волочение металлов	14
Раздел 8. Специальные методы ОМД.....	14
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 6.....	14
ЧАСТЬ 7. СВАРКА И ПАЙКА МЕТАЛЛОВ.....	15
Раздел 1. Условия образования сварного соединения и его строение	15
Раздел 2. Методы сварки и их основные технологические особенности	15
Раздел 3. Структура и свойства сварных соединений из углеродистых и легированных сталей.....	15
Раздел 4. Структура и свойства сварных соединений из чугуна, цветных металлов и их сплавов.....	15
Раздел 5. Структура и свойства паяных соединений металлов и сплавов.....	16
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 7.....	16
ЧАСТЬ 8. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ЦВЕТНЫХ И ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ.....	16
Раздел 1. Кристаллическое строение металлов	16
Раздел 2. Фазовые превращения в металлах	16
Раздел 3. Диаграммы состояния двойных систем	16
Раздел 4. Система железо-углерод.....	16
Раздел 5. Неравновесная кристаллизация. Особенности литой структуры.....	17
Раздел 6. Связь литейных свойств двойных сплавов с диаграммой состояния	17
Раздел 7. Деформация, разрушение и механические свойства металлов	17
Раздел 8. Изменение структуры и механических свойств металлов при деформации и последующем нагреве	17
Раздел 9. Механизм и кинетика фазовых превращений в твердом состоянии.....	17
Раздел 10. Виды термической обработки. Превращения при нагреве и охлаждении стали	18
Раздел 11. Углеродистые и легированные стали.....	18
Раздел 12. Диаграммы состояния тройных систем	19
Раздел 13. Чугуны.....	19
Раздел 14. Сплавы и композиционные материалы на основе легких металлов.....	19
Раздел 15. Сплавы и композиционные материалы на основе тяжелых металлов.....	20
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 8.....	20

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель вступительного испытания.

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

Форма, продолжительность проведения вступительного испытания. Критерии оценивания.

Вступительное испытание по направлению подготовки проводится в письменной форме.

Продолжительность вступительного испытания – 120 минут.

Экзаменационный билет содержит 10 вопросов. В случае правильного ответа поступающий получает количество баллов, соответствующее номеру вопроса. Результатом оценивания работы является сумма баллов, полученных за правильные ответы на соответствующие вопросы письменной работы.

Система оценивания письменного вступительного испытания (максимально):

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

Результаты вступительного испытания оцениваются по 100-балльной шкале.

Минимальный проходной балл, подтверждающий успешное прохождение вступительного испытания, составляет 40.

Перечень принадлежностей, которые поступающий имеет право пронести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: ручка.

ЧАСТЬ 1. МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

Раздел 1. Общие вопросы производства черных металлов и сплавов

История и роль металлургии в развитии цивилизации. Современное состояние и пути развития металлургического производства. Технологическая схема современного металлургического предприятия с полным технологическим циклом.

Раздел 2. Подготовка руд к плавке и производство чугуна

2.1. Сырые материалы, применяемые при производстве черных металлов. Железные руды: определение, классификация, оценка качества.

2.2. Подготовка железных руд к доменной плавке. Агломерация.

2.3. Профиль доменной печи. Основное и вспомогательное оборудование.

2.4. Доменный процесс. Восстановление оксидов в доменной печи. Образование чугуна и шлака.

Раздел 3. Производство стали

3.1. Классификация сталей. Влияние состава на качество стали. Сущность сталеплавильного производства. Способы производства стали.

3.2. Основные реакции сталеплавильного производства. Шлакообразование. Состав и свойства сталеплавильных шлаков и их роль в технологическом процессе.

3.3. Материалы, используемые при производстве стали: структура и состав металлошихты, источники кислорода, шлакообразующие материалы. Требования к шихтовым материалам и технологии, используемые для подготовки их к плавке.

3.4. Конвертерное производство стали. Общее устройство основного оборудования. Нормативный цикл конвертерной плавки.

3.5. Мартеновское производство стали. Схема работы и устройство основных элементов мартеновской печи. Схема работы и особенности технологии выплавки стали.

3.6. Электросталеплавильное производство. Классификация способов производства стали с использованием электрической энергии. Устройство дуговых электропечей.

3.7. Методы выплавки стали в основной дуговой электропечи. Переплавы легированных отходов в дуговой печи. Основные периоды плавки, их задачи.

3.8. Внепечная обработка стали. Цели и методы обработки. Раскисление и легирование стали в ковше. Способы отсечки шлака по ходу выпуска металла из сталеплавильного агрегата. Применение нейтральных газов для обработки жидкой стали в ковше.

3.9. Десульфурация стали с использованием синтетических шлаков, твердых и порошкообразных смесей. Влияние обработки на качество готового металла.

3.10. Вакуумирование жидкой стали в ковше: способы и технологии, применяемое оборудование. Влияние вакуумирования на качество готового металла. Комплексная обработка жидкой стали в ковше.

3.11. Непрерывные сталеплавильные процессы: варианты технологических схем и применяемого оборудования. Современное состояние и перспективы развития.

Раздел 4. Получение слитков и литых заготовок черных металлов

4.1. Оборудование для разливки стали. Способы разливки стали. Сравнение показателей разливки сверху и сифоном.

4.2. Структура стального слитка. Кристаллическая и химическая неоднородность. Явление усадки.

4.3. Непрерывная разливка стали. Технология и преимущества непрерывной разливки. Виды машин непрерывного литья заготовок.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 1

а) основная литература

1а. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия. - М.: Металлургия, 1995. - 480 с.

б) дополнительная литература

1б. Металлургия чугуна / Под ред. Ю.С. Юсфина. - М.: Академкнига, 2005. - 628 с.

2б. Поволоцкий Д.Я., Рощин В.Э., Рысс М.А. и др. Электросталеплавильная металлургия стали и ферросплавов. - М.: Металлургия, 1984. - 567 с.

3б. Каблуковский А.Ф., Молчанов О.Е., Каблуковская М.А. Краткий справочник электросталева. - М.: Металлургия, 1994. - 352 с.

ЧАСТЬ 2. МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Раздел 1. Основы гидрометаллургических процессов (Производство золота)

1.1. Классификация металлургических процессов. Страны – основные производители золота. История создания производства золота. Источники сырья для производства благородных металлов. Формы нахождения золота в сырье.

1.2. Добыча руды и подготовка ее к переработке. Гравитационные способы извлечения золота из руды. Амальгамационное извлечение золота из руды.

1.3. Цианирование золотосодержащих руд. Оборудование для проведения гидрометаллургических процессов. Выделение золота из цианистых растворов. Техника безопасности при работе с цианидами.

1.4. Аффинаж драгоценных металлов. Электролиз золото-серебряных сплавов. Анодный и катодный процессы. Конструкция электролизной ванны. Основные технико-экономические показатели электролиза. Общие затраты ресурсов на производство золота из руды.

Раздел 2. Окислительная пирометаллургия (Производство меди)

2.1. История развития пирометаллургии металлургии меди. Свойства меди и основные области применения. Объемы производства. Формы нахождения меди в земной коре. Кларк меди. Медные месторождения. Добыча медной руды. Медные концентраты.

2.2. Основные химические взаимодействия при пирометаллургической переработке сырья. Обжиг и плавка медных концентратов на штейн.

2.3. Продукты окислительной плавки сульфидных концентратов и принципы работы плавильных агрегатов. Окислительное конвертирование медных штейнов. Утилизация сернистых отходящих газов.

2.4. Электролитическое рафинирование меди. Основные электрохимические реакции. Конструкция электролизной ванны.

Раздел 3. Восстановительная пирометаллургия (Производство свинца)

3.1. Сырьевая база свинцового производства и потребление свинца. Виды химических соединений свинца в сырье. Теоретические основы восстановительной свинцовой плавки.

3.2. Агломерирующий окислительный обжиг концентрата. Химические реакции агломерации. Конструкция агломашины.

3.3. Химические реакции получения чернового свинца и принцип работы шахтной печи. Прямая переработка сульфидного концентрата на черновой свинец.

3.4. Рафинирование чернового свинца от разнообразных примесей. Образование и удаление промпродуктов, аккумулирующих примесей. Воздействие свинцового производства на окружающую среду.

Раздел 4. Электрометаллургия (Производство алюминия)

4.1. Свойства алюминия и его применение. Минеральные источники для производства алюминия. Химические соединения алюминия в рудах. Электрохимические процессы получения металлического алюминия.

4.2. Производство глинозема способом Байера. Выщелачивание бокситов щелочными растворами. Основные реакции, поведение примесей.

4.3. Оборудование для спекания и выщелачивания. Электролитическое получение металлического алюминия. Криолит-глиноземные расплавы.

4.4. Конструкция электролизеров и принцип их работы. Анодный эффект. Расход анодов и потребление электричества. Воздействие алюминиевого производства на окружающую среду.

Раздел 5. Производство вольфрама

5.1. Классификация редких металлов. Особенности технологических схем производства редких металлов. Основные свойства вольфрама и области применения. Минералы и месторождения вольфрама. Вскрытие шеелитовых и вольфрамитовых концентратов щелочными реагентами. Аппаратурное оформление процессов.

5.2. Переработка продуктов вскрытия концентратов, очистка растворов от примесей. Способы получения вольфрамовой кислоты, паравольфрамата аммония и вольфрамового ангидрида.

5.3. Технология производства порошка вольфрама. Производство компактного пластичного вольфрама. Получение крупногабаритных слитков вольфрама электронно-лучевой и дуговой вакуумной плавкой.

Раздел 6. Производство молибдена

6.1. Основные свойства молибдена и области применения. Минералы молибдена и месторождения. Способы переработки молибденитовых концентратов. Получение молибденитовых огарков. Аппаратурное оформление процессов. Выделение молибдена из аммиачных растворов. Получение молибденового ангидрида. Производство молибденового порошка и компактных изделий.

Раздел 7. Производство тантала и ниобия

7.1. Основные свойства тантала и ниобия, области применения. Минеральное сырье и месторождения тантала и ниобия. Переработка танталит-колумбитовых концентратов разложением плавиковой кислотой. Вскрытие лопаритовых концентратов хлорированием.

Варианты конденсации хлоридов. Аппаратурное оформление процессов.

7.2. Переработка продуктов вскрытия концентратов. Разделение тантала и ниобия и очистка от примесей. Технология получения металлического тантала и ниобия.

Раздел 8. Металлургия титана и циркония

8.1. Основные свойства и области применения. Характеристика рудного сырья. Восстановительная плавка ильменитового концентрата. Хлорирование титановых шлаков, конденсация хлоридов. Аппаратурное оформление процессов. Очистка технического тетрахлорида титана. Магнито-термическое восстановление тетрахлорида титана. Йодидное рафинирование титана и получение компактного металла.

8.2. Способы вскрытия цирконовых концентратов. Варианты разделения циркония и гафния. Магнито-термический и электролитический способы получения металлического циркония. Технология рафинирования циркония.

Раздел 9. Металлургия рассеянных редких металлов

9.1. Классификация рассеянных редких металлов, их характеристика. Примеры попутного извлечения рассеянных металлов в процессе переработки цветных металлов и отходов других производств. Основные свойства германия и его соединений. Области применения. Извлечение германия из различных видов сырья. Способы очистки германия от примесей.

9.2. Свойства и области применения галлия. Получение галлиевого концентрата при производстве алюминия. Получение металлического галлия и способы его рафинирования.

Раздел 10. Металлургия радиоактивных и редкоземельных металлов

10.1. Роль радиоактивных и РЗМ в современном мире и в развитии атомной энергетики; энергетическая безопасность России; требования, предъявляемые к этим металлам, особенности их производства, основные продуценты в мире и РФ. Минералы, руды и концентраты урана, кислотные и щелочные способы вскрытия, основные аппараты, техника безопасности с радиоактивными материалами. Минералы, руды и концентраты РЗМ, основные способы вскрытия, необходимость комплексного использования сырья.

10.2. Экстракционные и сорбционные способы выделения урана из пульп, современное аппаратное оформление процессов, обезвреживание и удаление хвостов, экологические проблемы. Переработка продуктов вскрытия минерального сырья РЗМ, предварительное их разделение на отдельные группы. Экстракционные аффинажные операции для получения соединений урана ядерной степени чистоты. Основы разделительных процессов при получении индивидуальных РЗМ.

10.3. Технология получения оксидов, фторидов, хлоридов урана и РЗМ. Основы металлотермического восстановления высокоактивных металлов; получение урана РЗМ;

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 2

а) основная литература

1а. А.В.Тарасов, Н.И.Уткин. Технология цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1999.

2а. В.И.Москвитин, И.В.Николаев, Б.А.Фомин. Металлургия легких металлов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005

- 3а. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1991
- 4а. Котляр Ю.А., Стрижко Л.С. Металлургия благородных металлов. В 2-х томах, М.: Руда и металлы, 2005
- 5а. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. Книга 1: Учебник для вузов /Коровин С.С., Зими́на Г.В., Резник А.М. и др. М.: МИСиС, 1996.
- 6а. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006.
- 7а. А.И.Михайличенко, Е.Б.Михлин, Ю.Б.Патрикеев Редкоземельные металлы - М.: Металлургия, 1987

ЧАСТЬ 3. ТЕПЛОФИЗИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Раздел 1. Механика жидкостей и газов

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

Раздел 2. Перенос теплоты конвекцией

- 2.1. Классификация механизмов переноса теплоты. Виды конвективного переноса. Понятия теплоотдачи и теплопередачи. Закон теплоотдачи Ньютона–Рихмана.
- 2.2. Дифференциальное уравнение энергии и его применение для расчета теплоотдачи.
- 2.3. Дифференциальное уравнение конвективной теплоотдачи.
- 2.4. Применение теории пограничного слоя для переноса теплоты и массы примеси. Понятие теплового и диффузионного пограничного слоя.
- 2.5. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности при ламинарном режиме.
- 2.6. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности при турбулентном режиме.
- 2.7. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости в трубе при ламинарном режиме.
- 2.8. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости в трубе при турбулентном режиме.
- 2.9. Особенности процесса конвективной теплоотдачи при струйной обдувке плоских и цилиндрических заготовок.
- 2.10. Расчет теплоотдачи при свободной конвекции.
- 2.11. Выражения для расчета конвективной теплоотдачи в критериальном виде.
- #### **Раздел 3. Перенос теплоты молекулярной теплопроводностью**
- 3.1. Гипотеза Фурье. Понятие температурного поля. Виды температурных полей.

- 3.2. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности. Постановка задачи нестационарной теплопроводности.
- 3.3. Виды граничных условий для решения задач нестационарной теплопроводности.
- 3.4. Методы решения задач нестационарной теплопроводности и область их применимости.
- 3.5. Анализ общего решения дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности при граничных условиях третьего рода.
- 3.6. Критерий Био и его влияние на процесс нагрева и охлаждения тел. Термически тонкие и термически массивные тела.
- 3.7. Регулярный тепловой режим и его особенности при граничных условиях первого, второго и третьего рода..
- 3.8. Постановка задачи стационарной теплопроводности.
- 3.9. Стационарная теплопроводность в плоской одно- и многослойной стенке при граничных условиях первого рода.
- 3.10. Стационарная теплопроводность в плоской одно- и многослойной стенке при граничных условиях третьего рода.
- 3.11. Стационарная теплопроводность в цилиндрической одно- и многослойной стенке при граничных условиях первого рода.
- 3.12. Стационарная теплопроводность в цилиндрической одно- и многослойной стенке при граничных условиях третьего рода.
- 3.13. Особенности решения стационарной задачи теплопроводности при граничных условиях второго рода.
- 3.14. Способы интенсификации процесса теплопередачи и их анализ.

Раздел 4. Перенос теплоты излучением

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

Раздел 5. Тепловая работа и конструкции металлургических печей

- 5.1. Классификация промышленного оборудования с энергетической точки зрения.
- 5.2. Печи как технологическое оборудование. Классификация печей по лимитирующему процессу.
- 5.3. Способы генерации теплоты за счет сжигания топлива.
- 5.4. Способы генерации теплоты за счет электрической энергии.
- 5.5. Температурные и тепловые режимы печей проходного типа.
- 5.6. Температурные и тепловые режимы печей периодического действия.
- 5.7. Способы использования теплоты отходящих газов и оборудование для их реализации.
- 5.8. Тепловой баланс печей, его составление и анализ.
- 5.9. Тепловая работа и тепловой баланс доменных печей.
- 5.10. Тепловая работа и тепловой баланс кислородных конвертеров.
- 5.11. Тепловая работа и тепловой баланс дуговых сталеплавильных печей.

- 5.12. Тепловая работа и тепловой баланс нагревательных колодцев.
- 5.13. Тепловая работа и тепловой баланс методических печей толкательного типа.
- 5.14. Тепловая работа и тепловой баланс методических печей с шагающими балками.
- 5.15. Тепловая работа и тепловой баланс печей с кольцевым подом.
- 5.16. Тепловая работа и тепловой баланс печей колпакового типа.
- 5.17. Тепловая работа и тепловой баланс печей башенного типа.
- 5.18. Физические и эксплуатационные свойства огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

Раздел 6. Основы теории очистки газов

- 6.1. Причины появления пыли в газах. Понятия ПДК, ПДВ. Социальная значимость очистки технологических газов.
- 6.2. Способы сухой очистки газов и оборудование для их реализации.
- 6.3. Способы мокрой очистки газов и оборудование для их реализации
- 6.4. Работа осадительных камер и эффективность очистки газов в них.
- 6.5. Работа водяных скрубберов и эффективность очистки газов в них
- 6.6. Очистка газов от пыли в рукавных фильтрах.
- 6.7. Использование электрофильтров для очистки газов.
- 6.8. Очистка газов доменных печей.
- 6.9. Очистка газов кислородных конвертеров.
- 6.10. Очистка газов дуговых сталеплавильных печей.
- 6.11. Очистка газов агломерационного производства.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 3

1. Теплотехника металлургического производства, т.т.1 и 2 (под ред. В.А. Кривандина) – М.: МИСиС, 2002 г.
2. И.А. Прибытков, И.А. Левицкий Теоретические основы теплотехники. Учебник для студентов учреждений сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 464 с.
3. Автоматическое управление металлургическими процессами /А.М. Беленький, В.Ф. Бердышев, О.М. Блинов, В.Ю. Каганов. - М.: Металлургия, 1989. - 384 с.
4. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.Ю. Каганов, Г.М. Глинков, М.Д. Климовицкий, А.К. Климушкин. - М.: Металлургия, 1987. - 270 с.

ЧАСТЬ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ (ИННОВАЦИОННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ)

Раздел 1. Детали, литые заготовки, литейные сплавы

- 1.1. Структура заготовок в машиностроении. Технические требования к деталям и литым заготовкам. Сущность изготовления отливок. Элементы литейной формы. Качество литых заготовок. Классификация методов литья.
- 1.2. Литейные сплавы. Процессы затвердевания отливки кристаллизации литейных сплавов с различными интервалами кристаллизации. Неметаллические включения. Легирование. Применение лигатур. Модифицирование. Ликвация.
- 1.3. Литейные свойства сплавов: жидкотекучесть, объёмная и линейная усадка, термические, формовочные фазовые и усадочные напряжения.
- 1.4. Качество отливок и литейные свойства сплавов. Усадочные раковины и пористость. Газовые включения и пористость. Неметаллические включения. Зональная и внутрикристаллическая ликвация. Образование трещин в отливках, их коробление. Поверхностные дефекты отливок.

Раздел 2. Основы плавки металлов и сплавов

- 2.1. Свойства металлов. Взаимодействие металлов и сплавов с газами.
- 2.2. Взаимодействие металлов и сплавов с тугоплавкими оксидами, шлаками и флюсами. Защита расплава от взаимодействия с атмосферой. Выбор способа плавки, футеровки печей.
- 2.3. Физико-химические процессы при рафинировании расплавов от растворенных газов, неметаллических включений и раскислении.

Раздел 3. Изготовление отливок в разовых песчаных формах

3.1. Разработка технологического процесса изготовления отливок. Модельно – опочная оснастка. Литейная форма. Технологические свойства литейной формы и качество отливок. Формовочные и стержневые смеси. Основные и вспомогательные формовочные материалы. Смесеприготовление.

3.2. Литниковые системы и литейные прибыли. Расчёт литниково- питающих систем. Типы литниковых систем и прибылей.

3.3. Технологический процесс изготовления отливки. Изготовление форм и стержней, их упрочнение. Сборка литейной формы. Заливка литейного сплава в формы. Охлаждение отливки и выбивка её из формы. Обрубка и очистка отливки. Термическая обработка отливок.

3.4. Механизация и автоматизация процессов литейного производства. Понятие литейного конвейера и автоматической формовочной линии. Технологическая схема литейного цеха.

Раздел 4. Специальные способы литья

4.1. Классификация специальных способов литья. Изготовление отливок в оболочковых формах. Особенности формовочных материалов и процессов упрочнения формы.

4.2. Изготовление отливок по выплавляемым моделям. Схема технологического процесса. Основные материал, применяемые при изготовлении литейной формы. Модель и модельные материалы.

4.3. Изготовление отливок в многоразовых металлических формах. Кокильное литьё. Литьё под давлением. Качество отливок в специальных способах литья Механизация и автоматизация технологических процессов. Особенности технологические схемы литейного цеха. Экономика и экология производства

Раздел 5. Отливки из чугуна и стали

5.1. Классификация чугунных отливок. Структура чугуна. Влияние различных факторов на структуру и механические свойства чугуна. Отливки из серого и высокопрочного чугуна. Плавка чугуна и плавильные агрегаты. Получение отливок из ковкого и легированных чугунов.

5.2. Классификация стальных отливок. Основные принципы конструирования стальных отливок. Изготовление отливок из углеродистых и низколегированных сталей. Плавка стали и плавильные печи в литейном производстве. Особенности изготовления отливок из высоколегированных (нержавеющих, жаропрочных и пр.) сталей. Термическая обработка отливок.

5.3. Дефекты литья, их предупреждение и исправление.

Раздел 6. Отливки из сплавов цветных металлов

6.1. Литейные сплавы на алюминиевой, магниевой, медной и никелевой основах. Особенности получения отливок. Производство слитков цветных металлов и сплавов. Назначение слитка, предъявляемые к нему требования. Способы литья слитков. Литье гранул, лент и других дисперсных заготовок для последующего компактирования и прессования

6.2. Плавка, рафинирование, модифицирование алюминиевых сплавов. Плавильные печи, шихтовые материалы, флюсы. Особенности технологии литья алюминиевых сплавов в формы однократного и многократного использования. Термическая обработка отливок.

6.3. Особенности технологии плавки магниевых сплавов, рафинирование и модифицирование. Плавильные печи, флюсы, бесфлюсовая плавка. Технология литья магниевых сплавов. Защита расплавов от возгорания. Особенности термической обработки отливок из магниевых сплавов.

6.4. Особенности технологии плавки медных и никелевых сплавов. Плавильные печи, флюсы, раскисление, рафинирование, модифицирование. Технология получения отливок из бронз и латуней. Технология плавки и литья сплавов на основе титана и других тугоплавких элементов. Электродуговая и электронно-лучевая плавка. Центробежная заливка форм. Особенности технологии плавки и литья благородных металлов.

Раздел 7. Отливки для деталей металлургического оборудования

7.1. Отливки для доменного, сталеплавильного и прокатного производства. Условия работы и причины выхода из строя сменных и ремонтных литых деталей металлургического оборудования.

7.2. Классификация, общие принципы конструирования и расчёта изложниц. Изложницы из чугуна с пластинчатым графитом и из высокопрочного чугуна. Стальные изложницы. Поддоны, центровые и прибыльные насадки, пробки, вставки.

7.3. Отливки для прокатного производства. Технология изготовления чугунных и стальных прокатных валков.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 4

а) основная литература

1а. Михайлов А.М. и др. Литейное производство. М.: Машиностроение, 1987. – 256 с.

2а. Бауман Б.В., Балашова Н.П. Технологические основы литейного производства. Учеб. пособие. - М.: МИСиС, 2003. – 156 с.

3а. Курдюмов А.В. и др. Лабораторные работы по технологии литейного производства. - М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.

4а. Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М. Литейное производство цветных и редких металлов. - М.: Металлургия, 1982. - 352 с.

5а. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В.Курдюмов, М.В.Пикунов, В.М.Чурсин, Е.Л.Бибииков.- М.: Металлургия, 1996. - 502 с.

б) дополнительная литература

1б. Цветное литье: Справочник./ Под общ. ред. Н.М.Галдина. - М.: Машиностроение, 1989. - 528 с.

2б. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства. Специальные виды литья. - М.: Машиностроение, 1983. - 400 с.

ЧАСТЬ 5. ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ (ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ)

Раздел 1. Методы получения порошков

1.1. Значение порошковой металлургии. История развития порошковой металлургии. Основные технологические схемы производства спеченных материалов. Классификация методов получения порошков.

1.2. Механические методы получения порошков. Производство порошков измельчением твердых металлов и распылением жидких металлов и сплавов методами газового, жидкостного и центробежного распыления.

1.3. Физико-химические основы процессов, оборудование, достоинства и недостатки различных методов, области использования. Методы получения аморфных и нанопорошков механическими методами.

1.4. Получение металлических порошков методом восстановления оксидов металлов твердым и газообразным восстановителем. Физико-химические основы процессов.

1.5. Практика получения порошков железа, вольфрама, титана. Физико-химические методы получения нанопорошков. Производство металлических порошков электролизом водных растворов и расплавленных сред.

1.6. Производство порошков методом термической диссоциации карбонильных соединений. Физико-химические основы процессов, практика получения порошков. Свойства металлических порошков и методы их контроля.

Раздел 2. Формование и спекание металлических порошков

2.1. Подготовка порошков. Закономерности процесса уплотнения порошков в стальной пресс-форме. Процессы, происходящие при прессовании. Зависимость плотности от давления прессования. Распределение плотности по объему брикета. Потери давления на трение. Упругое последствие. Прессование со смазкой. Брак при прессовании.

2.2. Горячее изостатическое прессование. Инжекционное прессование. Лазерная формование. Практика прессования. Прессы и пресс-формы. Варианты формования металлических порошков: горячее, изостатическое, динамическое, импульсное,

вибрационное, прокатка, шликерное литье. Особенности процессов, аппаратное оформление.

2.3. Основные закономерности процесса спекания в твердой фазе. Роль поверхностной и объемной диффузии. Усадка при спекании. Влияние технологических параметров на процесс спекания и свойства спеченных изделий. Особенности спекания многокомпонентных систем. Влияние гетеродиффузии на процесс усадки.

2.4. Основные закономерности процесса спекания многокомпонентных систем в присутствии жидкой фазы, исчезающей и присутствующей до конца изотермической выдержки при нагреве. Кинетика усадки. Факторы, влияющие на плотность и зернистость сплавов.

2.5. Пропитка как разновидность жидкофазного спекания. Физико-химические основы и закономерности процесса пропитки. Практика процессов спекания. Атмосфера спекания, печи спекания, брак при спекании.

Раздел 3. Спеченные материалы с особыми свойствами

3.1. Классификация спеченных материалов. Спеченные пористые подшипники и фильтры. Основные составы. Технология получения. Физические, механические и эксплуатационные свойства.

3.2. Антифрикционные и фрикционные материалы. Основные принципы работы. Структура и свойства твердых смазок. Технология изготовления, свойства, области применения и перспективы развития.

3.3. Спеченные электротехнические материалы: для скользящих и разрывных электрических контактов, магниты. Особенности работы, виды износа. Физико-химические основы и технология производства, области применения.

3.4. Спеченные твердые сплавы, их классификация. Технологическая схема получения, свойства, области применения. Конструкционная керамика. Характеристика исходных материалов. Технологические варианты получения. Нанесение керамических покрытий. Свойства, области применения.

3.5. Жаропрочные спеченные материалы: дисперсно-упрочненные и волокнистые. Особенности технологии, основные свойства и области применения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 5

а) основная литература

1а. Процессы порошковой металлургии. Т.1, Т.2. Производство металлических порошков: Учебник для вузов / Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. и др. - М.: МИСиС, – 2002 г. – 688 с.

2а. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. – М.: Металлургия, 1991. – 432 с.

3а. Технология и свойства спеченных материалов и изделий: Лабораторный практикум. В.С. Панов, В.К. Нарва, Л.В. Дубынина и др. М.: изд. "Учёба", 2003. - 118 с.

4а. Процессы порошковой металлургии: Лабораторный практикум / Под ред. Г.А.Либенсона. - М.: МИСиС, 1987. - 155 с.

б) дополнительная литература

1б. Либенсон Г.А. Специальность порошковая металлургия. – М.: Металлургия, 1987. – 80 с

2б. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. М.: Металлургия, 1980. – 496 с

3б. Либенсон Г.А. Основы порошковой металлургии. М.: Металлургия, 1987. - 208 с.

4б. Либенсон Г.А. Производство порошковых изделий. – М.: Металлургия, 1990. – 240 с.

5б. Панов В.С., Чувилин А.М. Технология и свойства спеченных твёрдых сплавов и изделий из них. М.: МИСиС, 2001. 427 с.

6б. Либенсон Г.А., Панов В.С. Оборудование цехов порошковой металлургии. М.: Металлургия, 1983. 264 с.

7б. Нарва В.К. Технология производства спеченных материалов и изделий. Пористые материалы: Курс лекций. М.: МИСиС, 1980. 78 с.

ЧАСТЬ 6. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

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

1.1. Введение, сущность обработки металлов давлением, роль методов пластической деформации в истории цивилизации, разновидности исходного материала для обработки, ОМД, изделия и «Новый продукт»

1.2. Классификация процессов ОМД по различным признакам.

Раздел 2. Физические основы пластической деформации металлов и сплавов, взаимодействие процессов ОМД с термообработкой, методы управления структурой и свойствами продукции

2.1. Структура деформируемых сталей, механизмы пластической деформации, управление структурой и свойствами стали посредством пластической деформации, диаграмма пластичности, связь со способом получения заготовки и с термообработкой.

2.2. Структура деформируемых цветных металлов и сплавов, механизмы пластической деформации, управление структурой и свойствами посредством пластической деформации, пластичность и разрушение, связь со способом получения заготовки и с термообработкой.

Раздел 3. Теоретические основы процессов обработки металлов давлением

3.1. Сопротивление деформации и напряженное состояние в точке тела, тензор напряжений, главные напряжения, интенсивность напряжений.

3.2. Деформированное состояние в точке тела, перемещения в координатных осях, главные деформации, инварианты тензора деформации, уравнение постоянства объема, скорость деформации.

3.3. Условие пластичности. Феноменологические модели среды. Соотношения между напряжениями и деформациями. Закономерности контактного деформационного трения. Локальные и интегральные показатели напряженно-деформированного состояния материала.

3.4. Методы моделирования и анализа процессов обработки металлов давлением. Принципы работы и интерфейс программы QForm.

Раздел 4. Оборудование для силового воздействия на материал. Вспомогательное оборудование, средства управления

4.1. Классификация типов оборудования. Прокатный стан, основное и вспомогательное механическое оборудование. Типы клетей. Компоненты систем управления и контроля в цехах ОМД.

4.2. Механические, гидравлические прессы, техника ударного (импульсного) действия.

4.3. Силовые установки с сочетанием вращения и возвратно-поступательного движений исполнительного элемента. Деталепрокатные станы, установки непрерывного прессования, сферодвижной штамповки

4.4. Специальная техника. Техника обработки композитов, порошков, цветных металлов и сплавов, вакуумные системы в ОМД и среды регулируемого состава.

Раздел 5. Прокатка металлов

5.1. Очаг деформации и кинематика течения металла при продольной прокатке, базовые понятия. расчёт усилия прокатки, крутящего момента и мощности, поперечная деформация.

5.2. Технологическая схема производства изделий из стали методами прокатки. Прокатные изделия. Исходные материалы и их подготовка.

5.3. Технологическая схема производства проката из цветных металлов и сплавов. Прокатные изделия. Исходные материалы и их подготовка. Использование защитных сред и капсул, прокатка в вакууме. Особенности производства продукции из тяжелых цветных сплавов, прокатка листов, полос и фольги из тугоплавких металлов, алюминиевых и медных сплавов

5.4. Температурно-скоростные условия горячей прокатки сталей. Инструмент, основные и вспомогательные материалы.

5.5. Температурно-скоростные условия горячей прокатки цветных сплавов. Инструмент, основные и вспомогательные материалы.

5.6. Технология прокатки плоского продукта с повышенными требованиями по качеству. Многовалковые системы.

5.7. Валки для сортовой прокатки стальных полос, угловых профилей, швеллеров

5.8. Производство бесшовных труб прокаткой. Основные параметры процессов прошивки и раскатки.

5.9. Производство сварных труб и полых профилей, сварочные узлы ТЭСА. Технология производства труб различного назначения.

Раздел 6. Ковка, объёмная и листовая штамповка

6.1. Ковка. Исходные материалы, классификация типов изделий, операции ковки и применяемый инструмент. Температурный режим процесса и особенности деформации металлов по схеме свободной ковки. Ротационная ковка.

6.2. Горячая объёмная штамповка сталей. Классификация поковок. Исходные материалы. Методика проектирования штамповой оснастки.

6.3. Особенности объёмной штамповки цветных металлов и сплавов. Исходные материалы. Оснастка для изотермической штамповки и деформации в режиме сверхпластичности.

6.4. Штамповка на молотах, на горизонтально-ковочных машинах, на горячештамповочных автоматах.

6.5. Разделительные и обрезающие операции в цехах обработки металлов давлением.

6.6. Основы проектирования процессов листовой штамповки. Разделительные и формообразующие операции.

6.7. Методы изготовления инструмента, применение систем быстрого прототипирования при ОМД.

6.8. Особенности листовой штамповки цветных металлов и сплавов, листовая штамповка с местным подогревом, гидроформование, высокоэнергетические методы обработки.

Раздел 7. Прессование, выдавливание и волочение металлов

7.1. Схема процесса прессования, классификация классических способов прессования по кинематике течения металла. Очаг деформации при прессовании, напряженно-деформированное состояние материала при прессовании. Расчёт энергосиловых показателей процесса. Методы управления кинематикой истечения материала. Расчёты на прочность и устойчивость деталей инструмента.

7.2. Сортамент, основы технологии прессования изделий из тяжёлых цветных и тугоплавких металлов. Производство труб и сложных полых профилей из алюминиевых сплавов. Возможности непрерывных и полунепрерывных процессов прессования металлов, сплавов и шликеров.

7.3. Особенности технологии производства пресс-изделий из конструкционных, инструментальных сталей, стальных порошков и гранул. Технология изготовления матриц с защитными покрытиями.

7.4. Схема волочения. Очаг деформации и оборудование. Основы проектирования процессов волочения при производстве проволоки, теплообменных труб и кабельной продукции.

Раздел 8. Специальные методы ОМД

8.1. Осевое формование порошков и композитов в пресс-формах, изостатические способы обработки материалов.

8.2. Клиновое формование, производство пористых и электродных материалов прокаткой, импульсные высокоэнергетические методы обработки порошков, гранул, волокнистых и слоистых композитов.

8.3. Комплексные методы получения специальных материалов и изделий для машиностроения, энергетики, авиации и космоса, оборонной техники с применением давлений и пластической деформации.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 6

а) основная литература

1а. Суворов И. К. Обработка металлов давлением. - М.: Высшая школа, 1980. - 364 с.

2а. Королев А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов: Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1987. - 480 с.

- 3а. Балакин В.П., Ефремов Д.Б. и др. Теория обработки металлов давлением. Теория процессовковки, штамповки и прессования: Лабораторный практикум. – М.: МИСиС, 1982 с.
4. Е.В. Кузнецов, С.П. Галкин Технологические процессы обработки металлов давлением: Лабораторный практикум. - М.: МИСиС, 2002, №1613.- 78 с.
5. Моделирование процессов пластической деформации. Графический редактор QDraft, 69 с. Электронное приложение к системе QForm2d.

б) дополнительная литература

16. Ковка и штамповка. Справочник. В 4-х томах / под ред. Е.И.Семенова.- М.: Машиностроение. 1986. – с.
26. Щерба В.Н., Райтбарг Л.Х. Технология прессования металлов. Учебное пособие для вузов. - М.: Металлургия, 1995.- 336 с.
36. Горохов В.С., Лебедев Л.С., Погоржельский В.И. и др. Обработка металлов давлением. - М.: МИСиС, 1988.- с.
4. Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю. и др. Процессы порошковой металлургии. Т. 2 Формование и спекание. – М.: МИСИС, 2002.- 320 с.

ЧАСТЬ 7. СВАРКА И ПАЙКА МЕТАЛЛОВ

Раздел 1. Условия образования сварного соединения и его строение

1.1. Сварочные процессы. Взаимосвязь между температурой и давлением в процессе сварки. Физическая и технологическая свариваемость металлов. Роль активации соединяемых поверхностей в получении равнопрочного сварного соединения. Кристаллизация металла шва. Химическая неоднородность металла шва и околошовной зоны. Кристаллическое строение сварных швов.

Раздел 2. Методы сварки и их основные технологические особенности

2.1. Классификация видов сварки. Методы сварки давлением: холодная сварка, сварка ультразвуком и взрывом, плакирование, контактная и индукционная сварка, сварка трением, диффузионно-вакуумная сварка. Формирование соединения и факторы прочности шва. Возможности и ограничения для разных классов материалов.

2.2. Методы сварки плавлением: электродуговая сварка, газовая сварка, термитная сварка, электрошлаковая сварка, сварка в защитном газе, электронно-лучевая сварка, сварка плазменной струей, лазерная сварка.

2.3. Особенности формирования структуры шва и околошовной зоны. Области применения методов сварки плавлением.

Раздел 3. Структура и свойства сварных соединений из углеродистых и легированных сталей

3.1. Особенности структурных и фазовых превращений в результате теплового воздействия на основной металл при сварке углеродистых и легированных сталей. Способы улучшения структуры и механических свойств сварных соединений. Классификация сталей по свариваемости; углеродный эквивалент.

3.2. Сварка и термическая обработка сварных деталей из низкоуглеродистых нелегированных сталей, из низколегированных строительных сталей, из низколегированных теплоустойчивых сталей, из высоколегированных хромистых и хромоникелевых сталей.

3.3. Основные дефекты сварного шва и околошовной зоны, их происхождение и влияние на технологическую и эксплуатационную прочность сварной конструкции. Способы борьбы с возникновением сварочных дефектов. Методы контроля качества сварных соединений.

Раздел 4. Структура и свойства сварных соединений из чугуна, цветных металлов и их сплавов

4.1. Сварка чугуна. Формирование структуры сварного шва и околошовной зоны при горячей и холодной сварке чугуна.

4.2. Методы сварки алюминия и его сплавов.

4.3. Особенности сварки медных и титановых сплавов.

Раздел 5. Структура и свойства паяных соединений металлов и сплавов

5.1. Пайка как разновидность процесса сварки. Смачиваемость и растекаемость припоев. Принципы их выбора. Кристаллизация паяного шва. Структура шва и переходной зоны.

5.2. Физико-химические процессы, протекающие при пайке и их влияние на структуру и свойства паяного соединения. Факторы прочности шва. Конструктивные и экономические факторы, определяющие выбор способа соединения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 7

а) Основная литература

1а. Лившиц Л.С., Хакимов А.Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. – М.: Машиностроение, 1989. – 335 с.

2а. Грабин В.Ф. Металловедение сварки плавлением. – Киев: Наукова думка, 1982. – 399 с.

б) Дополнительная литература

1б. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. – М.: Высшая школа, 1977. – 390 с.

ЧАСТЬ 8. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ЦВЕТНЫХ И ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Раздел 1. Кристаллическое строение металлов

1.1. Предмет металловедения. Основы строения металлов. Микроструктура. Световая микроскопия. Количественные характеристики микроструктуры. Типичные кристаллические решетки металлов.

1.2. Кристаллографические направления и плоскости. Кристаллохимические характеристики структуры. Дефекты кристаллографического строения металлов: вакансии, дислокации, границы зерен и субзерен.

1.3. Основы рентгенографии и электронной микроскопии. Определение параметров кристаллической решетки рентгеновским методом.

Раздел 2. Фазовые превращения в металлах

2.1. Фазовые переходы I и II рода. Термодинамика фазовых превращений. Уравнение Гиббса. Правило фаз. Плавление металлов и строение расплавов. Кривые нагрева и охлаждения. Полиморфные превращения в металлах.

2.2. Типы фаз в металлических сплавах. Твердые растворы замещения и внедрения. Промежуточные фазы.

Раздел 3. Диаграммы состояния двойных систем

3.1. Изображение состава в двойных системах в процентах по массе и в атомных процентах. Диаграммы состояния двойных систем. Правило рычага. Системы с непрерывным рядом твердых растворов. Системы с минимумом на кривых ликвидуса и солидуса.

3.2. Системы с расслоением в твердом состоянии. Системы эвтектического типа. Особенности кристаллизации и строения сплавов эвтектического типа.

3.3. Эвтектические колонии. Классификация эвтектик. Вырожденные эвтектики. Форма первичных кристаллов. Дендритные ячейки. Ретроградный солидус. Контактное плавление.

3.4. Системы перитектического типа. Ободки вокруг первичных кристаллов. Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися фазами.

3.5. Системы монотектического типа. Ликвация по плотности в жидком состоянии. Системы с полиморфизмом компонентов. Системы с метатектическим, эвтектоидным, перитектоидным и монотектоидными равновесиями.

3.6. Зависимость твердости и электропроводности от состава в системах разного типа. Примеры реальных диаграмм двойных систем.

Раздел 4. Система железо-углерод

4.1. Полиморфизм железа. Температурные зависимости энергии Гиббса и удельного объема железа. Точка Кюри железа. Диаграмма состояния железо–цементит. Микроструктуры отожженных сталей.

4.2. Микроструктуры белых чугунов. Диаграмма состояния железо–углерод. Микроструктуры серых и половинчатых чугунов.

Раздел 5. Неравновесная кристаллизация. Особенности литой структуры

5.1. Кристаллизация металлов. Зарождение кристаллов, критический зародыш. Рост кристаллов. Кривые Таммана. Кривые охлаждения. Форма металлических кристаллов. Дендритная форма роста. Столбчатые и равноосные кристаллы. Модифицирование металлов.

5.2. Дендритная ликвация в системах разного типа. Неравновесная эвтектика.

5.3. Изменение строения первичных кристаллов и эвтектик при увеличении скорости охлаждения. Кристаллизация метастабильных фаз. Образование аномально пересыщенных твердых растворов. Аморфные сплавы. Кристаллизация при нагреве.

Раздел 6. Связь литейных свойств двойных сплавов с диаграммой состояния

6.1. Основные литейные свойства (жидкотекучесть, горячеломкость, усадка). Технологические пробы для определения показателей жидкотекучести и горячеломкости.

6.2. Зависимость литейных свойств от состава в системах с непрерывным рядом твердых растворов и эвтектического типа. Выбор состава литейных сплавов с использованием диаграмм состояния.

Раздел 7. Деформация, разрушение и механические свойства металлов

7.1. Упругая деформация. Модули упругости. Пластическая деформация скольжением и двойникованием. Системы скольжения. Деформационное упрочнение. Особенности упрочнения однофазных и многофазных структур. Виды разрушения. Вязкое и хрупкое разрушение, разрушение отрывом и срезом. Механизмы зарождения и развития трещин. Фрактография. Структура изломов. Переход из вязкого состояния в хрупкое. Температурный порог хрупкости, влияние на него скорости деформирования и примесей.

7.2. Механические испытания свойства металлов. Схемы напряженного состояния. Статические, динамические и циклические испытания. Испытания на растяжение. Типы кривых растяжения. Физический и технический смысл пределов пропорциональности, упругости, текучести и прочности. Истинное сопротивление разрыву. Характеристики пластичности при растяжении. Зависимость относительного удлинения от начальной расчетной длины. Влияние структуры на пределы текучести и прочности. Испытания на сжатие и на изгиб. Характеристики прочности при сжатии и изгибе. Испытания на твердость по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу. Виды инденторов и числа твердости. Микротвердость. Испытания образцов с надрезом. Испытания на статическую трещиностойкость. Вязкость разрушения. Ударная вязкость. Типы концентратора напряжений. Серийные кривые. Определение температуры хрупко-вязкого перехода.

7.3. Усталость металла. Строение усталостного излома. Разновидности циклов напряжений. Кривые усталости. Определение предела выносливости. Малоцикловая усталость. Скорость роста усталостной трещины.

7.4. Испытания на жаропрочность. Ползучесть. Стадии высокотемпературной ползучести. Влияние температуры и напряжения на ползучесть. Длительная прочность. Жаростойкость.

Раздел 8. Изменение структуры и механических свойств металлов при деформации и последующем нагреве

8.1. Изменение структуры и механических свойств металлов при холодной обработке давлением. Металлографическая и кристаллографическая текстура деформации, анизотропия свойств. Подразделение деформации на холодную, теплую и горячую.

8.2. Изменения структуры и механических свойств металлов при нагреве после холодной обработки давлением. Возврат, первичная и собирательная рекристаллизация. Изменение структуры при горячей обработке давлением.

Раздел 9. Механизм и кинетика фазовых превращений в твердом состоянии

9.1. Общие закономерности фазовых превращений в твердом состоянии. Термодинамика превращений. Механизм и кинетика диффузионных фазовых превращений. Диаграммы изотермического превращения. Термокинетические диаграммы.

9.2. Механизм и кинетика бездиффузионных фазовых превращений. Особенности структуры мартенситных фаз.

Раздел 10. Виды термической обработки. Превращения при нагреве и охлаждении стали

10.1. Роль термической обработки в повышении качества металлопродукции. Применение термообработки в металлургической и машиностроительной промышленности. Классификация видов термической обработки.

10.2. Отжиг 1-го рода. Гомогенизационный отжиг, его назначение и режимы для литейных и деформируемых сталей и сплавов. Изменение структуры и свойств при гомогенизации. Рекристаллизационный отжиг. Размер рекристаллизованного зерна. Диаграммы рекристаллизации. Отжиг для уменьшения остаточных напряжений. Возникновение и роль остаточных напряжений. Механизмы релаксации напряжений и выбор режимов отжига.

10.3. Превращения в стали при нагреве. Кинетика превращений и рост аустенитного зерна. Влияние неметаллических включений на склонность к росту зерна. Наследственно мелкозернистые и наследственно крупнозернистые стали.

10.4. Превращения при охлаждении стали. Механизм и кинетика перлитного и бейнитного превращений. Влияние скорости охлаждения и легирующих элементов на кинетику превращений и структуру стали. Структура и механические свойства перлита и бейнита. Отжиг 2-го рода: полный, неполный, изотермический, сфероидизирующий, нормализационный. Структура и свойства отожженной и нормализованной стали. Перегрев и пережог стали. Способы устранения структуры перегрева в углеродистой и легированной стали. Структурная наследственность.

10.5. Закалка с полиморфным превращением. Основные закономерности мартенситного превращения, структура и свойства закаленной стали. Закаливаемость и прокаливаемость. Способы закалки стали. Особенности технологии закалки литых и деформированных изделий. Закалочные среды. Обработка холодом. Поверхностная и объемно-поверхностная закалка. Особенности структуры и свойств поверхностно закаленных изделий.

10.6. Отпуск закаленной стали. Превращения в стали при отпуске, изменение структуры и свойств. Выбор режимов отпуска в зависимости от назначения изделий. Отпускная хрупкость: причины и способы подавления. Вторичное твердение при отпуске.

10.7. Химико-термическая обработка стали. Назначение, виды и общие закономерности. Цементация и азотирование: технология, структура и свойства упрочненных слоев. Предварительная и окончательная термическая обработка изделий.

Раздел 11. Углеродистые и легированные стали

11.1. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства стали. Принципы разработки легированных сталей, их маркировка по ГОСТам. Неметаллические включения в стали. Влияние включений на технологическую пластичность, механические свойства и разрушение литой и деформированной стали. Малые примеси в стали. Влияние примесей на механические свойства и разрушение литых и термообработанных изделий. Классификация сталей по структуре и применению. Строительные и машиностроительные стали: состав, термообработка и свойства.

11.2. Улучшаемые стали: принципы легирования, термообработка и свойства. Высокопрочные стали, мартенситно-старяющие стали, трип-стали: принципы легирования, термообработка и свойства.

11.3. Стали для отливок. Особенности макро- и микроструктуры, обусловленные технологическими ограничениями (по жидкотекучести, трещиностойкости, усадке). Дефекты структуры: величина зерна, морфология и размеры второй фазы, способы управления ими. Дефекты литых сталей. Пористость, усадочные раковины, включения - их влияние на вязкость разрушения и надежность конструкции. Критерии допустимости дефектов и выбор метода дефектоскопии. Особенности состава и термообработки сталей для отливок.

11.4. Хладостойкие и криогенные стали: принципы легирования, термообработка, структура и свойства. Коррозионностойкие стали: принципы легирования, термообработка, структура и свойства.

11.5. Инструментальные стали. Принципы легирования, структура и свойства сталей для режущего и измерительного инструмента. Теплостойкость. Особенности состава и термообработки сталей для штампов и пресс-форм литья под давлением. Жаропрочные и жаростойкие стали: состав, структура и свойства. Износостойкие стали. Сталь Гадфильда: состав, термообработка, структура и свойства.

Раздел 12. Диаграммы состояния тройных систем

12.1. Геометрическое изображение состава тройных сплавов. Концентрационный треугольник. Правила рычага и центра тяжести треугольника.

12.2. Геометрическое изображение диаграмм состояния тройных систем. Диаграмма состояния тройной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Пространственная диаграмма простейшего типа. Кристаллизация тройных однофазных сплавов. Изменение состава жидкой и твердой фаз. Изотермические и политермические сечения.

12.3. Диаграмма состояния тройной системы с тройной эвтектикой и практически полным отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии. Кристаллизация характерных сплавов, изотермические и политермические сечения. Строение тройной эвтектики.

12.4. Диаграмма состояния тройной системы с тройной эвтектикой и ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Кристаллизация характерных сплавов, изотермические и политермические сечения.

12.5. Системы с конгруэнтно плавящимися химическими соединениями. Примеры реальных диаграмм состояния тройных систем.

Раздел 13. Чугуны

13.1. Степень эвтектичности чугуна, углеродный эквивалент. Структурная диаграмма Маурера. Классификация чугунов, маркировка, химический состав, структура, свойства и применение. Роль примесей серы и фосфора в чугунах. Серый чугун с пластинчатым графитом.

13.2. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом. Чугун с вермикулярным графитом. Ковкий чугун. Механизм графитизации при отжиге белого чугуна на ковкий.

13.3. Чугуны со специальными свойствами: антифрикционные, износостойкие, жаростойкие и коррозионностойкие. Термическая обработка чугунов. Отжиг для уменьшения остаточных напряжений, отжиг для устранения отбела, нормализация, закалка на мартенсит и отпуск, изотермическая закалка, закалка с плавлением поверхности, химико-термическая обработка.

Раздел 14. Сплавы и композиционные материалы на основе легких металлов

14.1. Области применения алюминиевых сплавов и требования к ним. Свойства алюминия и его стандартные марки. Легирующие элементы и примеси в алюминиевых сплавах. Технологические схемы для отливок и деформированных полуфабрикатов. Особенности термической и деформационной обработки. Стандартные системы обозначения марок сплавов и их состояний (РФ и США).

14.2. Литая структура алюминиевых сплавов. Основные фазы и структурные составляющие. Промышленные литейные алюминиевые сплавы. Классификация, марки, структура, свойства, области применения.

14.3. Промышленные деформируемые алюминиевые сплавы. Классификация, марки, структура, свойства, области применения. Композиционные материалы на основе алюминия, получаемые методами порошковой металлургии. Быстрозакристаллизованные сплавы, САПы, САСы, сплавы с частицами карбида кремния, направленно закристаллизованные эвтектики.

14.4. Области применения магниевых сплавов и требования к ним. Свойства магния и его стандартные марки. Легирующие элементы и примеси в магниевых сплавах. Технологические схемы для отливок и деформированных полуфабрикатов магниевых сплавов. Особенности термической и деформационной обработки. Стандартные системы обозначения марок магниевых сплавов и их состояний (РФ и США). Промышленные литейные и деформируемые магниевые сплавы.

14.5. Области применения титана сплавов и требования к ним. Свойства титана. Стандартные марки титановой губки. Легирующие элементы и примеси в титановых сплавах.

Основные типы двойных диаграмм. Фазовые превращения в титановых сплавах. Деформируемые и литейные титановые сплавы.

Раздел 15. Сплавы и композиционные материалы на основе тяжелых металлов

15.1. Области применения медных сплавов и требования к ним. Свойства меди и ее стандартные марки. Легирующие элементы и примеси в медных сплавах. Классификация медных сплавов. Особенности термической и деформационной обработки. Латунь; деформируемые и литейные латуни; маркировка, структура свойства и применение. Коэффициенты Гийе.

15.2. Бронзы литейные и деформируемые, оловянные и безоловянные; маркировка, структура, свойства и применение. Медноникелевые сплавы: мельхиор, нейзильбер, константан. Композиционные материалы на основе меди.

15.3. Никель и его сплавы; маркировка, структура, свойства и применение. Особенности состава и структуры жаростойких и жаропрочных сплавов. Тугоплавкие металлы: вольфрам, молибден и ниобий; взаимодействие с примесями, структура, свойства и применение.

15.4. Цинк, свинец, олово и их сплавы; маркировка, строение, свойства и применение. Антифрикционные сплавы. Мягкие припои. благородные металлы: золото, серебро, платина и сплавы на их основе; маркировка, структура, свойства и применение.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 8

а) основная литература

1а) Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография. - М.: МИСиС, 1994. – 480 с.

2а) Белов Н.А. Основы материаловедения. Конспект лекций (электронная версия). МИСиС, 2007.

3а) Белов Н.А., Хван А.В. Основы материаловедения (Ч.3). Лабораторный практикум (электронная версия). – М.: МИСиС, 2006.

4а) Турилина В. Ю., Добаткин С. В. Материаловедение и термическая обработка металлов: Практикум / Под ред. С. А. Никулина - М.: Изд-во Учеба МИСиС, 2005. – 77 с.

5а) Никулин С. А., Турилина В. Ю. Материаловедение и термическая обработка металлов: Специальные стали: Учебно-методическое пособие. – М.: МИСиС, 2006. – 57 с.

6а) Материаловедение. Ч. 1: Лаб. практикум / Под ред. В. П. Канева. – М.: МИСиС, 2004. – 143 с.

б) дополнительная литература

1б) Белов Н.А. Диаграммы состояния тройных и четверных систем. - М.: МИСиС, 2007.