

Принято на заседании
Ученого совета ПИШ
протокол № 814-01/26 от 14.01.2026 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
22.04.02 Металлургия**

Москва 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	2
ЧАСТЬ 1. МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	3
ЧАСТЬ 2. МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	4
ЧАСТЬ 3. ТЕПЛОФИЗИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	6
ЧАСТЬ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ (ИННОВАЦИОННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ)	9
ЧАСТЬ 5. ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ (ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ)	11
ЧАСТЬ 6. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	13

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

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

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

Продолжительность вступительного испытания составляет 2 часа (120 минут).

Экзаменационный билет содержит 10 вопросов.

Система оценивания письменного вступительного испытания:

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

В случае правильного и полного ответа, поступающий получает количество баллов, соответствующее номеру вопроса, при неполном ответе или при наличии ошибок, балл снижается.

Результаты вступительных испытаний оцениваются по 100 балльной шкале.

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

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

ЧАСТЬ 1. МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

Раздел 1. Основные вопросы производства черных металлов и сплавов /1а, 1б/

История металлургии и её значение для развития цивилизации. Современное состояние металлургической отрасли и перспективы её развития. Технологический процесс работы металлургического предприятия с полным циклом.

Раздел 2. Подготовка руд к плавке и производство чугуна /1а, 1б/

2.1 Используемые материалы при производстве черных металлов. Железные руды: их определение, классификация и оценка качества.

2.2 Подготовка железных руд для доменной плавки. Процесс агломерации.

2.3 Структура доменной печи. Основные и вспомогательные устройства.

2.4 Процесс доменной плавки. Восстановление оксидов в доменной печи. Получение чугуна и шлака.

Раздел 3. Производство стали /1а, 2б, 3б/

3.1 Классификация сталей. Влияние состава на качество стали. Основы сталеплавильного производства и методы получения стали.

3.2 Основные реакции в сталеплавильном процессе. Образование шлаков и их роль.

3.3 Материалы, используемые в сталеплавильном процессе: структура и состав металлошихты, источники кислорода и шлакообразующие вещества. Требования к шихтовым материалам и технологии их подготовки.

3.4 Конвертерное производство стали. Структура и работа оборудования. Нормативный цикл конвертерной плавки.

3.5 Мартеновское производство стали. Схема работы и устройство мартеновской печи. Технология выплавки стали в мартеновских печах.

3.6 Электросталеплавильное производство. Классификация методов производства стали с использованием электрической энергии. Конструкция дуговых электропечей.

3.7 Методы выплавки стали в дуговых электропечах. Переплавка легированных отходов в дуговых печах. Основные этапы плавки и их задачи.

3.8 Внепечная обработка стали. Цели и методы обработки. Раскисление и легирование стали в ковше. Использование нейтральных газов при обработке жидкой стали в ковше.

3.9 Десульфурация стали с использованием синтетических шлаков и твердых смесей. Влияние этих процессов на качество металла.

3.10 Вакуумная обработка жидкой стали в ковше: технологии, используемое оборудование и влияние на качество металла. Комплексная обработка жидкой стали.

3.11 Непрерывные сталеплавильные процессы: различные технологические схемы и оборудование. Современное состояние и будущее этих технологий.

Раздел 4. Получение слитков и литых заготовок черных металлов /1а/

4.1 Оборудование для разливки стали. Различные способы разливки стали, сравнение методов разливки сверху и сифоном.

4.2 Структура стального слитка. Химическая и кристаллическая неоднородность. Процесс усадки.

4.3 Непрерывная разливка стали: технологии и преимущества. Типы машин для непрерывного литья заготовок.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 1

а) основная литература

1а. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия. -М.: Металлургия, 1999, 5. 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. Электрометаллургия стали и ферросплавов. -М.: Металлургия, 1984. 567 с.

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

ЧАСТЬ 2. МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Раздел 1. Основы гидрометаллургии (Производство золота) /1а/

1.1. Классификация металлургических процессов. Основные страны – производители золота. История развития золотодобычи. Источники сырья для добычи благородных металлов. Разновидности золота в сырье.

1.2. Добыча руды и подготовка к переработке. Гравитационные методы извлечения золота из руды. Амальгамирование для извлечения золота.

1.3. Цианирование золотых руд. Оборудование для гидрометаллургических процессов. Извлечение золота из цианистых растворов. Меры безопасности при работе с цианидами.

1.4. Аффинаж драгоценных металлов. Электролиз золотосеребряных сплавов. Процессы на аноде и катоде. Конструкция электролиза. Экономические и технико-экономические показатели электролиза. Общие затраты на производство золота из руды.

Раздел 2. Окислительная пирометаллургия (Производство меди) /1а/

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

2.2. Химические процессы при пирометаллургии меди. Обжиг и плавка медных концентратов в штейне.

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

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

Раздел 3. Восстановительная пирометаллургия (Производство свинца) /1а/

3.1. Сырьевая база свинцового производства. Потребление свинца. Химические соединения свинца в сырье. Основы восстановительной плавки свинца.

3.2. Агломерационный окислительный обжиг концентрата. Химические реакции агломерации. Конструкция агломерационной машины.

3.3. Химические реакции при производстве чернового свинца и работа шахтной печи. Переработка сульфидного концентрата в черновой свинец.

3.4. Рафинирование чернового свинца. Удаление примесей и побочных продуктов. Влияние свинцового производства на окружающую среду.

Раздел 4. Электрометаллургия (Производство алюминия) /2а/

4.1. Свойства и применение алюминия. Источники сырья для производства алюминия. Химические соединения алюминия в рудных материалах. Электрохимические процессы получения алюминия.

4.2. Производство глинозема методом Баяера. Процесс выщелачивания бокситов щелочными растворами. Основные химические реакции и поведение примесей.

4.3. Оборудование для спекания и выщелачивания. Электролитическое получение алюминия. Использование криолит-глиноземных расплавов.

4.4. Конструкция электролизеров и принцип их работы. Анодный эффект. Расход анодов и потребление энергии. Влияние производства алюминия на окружающую среду.

Раздел 5. Производство вольфрама /а/

5.1. Классификация редких металлов. Особенности технологических процессов производства редких металлов. Основные свойства вольфрама и его применения. Минералы и месторождения вольфрама. Процесс вскрытия шеелитовых и вольфрамитовых концентратов с использованием щелочных реагентов. Аппаратурное оформление процессов.

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

5.3. Технология производства вольфрамового порошка. Производство компактного пластичного вольфрама. Получение крупных слитков вольфрама с помощью электронно-лучевой и дуговой вакуумной плавки.

Раздел 6. Производство молибдена /а/

6.1. Свойства молибдена и его области применения. Минералы молибдена и месторождения. Методы переработки молибденитовых концентратов. Получение молибденитовых огарков.

Оборудование для процессов. Выделение молибдена из аммиачных растворов. Получение молибденового ангидрида. Производство молибденового порошка и компактных изделий.

Раздел 7. Производство тантала и ниобия /а/

7.1. Свойства тантала и ниобия, их области применения. Минеральное сырье и месторождения тантала и ниобия. Переработка танталит-колумбитовых концентратов с помощью плавиковой кислоты. Вскрытие лопаритовых концентратов хлорированием. Методы конденсации хлоридов. Оборудование для процессов.

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

Раздел 8. Metallургия титана и циркония /а/

8.1. Свойства и области применения титана. Характеристика рудного сырья. Восстановительная плавка ильменитового концентрата. Хлорирование титановых шлаков и конденсация хлоридов. Оборудование для процессов. Очистка технического тетрахлорида титана. Магнито-термическое восстановление тетрахлорида титана. Йодидное рафинирование титана и получение металлического титана.

8.2. Методы вскрытия цирконовых концентратов. Разделение циркония и гафния. Методы магнито-термического и электролитического получения металлического циркония. Технология рафинирования циркония.

Раздел 9. Metallургия рассеянных редких металлов /а/

9.1. Классификация рассеянных редких металлов. Характеристика рассеянных металлов. Примеры их извлечения при переработке цветных металлов и отходов других отраслей. Свойства германия и его соединений. Области применения. Способы извлечения германия из различных сырьевых материалов. Методы очистки германия от примесей.

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

Раздел 10. Metallургия радиоактивных и редкоземельных металлов

10.1. Роль радиоактивных и редкоземельных металлов (РЗМ) в современном мире. Значение этих металлов для атомной энергетики и энергетической безопасности России. Требования к этим металлам, особенности их производства, основные производители в мире и России. Минералы, руды и концентраты урана, методы вскрытия (кислотные и щелочные), используемое оборудование, техника безопасности при работе с радиоактивными материалами. Минералы, руды и концентраты РЗМ, способы их вскрытия, необходимость комплексного использования сырья.

10.2. Экстракционные и сорбционные методы выделения урана. Современные аппараты для экстракции, обезвреживание отходов и экологические проблемы. Переработка продуктов вскрытия минерального сырья РЗМ, предварительное разделение на группы. Экстракционные аффинажные операции для получения урана высокой степени чистоты. Основы разделения при получении индивидуальных РЗМ.

10.3. Технология получения оксидов, фторидов и хлоридов урана и РЗМ. Металлотермическое восстановление высокоактивных металлов; получение урана и 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.

ЧАСТЬ 3. ТЕПЛОФИЗИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Раздел 1. Механика жидкостей и газов /1,2/

- 1.1. Свойства жидкостей и газов. Влияние давления и температуры на их характеристики. Понятия идеальной и реальной жидкости, сжимаемой и несжимаемой. Гипотеза о сплошности жидкости.
- 1.2. Уравнения движения идеальной жидкости. Основные уравнения, описывающие ее движение.
- 1.3. Уравнения движения реальной жидкости. Основные уравнения, описывающие движение реальной жидкости.
- 1.4. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Характеристики и особенности этих режимов.
- 1.5. Теория пограничного слоя. Основные идеи, назначение и область применения этой теории.
- 1.6. Гидродинамическая структура пограничного слоя при ламинарном режиме. Структура пограничного слоя для реальной жидкости в ламинарном режиме.
- 1.7. Гидродинамическая структура пограничного слоя при турбулентном режиме. Структура пограничного слоя для реальной жидкости в турбулентном режиме.
- 1.8. Свободная струя. Особенности свободной струи как частного случая гидродинамического пограничного слоя. Основные закономерности и методы расчета.
- 1.9. Гидравлические потери. Потери энергии, связанные с вязкостным трением и способы их расчета.
- 1.10. Потери энергии на преодоление местных сопротивлений. Способы расчета этих потерь.
- 1.11. Уравнение гидростатики. Основное уравнение гидростатики и его применения для расчета силы давления на поверхности.
- 1.12. Давление горячих газов в печах. Распределение давления по высоте рабочего пространства печи и принцип работы дымовой трубы.

Раздел 2. Перенос тепла конвекцией /1,2/

- 2.1. Механизмы переноса тепла. Классификация механизмов переноса тепла. Понятия теплоотдачи и теплопередачи. Закон теплоотдачи Ньютона-Рихмана.
- 2.2. Дифференциальное уравнение энергии. Применение уравнения для расчета теплоотдачи.
- 2.3. Дифференциальное уравнение конвективной теплоотдачи. Уравнение для конвективного процесса теплоотдачи.
- 2.4. Теория пограничного слоя в теплоотдаче. Применение теории пограничного слоя для переноса тепла и массы примесей, понятие теплового и диффузионного пограничного слоя.
- 2.5. Теплоотдача при ламинарном движении жидкости. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности в ламинарном режиме.
- 2.6. Теплоотдача при турбулентном движении жидкости. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности в турбулентном режиме.
- 2.7. Теплоотдача в трубах при ламинарном режиме. Расчет конвективной теплоотдачи при движении жидкости в трубе в ламинарном режиме.
- 2.8. Теплоотдача в трубах при турбулентном режиме. Расчет конвективной теплоотдачи при движении жидкости в трубе в турбулентном режиме.
- 2.9. Особенности теплоотдачи при струйной обдувке. Особенности процесса конвективной теплоотдачи при струйной обдувке плоских и цилиндрических объектов.
- 2.10. Теплоотдача при свободной конвекции. Расчет теплоотдачи при свободной конвекции.
- 2.11. Критериальные выражения для расчета теплоотдачи. Формулы для расчета конвективной теплоотдачи в критериальном виде.

Раздел 3. Перенос тепла молекулярной теплопроводностью /1,2/

- 3.1. Гипотеза Фурье. Понятие температурного поля и виды температурных полей.
- 3.2. Уравнение нестационарной теплопроводности. Постановка задачи для нестационарной теплопроводности.
- 3.3. Граничные условия для задач теплопроводности. Виды граничных условий для решения задач нестационарной теплопроводности.
- 3.4. Методы решения задач теплопроводности. Методы решения задач нестационарной

теплопроводности и их область применения.

3.5. Общие решения задачи теплопроводности. Анализ общего решения для нестационарной теплопроводности при граничных условиях третьего рода.

3.6. Критерий Био. Влияние критерия Био на процессы нагрева и охлаждения. Различие между термически тонкими и массивными телами.

3.7. Регулярный тепловой режим. Особенности регулярного теплового режима при различных граничных условиях.

3.8. Задача стационарной теплопроводности. Постановка задачи стационарной теплопроводности.

3.9. Стационарная теплопроводность в плоской стенке. Расчет теплопроводности в плоской одно- и многослойной стенке при граничных условиях первого рода.

3.10. Теплопроводность в многослойной стенке. Расчет теплопроводности в многослойной плоской стенке при граничных условиях третьего рода.

3.11. Теплопроводность в цилиндрической стенке. Расчет теплопроводности в одно- и многослойной цилиндрической стенке при граничных условиях первого рода.

3.12. Теплопроводность в цилиндрической стенке. Расчет теплопроводности в многослойной цилиндрической стенке при граничных условиях третьего рода.

3.13. Задачи при граничных условиях второго рода. Особенности решения задач теплопроводности при таких условиях.

3.14. Интенсификация теплопередачи. Способы и методы повышения эффективности теплопередачи.

Раздел 4. Перенос тепла излучением /1,2/

4.1. Процесс переноса тепла излучением. Общая характеристика, виды излучения.

4.2. Характеристики процесса излучения. Количественные показатели для процесса излучения.

4.3. Виды лучистых потоков. Связь между различными видами лучистых потоков.

4.4. Закон сохранения энергии при излучении. Основной закон и его анализ для излучения.

4.5. Законы излучения черного тела. Основные законы излучения абсолютно черного тела и их анализ.

4.6. Излучение серого тела. Понятие серого тела и законы его излучения.

4.7. Задачи теплообмена излучением. Виды задач расчета теплообмена излучением в замкнутых системах.

4.8. Угловые коэффициенты для излучения. Угловые коэффициенты и их свойства для систем с прозрачной средой.

4.9. Угловые коэффициенты для излучающих систем. Угловые коэффициенты для систем с излучающе-поглощающей средой.

4.10. Зональный метод для расчета теплообмена. Применение классического зонального метода для систем с прозрачной средой.

4.11. Зональный метод для излучающих систем. Особенности применения зонального метода для систем с излучающе-поглощающей средой.

4.12. Радиоактивный теплообмен. Применение зонального метода для расчета радиационно-конвективного теплообмена.

Раздел 5. Тепловая работа и конструкции металлургических печей /1,2/

5.1. Классификация промышленного оборудования с точки зрения энергетики.

5.2. Печи как технологическое оборудование. Классификация печей в зависимости от лимитирующего процесса.

5.3. Методы генерации тепла посредством сжигания топлива.

5.4. Методы генерации тепла с использованием электрической энергии.

5.5. Температурные и тепловые режимы печей непрерывного действия.

5.6. Температурные и тепловые режимы печей с периодическим циклом работы.

5.7. Методы использования тепла отходящих газов и оборудование для этих целей.

5.8. Тепловой баланс печей: его составление и анализ.

5.9. Тепловая работа и баланс доменных печей.

5.10. Тепловая работа и баланс кислородных конвертеров.

5.11. Тепловая работа и баланс дуговых сталеплавильных печей.

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

Раздел 6. Основы теории очистки газов /1/

- 6.1. Причины образования пыли в газах. Понятия предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно допустимых выбросов (ПДВ). Значимость очистки газов с социальной точки зрения.
- 6.2. Методы сухой очистки газов и оборудование, используемое для этих процессов.
- 6.3. Методы мокрой очистки газов и соответствующее оборудование.
- 6.4. Работоспособность осадительных камер и их эффективность в очистке газов.
- 6.5. Принцип работы водяных скрубберов и эффективность очистки с их помощью.
- 6.6. Очистка газов от пыли с использованием рукавных фильтров.
- 6.7. Применение электрофильтров для очистки газов.
- 6.8. Очистка газов, образующихся в доменных печах.
- 6.9. Очистка газов, выделяющихся при работе кислородных конвертеров.
- 6.10. Очистка газов из дуговых сталеплавильных печей.
- 6.11. Очистка газов, образующихся в агломерационном производстве.

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 /1а, 4а/

- 1.1. Структура заготовок в машиностроении, требования к деталям и литым заготовкам. Процесс изготовления отливок, элементы литейной формы, качества литых заготовок. Классификация методов литья.
- 1.2. Литейные сплавы. Процессы затвердевания отливок и кристаллизация литейных сплавов с разными интервалами кристаллизации. Неметаллические включения, легирование, применение лигатур, модификация, 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, пористость, газовые включения, зональная и внутрикристаллическая ликвация. Образование трещин, коробление, поверхностные дефекты.

Раздел 2. Основы плавки металлов и сплавов /1а, 4а/

- 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 воздействия атмосферы. Выбор методов плавки, футеровки печей.
- 2.3. Физико-химические процессы при рафинировании расплавов: удаление растворённых газов,

неметаллических включений и раскисление.

Раздел 3. Изготовление отливок в разовых песчаных формах /1а, 4а/

3.1. Разработка технологического процесса изготовления отливок. Модельно-опочная оснастка. Литейная форма и её технологические свойства, влияние на качество отливок. Формовочные и стержневые смеси, основные и вспомогательные материалы. Подготовка смесей.

3.2. Литниковые системы и литейные прибыли. Расчёт литниково-питающих систем, типы литниковых систем.

3.3. Технологический процесс изготовления отливки: изготовление форм и стержней, их упрочнение, сборка литейной формы, заливка сплава, охлаждение, выбивка из формы, обрубка и очистка отливки, термическая обработка.

3.4. Механизация и автоматизация литейного производства. Конвейеры и автоматические формовочные линии. Технологическая схема литейного цеха.

Раздел 4. Специальные способы литья /1а, 4а/

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

4.2. Литьё по выплавляемым моделям. Схема технологического процесса, используемые материалы для литейных форм и модели.

4.3. Изготовление отливок в многоразовых металлических формах: кокильное литьё, литьё под давлением. Качество отливок в специальных методах. Механизация и автоматизация технологических процессов, особенности схемы литейного производства. Экономика и экология производства.

Раздел 5. Отливки из чугуна и стали /1а/

5.1. Классификация чугунных отливок. Структура чугуна, влияние факторов на его механические свойства. Отливки из серого и высокопрочного чугуна, плавка чугуна и плавильные агрегаты. Получение отливок из ковкого и легированных чугунов.

5.2. Классификация стальных отливок. Принципы проектирования стальных отливок, изготовление отливок из углеродистых и низколегированных сталей. Плавка стали и плавильные печи в литейном производстве. Особенности изготовления отливок из высоколегированных сталей (нержавеющих, жаропрочных и др.), термическая обработка.

5.3. Дефекты литья: их предотвращение и исправление.

Раздел 6. Отливки из сплавов цветных металлов /4а, 5а/

6.1. Литейные сплавы на основе алюминия, магния, меди и никеля. Особенности производства отливок. Производство слитков цветных металлов и их сплавов: назначение и требования к слиткам. Методы литья слитков, а также литье гранул, лент и других дисперсных заготовок, предназначенных для последующего прессования и компактирования.

6.2. Плавка, рафинирование и модификация алюминиевых сплавов. Плавильные печи, шихтовые материалы, флюсы. Технология литья алюминиевых сплавов в формы с одноразовым и многоразовым использованием. Термическая обработка отливок.

6.3. Особенности плавки магниевых сплавов, их рафинирование и модификация. Используемые плавильные печи и флюсы, а также бесфлюсовая плавка. Технология литья магниевых сплавов. Меры защиты расплавов от возгорания. Особенности термической обработки отливок из магниевых сплавов.

6.4. Особенности плавки медных и никелевых сплавов. Плавильные печи, флюсы, раскисление, рафинирование и модификация. Технология производства отливок из бронз и латуней. Плавка и литье сплавов на основе титана и других тугоплавких элементов. Электродуговая и электронно-лучевая плавка, центробежная заливка. Особенности технологии плавки и литья благородных металлов.

Раздел 7. Отливки для деталей металлургического оборудования /1а/

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

7.2. Классификация и основные принципы проектирования и расчета изложниц. Изложницы из чугуна с пластинчатым графитом и высокопрочного чугуна, а также стальные изложницы.

Поддоны, центровые и питающие насадки, пробки и вставки.

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

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.: Metallurgy, 1982. -352 с.

5а. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В.Курдюмов, М.В.Пикунов, В.М.Чурсин, Е.Л.Бибилов. - М.: Metallurgy, 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 /5а, 6а/

1.1. Значение порошковой металлургии. Историческое развитие порошковой металлургии и основные технологические схемы производства спеченных материалов. Классификация методов получения порошков.

1.2. Механические способы получения порошков. Измельчение твердых металлов и распыление жидких металлов и сплавов с помощью газового, жидкостного и центробежного распыления.

1.3. Физико-химические основы, оборудование, преимущества и недостатки различных методов, области применения. Получение аморфных и нанопорошков с помощью механических методов.

1.4. Получение металлических порошков через восстановление оксидов металлов твердыми и газообразными восстановителями. Физико-химические основы процессов.

1.5. Практическое производство порошков из железа, вольфрама, титана. Методы получения нанопорошков с использованием физико-химических процессов. Производство металлических порошков с помощью электролиза водных растворов и расплавленных сред.

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

Раздел 2. Формование и спекание металлических порошков /5а, 6а/

2.1. Подготовка порошков. Законодательные и физические аспекты 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 и брак. Прессование с использованием смазки.

2.2. Методы горячего изостатического прессования, инжекционного прессования и лазерного формования. Практическое применение прессования. Прессы и пресс-формы. Варианты формования металлических порошков: горячее, изостатическое, динамическое, импульсное, вибрационное прессование, прокатка и шликерное литье. Особенности процессов и аппаратурное 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 характеристики спеченных изделий. Специфика спекания многокомпонентных систем. Влияние гетеродиффузии на усадку.

2.4. Основные закономерности спекания многокомпонентных систем при присутствии жидкой фазы, исчезающей или сохраняющейся до конца изотермической выдержки при нагреве. Кинетика усадки и факторы, влияющие на плотность и зернистость сплавов.

2.5. Пропитка как метод жидкостного спекания. Физико-химические основы и закономерности этого процесса. Практика спекания, используемые печи и атмосферные условия, а также типичные дефекты при спекании.

Раздел 3. Спеченные материалы с особыми свойствами /5а, 1б/

3.1. Классификация спеченных материалов. Спеченные пористые подшипники и фильтры: состав, технологии производства, физические и механические свойства.

3.2. Антифрикционные и фрикционные материалы: основные принципы работы, структура и свойства твердых смазок. Технология изготовления, характеристики, 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 технологии производства, области применения.

3.4. Спеченные твердые сплавы: их классификация, схема технологического процесса, свойства и области применения. Конструкционная керамика: характеристика исходных материалов, технологические методы получения и нанесение керамических покрытий. Свойства и области применения.

3.5. Жаропрочные спеченные материалы: дисперсно-упрочненные и волокнистые. Особенности технологии производства, 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. Основные концепции, классификация процессов и изделий, создаваемых методами обработки металлов давлением (ОМД) /1а, 2а/

1.1. Введение в обработку металлов давлением, значение методов пластической деформации в развитии цивилизации, виды исходных материалов для ОМД, изделия и понятие «новый продукт».

1.2. Классификация процессов ОМД по различным критериям.

Раздел 2. Физические основы пластической деформации металлов и сплавов, взаимодействие процессов ОМД с термообработкой, методы контроля структуры и свойств продукции /1а, 2а, 3б/

2.1. Структура деформируемых сталей, механизмы пластической деформации, управление структурой и свойствами стали через пластическую деформацию, диаграмма пластичности, связь с методом получения заготовки и термообработкой.

2.2. Структура деформируемых цветных металлов и сплавов, механизмы пластической деформации, контроль структуры и свойств, пластичность и разрушение, связь с методом получения заготовки и термообработкой.

Раздел 3. Теоретические основы процессов обработки металлов давлением /1а, 3а, 4а/

3.1. Сопротивление деформации и напряженное состояние материала, 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. Модели среды. Связь напряжений и деформаций. Закономерности трения при контактной деформации. Локальные и интегральные показатели напряженно-деформированного состояния материала.

3.4. Методы моделирования и анализа процессов обработки металлов давлением.

Раздел 4. Оборудование для силового воздействия на материал, вспомогательное оборудование, средства управления /1а, 2а, 1б/

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

4.2. Механические и гидравлические прессы, техника ударного (импульсного) воздействия.

4.3. Силовые установки с комбинированным вращением и возвратно-поступательным движением исполнительного элемента, детальнопрокатные станы, установки непрерывного прессования, сферодвижная штамповка.

4.4. Специальная техника: оборудование для обработки композитов, порошков, цветных металлов и сплавов, вакуумные системы и регулируемые среды в ОМД.

Раздел 5. Прокатка металлов /1а, 2а, 3б/

5.1. Очаг деформации и кинематика течения металла при продольной прокатке, основные понятия, расчет 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. Применение защитных сред и капсул, прокатка в вакууме. Особенности прокатки 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, используемые инструменты и материалы.

5.5. Температурно-скоростные условия горячей прокатки цветных сплавов, инструменты и материалы.

5.6. Технология прокатки плоской продукции с повышенными требованиями к качеству, многовалковые системы.

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

5.8. Производство бесшовных труб методом прокатки. Основные параметры процессов прошивки и раскатки.

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

производства труб различных типов.

Раздел 6. Ковка, объёмная и листовая штамповка /1а, 3а, 1б/

6.1. Ковка: исходные материалы, классификация изделий, операции ковки и используемые инструменты. Температурный режим и особенности деформации металлов при свободной ковке. Ротационная ковка.

6.2. Горячая объёмная штамповка сталей: классификация поковок, исходные материалы, проектирование штамповой оснастки.

6.3. Объёмная штамповка цветных металлов и сплавов: особенности процесса, исходные материалы, оснастка для изотермической штамповки и деформации в условиях сверхпластичности.

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

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

6.6. Основы проектирования процессов листовой штамповки: разделительные и формообразующие операции.

6.7. Методы изготовления инструмента и применение систем быстрого прототипирования в ОМД.

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

Раздел 7. Прессование, выдавливание и волочение металлов /3а, 2б/

7.1. Схема процесса прессования, классификация основных способов прессования по кинематике течения металла. Очаг деформации, напряжённо-деформированное состояние материала при прессовании. Расчёт энергосиловых характеристик процесса, методы управления кинематикой истечения материала, расчёты на прочность и устойчивость элементов инструмента.

7.2. Сортамент и 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 и 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 /1а/

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

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

8.3. Комплексные методы производства специальных материалов и изделий для машиностроения, энергетики, авиации и космонавтики, оборонной техники с использованием давления 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 процессов ковки, 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

1б. Ковка и штамповка. Справочник. В 4-х томах / под ред. Е.И.Семенова. - М.:

Машиностроение. 1986. — с.

2б. Щерба В.Н., Райтбарг Л.Х. Технология прессования металлов. Учебное пособие для вузов. - М.: Металлургия, 1995. - 336 с.

3б. 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.