

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИМАШ УрО РАН)



Утверждаю

Директор ИМАШ УрО РАН

Э.С. Горкунов Э.С. Горкунов

« 24 » *Мая* 2013 г.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

05.16.05 «Обработка металлов давлением»

по техническим наукам

Программа-минимум
содержит 11 стр.

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теория обработки металлов давлением; основы теорий процессов обработки металлов давлением; технологии производства продукции методами обработки металлов давлением. Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по металлургии и металловедению при участии Московского государственного института стали и сплавов (технологического университета).

1. Теория обработки металлов давлением

1.1. Основные этапы развития теории процессов ОМД и ее влияние на развитие технологических процессов и оборудования.

1.2. Теория пластичности.

Деформация сплошной среды. Переменные Лагранжа и Эйлера. Тензоры конечных деформаций. Тензор малой деформации. Девиатор деформации. Инварианты тензора и девиатора деформации. Главные деформации, интенсивность деформаций сдвига.

Течение сплошной среды. Поле вектора скорости. Линии тока и траектории. Тензор и девиатор скорости деформации, их инварианты. Главные скорости деформации, интенсивность скоростей деформаций сдвига. Степень деформации сдвига. Функции тока. Уравнение неразрывности и несжимаемости.

Напряжения. Пластическое состояние. Напряженное состояние. Тензор напряжений, девиатор напряжений и их инварианты. Главные нормальные и касательные напряжения. Напряжения на наклонной площадке. Уравнения связи напряженного и деформированного состояний. Простейшие реологические модели. Условия пластичности. Краевая задача теории пластичности. Методы решения краевых задач.

1.3. Физические основы пластической деформации металлов и сплавов.

Строение металлов. Анизотропия свойств монокристаллов. Дефекты кристаллического строения металлов.

Пластическая деформация монокристаллов. Механизмы деформации. Скольжение. Системы скольжения в кристаллах различного типа (ГЦК, ОЦК, ГПУ). Основы теории дислокаций. Пластическая деформация с позиций теории дислокации.

Температурно-скоростные зависимости характеристик прочности и пластичности монокристаллов.

Пластическая деформация и разрушение поликристаллов. Особенности деформации поликристаллов. Неравномерность деформации. Механизмы деформации и упрочнения поликристаллов. Влияние холодной деформации на структуру и свойства поликристаллов.

Процессы, происходящие при нагреве наклепанного металла: возврат, полигонизация, рекристаллизация. Влияние нагрева на структуру и свойства наклепанного металла. Диаграмма рекристаллизации 1 рода. Горячая деформация поликристаллов. Особенности и механизмы. Механизмы термической пластичности. Влияние горячей деформации на структуру и свойства. Диа-

грамма рекристаллизации 2 рода. Классификация процессов ОМД по температурным условиям.

1.4. Методы экспериментальных исследований процессов ОМД.

Теория подобия в процессах обработки металлов давлением.

Тензометрирование и его использование для исследований напряжений, усилий деформирования, перемещений, скоростей и др.

Методы исследований деформаций: координатные сетки, линии тока, муаровые полосы. Оптические методы исследований деформаций и напряжений. Исследования деформированного состояния методом твердости, рекристаллизованного зерна и рентгенографическими методами. Границы применимости экспериментальных методов, их точность и чувствительность.

Методы планирования экспериментов и обработка экспериментальных данных.

1.5. Внешнее трение в процессах ОМД.

Физическая природа трения. Виды и законы трения. Зависимость сил трения от температуры, степени и скорости деформирования, давления, физико-химических свойств контактируемых поверхностей и др. факторов. Анизотропия трения. Методы экспериментального исследования трения. Смазки, их свойства, назначение и основные требования к ним.

1.6. Сопротивление металлов пластическому деформированию.

Сопротивление деформации: определение, влияние степени и скорости деформации, температуры, истории деформирования, внешней среды. Экспериментальные методы определения, расчет сопротивления деформации.

1.7. Аналитические методы определения усилий деформации.

Метод совместного решения дифференциального уравнения равновесия и уравнения пластичности, методы линий скольжения и характеристик, метод работ, вариационные методы. Сопоставление различных методов расчета усилий.

Работа и мощность деформации. Тепловыделения в процессе деформации.

1.8. Пластичность и разрушение.

Пластичность и деформируемость металлов и методы определения. Основные факторы, влияющие на пластичность, схема напряженного состояния, внешняя среда и др. Виды разрушения при пластической деформации. Феноменологические теории разрушения. Трещины. Теория Гриффитса. Накопление повреждений. Диаграмма пластичности.

Деформация металлических материалов в состоянии сверхпластичности.

1.9. Основы математического моделирования процессов ОМД.

Понятие математической модели, общие принципы и этапы построения математической модели. Применение численных методов для анализа и расчета процессов ОМД. Постановка и пути решения оптимизационных задач.

2. Основы теории процессов обработки металлов давлением

2.1. Теория продольной прокатки на гладкой бочке.

Очаг деформации, совокупность параметров, описывающих его геометрию. Условия захвата полосы валками. Трение при захвате и установившемся процессе прокатки. Влияние технологических и конструктивных параметров

на условия захвата полосы валками. Анализ скоростей пластического течения в очаге деформации. Опережение, отставание, расчетные формулы для их определения. Нейтральный угол. Связь между характеристическими углами. Влияние технологических параметров на величину опережения.

Уширение и факторы, влияющие на его величину. Неравномерность уширения в очаге деформации. Влияние формы (геометрии) очага деформации, внешних зон, температуры, условий трения и структурного состояния на величину уширения.

Контактные напряжения при прокатке (плоская задача). Дифференциальное уравнение контактных напряжений. Контактное напряжение в очаге деформации при постоянном значении коэффициента трения. Экспериментальные исследования распределения контактных напряжений и их зависимость от параметров процесса.

Распределение деформаций и напряжений в объеме очага деформации в зависимости от фактора формы очага деформации.

Усилие прокатки и факторы, определяющие его величину. Влияние условий трения, натяжения, ширины полосы и внешних зон на контактное давление. Особенности расчета усилий в зависимости от фактора формы очага деформации.

Энергия, затрачиваемая на прокатку, методы определения работы и мощности прокатки. Момент прокатки. Коэффициент плеча равнодействующей и методы его определения. Факторы, влияющие на положение равнодействующей.

Температурные условия в очаге деформации. Расчет температуры металла при прокатке.

2.2. Теория прокатки в калибрах.

Особенности процесса прокатки в калибрах. Аналитическое описание формы калибров, показатель и коэффициент формы. Уравнение постоянства объемов при прокатке в калибрах. Критерий неравномерности распределения обжатий по ширине калибра. Внеконтактная деформация и понятие средней вытяжки в калибрах. Неравномерность деформации при прокатке в калибрах. Зоны затрудненной деформации.

Влияние формы калибра и раската на формоизменение и напряженное состояние металла. Расчет уширения в калибрах. Распределение контактных напряжений в очаге деформации. Расчет среднего давления и усилий прокатки в калибрах.

2.3. Радиально-сдвиговая и поперечная прокатка.

Кинематические и энергосиловые параметры процесса радиально-сдвиговой прокатки. Принципы построения очага деформации, расчет калибровки валков при больших углах подачи.

Поперечная прокатка. Скоростные условия. Угол нейтрального сечения и условия вращения заготовки. Деформационные параметры. Силовые условия. Напряженное состояние металла.

2.4. Теория процессов прокатки бесшовных труб.

Винтовая прокатка. Особенности процесса, очаг деформации и его параметры. Скоростные условия. Распределение контактных напряжений в очаге деформации. Условия захвата заготовки валками и стабильность процесса.

Напряженно-деформированное состояние металла при винтовой прокатке. Энергосиловые параметры процесса.

Теоретические основы процесса редуцирования.

Пилигримовая прокатка. Особенности деформации металла. Скоростные условия. Зоны опережения и отставания. Направление сил трения в очаге деформации. Условия захвата металла валками. Энергосиловые параметры процесса.

Холодная периодическая прокатка труб. Схема процесса прокатки на станах ХПТ, ХПТС, ХПТР и особенности пластического формоизменения металла. Напряженно-деформированное состояние металла. Условия захвата металла валками. Скоростные условия. Энергосиловые параметры процесса.

2.5. Теория процессов производства сварных труб.

Способы формовки трубной заготовки в холодном и горячем состоянии. Напряженно-деформированное состояние металла в процессах непрерывной формовки заготовки в холодном и горячем состоянии.

Кинематические условия и энергосиловые параметры при прямошовной формовке. Методы их расчета.

Особенности деформации металла в процессах формовки листов на прессах. Распределение напряжений и деформаций по ширине и высоте листов. Определение потребного усилия прессового оборудования.

Особенности деформации металла при экспандировании. Определение оптимальной величины экспандирования и потребной мощности.

2.6. Теория волочения.

Разновидности процесса волочения, деформационные показатели. Напряженно-деформированное состояние металла. Особенности контактного трения при волочении. Расчетные методы определения напряжений и усилия волочения. Предельная и оптимальное значение коэффициента вытяжки при волочении.

2.7. Теория прессования.

Сущность и разновидности процессов прессования. Закономерности течения металла при прессовании прутков, профилей труб и напряженно-деформированное состояние металла. Температурные условия процессов прессования. Особенности трения при прессовании. Силовые условия процессов прессования.

2.8. Теорияковки.

Геометрические параметры очага деформации для различных процессовковки, их влияние на распределение напряжений и деформаций при протяжке, осадке, прошивке, разгонке и др. Напряжения и деформации при ковке плоскими, комбинированными и вырезными бойками. Особенности трения на поверхности контакта инструмента с металлом. Скольжение, торможение и застой на поверхности контакта. Зоны деформации при осадке цилиндрических заготовок плоскими бойками. Неравномерность деформации при осадке. Напряженное состояние металла при осадке. Расчет контактных напряжений и усилий при осадке и вытяжке.

2.9. Теория штамповки.

Объемная штамповка. Характеристика разновидностей объемной штамповки. Напряженно-деформированное состояние в процессах объемной штамповки. Стадии объемной штамповки. Анализ течения металла в штампе. Термомеханические режимы штамповки. Изотермическая штамповка и штамповка в режиме сверхпластичности. Методы расчета деформирующих усилий при объемной штамповке.

Листовая штамповка и формовка. Особенности деформирования металла при операциях листовой штамповки (разделительных и формообразующих). Анализ напряженно-деформированного состояния металла в различных процессах листовой штамповки. Методы расчета усилий, напряжений и деформаций.

Формовка. Очаг деформирования и анализ напряженно-деформированного состояния. Расчет усилий и деформаций при формовке.

2.10. Особенности построения математических моделей процессов ОМД.

Моделирование процессов: продольная прокатка на гладкой бочке; прокатка в калибрах; радиально-сдвиговая и поперечная прокатка; винтовая прокатка; пилигримовая прокатка; прокатка сварных труб; холодная прокатка труб; волочение; прессование; ковка; объемная и листовая штамповка.

3. Технологии производства продукции методами обработки металлов давлением

3.1. Технология прокатного производства.

Профильный и марочный сортамент прокатного производства черных и цветных металлов. Способы производства слитков и заготовок.

Технология нагрева исходных материалов перед прокаткой и охлаждения после прокатки.

Системы вытяжных калибров, их характеристика и методики расчета. Калибровка валков для прокатки блюмов и заготовок простых и фасонных сортовых профилей. Методики расчета калибровки валков прокатного стана, маршрутная схема прокатки. Управление профилем и формой полос.

Основные технологические схемы и оборудование для производства полупродукта, крупносортовой, среднесортовой, мелкосортовой стали и катанки, горячекатаного и холоднокатаного листа, гнутых и фасонных холоднокатаных профилей. Особенности производства специальных профилей проката (периодические профили, колеса, бандажи, кольца, шары и т.д.)

Совмещенные технологические процессы в производстве листовой и сортовой продукции. Технологические особенности прокатки непрерывнолитого металла.

Характеристика качества продукции прокатного производства, схемы технологических процессов отделки исходных материалов и готовой продукции. Контроль качества, способы удаления дефектов.

Технологические операции придания дополнительных служебных свойств прокату (термообработка, нанесение покрытий и т.д.).

Основы автоматизации технологических процессов.

Технико-экономические показатели производства листовой и сортовой продукции.

3.2. Технология производства бесшовных труб.

Сортамент и методы испытаний стальных труб. Характеристика основного оборудования и технологий производства трубных заготовок. Режимы нагрева. Виды брака при нагреве, способы его предотвращения и устранения.

Характеристика и классификация технологических процессов производства горячедеформированных бесшовных труб. Прошивка заготовок. Раскатка гильз в черновые (передельные) трубы. Калибрование и редуцирование труб. Производство труб на различных трубопрокатных агрегатах. Режимы деформации труб и расчет таблиц прокатки. Расчет калибровки технологического инструмента. Производство труб прессованием. Технология непрерывной безоправочной прокатки труб. Качество бесшовных труб. Техно-экономические показатели производства бесшовных труб. Технологические схемы и оборудование для производства холоднодеформированных труб. Расчет режимов и маршрутов прокатки труб на станах ХПТ, ХПТС, ХПТР. Методы расчета калибровки инструмента станов холодной прокатки труб.

Технология и принципы расчета маршрутов волочения труб. Отделочные операции при холодной прокатке и волочения труб. Качество холоднодеформированных труб.

3.3. Технология производства сварных труб.

Общая характеристика технологического процесса, основные операции процесса. Подготовка листового металла в сварке. Технология производства труб непрерывной печной сваркой, электросваркой на непрерывных трубоэлектросварочных агрегатах, дуговой сваркой под слоем флюса прямошовных, спиральношовных и многошовных труб. Принципы расчета таблиц прокатки. Основные методы расчета калибровки технологического инструмента трубоформовочного и трубосварочного оборудования. Новые процессы производства сварных труб: электронно-лучевая сварка труб, сварка труб плазменной дугой и др. Качество сварных труб. Техно-экономические показатели производства сварных труб. Тенденции развития производства бесшовных и сварных труб.

3.4. Технология волочильного производства.

Сортамент и основные требования, предъявляемые к качеству изделий, получаемых волочением. Технологический процесс и основное оборудование для производства прутков, труб, проволоки, калиброванного металла и фасонных профилей волочением. Основные операции подготовки поверхности заготовки. Влияние параметров технологического процесса производства на формирование показателей качества готовых изделий, методы оценки качества и основные отделочные операции. Современные непрерывные линии подготовки заготовки и отделки готовой продукции. Тенденции развития технологии и оборудования волочильного производства.

3.5. Технология прессования.

Типовые технологические схемы производства прессованных полуфабрикатов и изделий. Разновидности процесса прессования по условиям контактного взаимодействия заготовки с инструментом, температурным условиям и типу инструмента и инструментальных комплектов.

Способы получения прессизделий различных типов. Особенности прессования различных металлов и сплавов. Управление течением металла и свойствами прессизделий.

Прессовое оборудование, проектирование технологического инструмента.

3.6. Технологияковки.

Заготовки для поковки: слитки, непрерывно-литые и прокатанные заготовки, их макростроение (геометрические модели). Нагрев металла перед ковкой; математические модели теплового состояния слитков и заготовок, типы тепловых полей. Основные типы агрегатов дляковки – интегрированные и автоматизированные комплексы, радиально-обжимные машины.

Потоки и схемы пластического течения металла при ковке, способы их регулирования. Деформационные возможности металла при ковке, способы их регулирования. Деформационные возможности кузнечного инструмента в создании и преобразовании полей напряжений и деформаций металла и формирования физико-механических свойств металла поковки.

Разновидности операцийковки, оборудования и режимы отделки, методы управления и контроля качеством продукции ковочного производства.

3.7. Технологияобъемнойштамповки.

Сортамент продукции и характеристика исходных заготовок. Технологические процессы объемной штамповки. Расчет технологических параметров. Разработка стадий технологического процесса объемной штамповки. Выбор технологического оборудования. Особенности автоматизации процессов. Отделочные операции и пути повышения качества штампованных поволоков. Особенности эксплуатации штампов, стойкость и применение смазочно-охлаждающих жидкостей. Перспективы развития технологии и оборудования объемной штамповки.

3.8. Технологиялистовойштамповки и формовки.

Сортамент продукции и характеристика исходных материалов.

Технологические процессы листовой штамповки и формовки, области применения и классификация изделий. Особенности механизации и автоматизации технологических процессов. Технологическая оснастка: эксплуатация и применение смазочно-охлаждающей жидкостей. Перспективы разработки новых процессов и оборудования.

3.9. Специальные технологии производства продукции.

Импульсное (высокоскоростное) нагружение в процессах деформирования металлов. Механизмы пластической деформации, температурно-скоростные условия деформации, неравномерность течения металла под действием импульсных нагрузок. Сортамент продукции. Основные технологические операции и оборудование.

Производство полуфабрикатов и изделий из порошковых материалов методами прокатки, прессования (экструзии), обработки взрывом, аэро- и газостатического прессования. Особенности воздействия давлением на обрабатываемый материал. Температурно-скоростные условия деформации, неравномерность деформаций влияния среды обработки на свойства материала.

Производство композиционных материалов (слоистых, волокнистых, дисперсно-упрочненных) с использованием процессов прокатки и прессова-

ния. Схемы технологических процессов, анализ напряженно-деформированного состояния материала, силовые параметры процессов. Качество продукции.

Материалы, получаемые СВС (самораспространяющийся высокотемпературный синтез) процессом. Основы теории и технологии процесса СВС. Процессы, основанные на совмещении СВС и ОМД: СВС – компактирование, СВС – экструзия, СВС – прокатка, в том числе в вакууме. Основные технологические операции и оборудование.

3.10. Основы ресурсо- и энергосбережения в технологических процессах ОМД.

Виды производств: листопрокатное, сортопрокатное, трубопрокатное, волочильное, прессовое, кузнечно-штамповочное, специальные.

3.11. Экологические аспекты в технологических процессах ОМД.

Рекомендуемая основная литература:

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1986. 688 с. (1-е изд.); Екатеринбург: УГТУ – УПИ. 2001. – 836 с. (2-е изд.).
2. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением (теория пластичности). Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1980. – 456 с.
3. Тюрин В.А., Мохов А.И. Теория обработки металлов давлением. Под ред. проф. В.А. Тюрин. Учебник для вузов. – Волгоград: РПК «Политехник», 2000. – 416 с.
4. Гун Г.Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1983. – 352 с.
5. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. Физические основы пластической деформации. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1982. – 584 с.
6. Физическое металловедение. Учебник для вузов. С.В. Грачев, В.Р. Барз, А.А. Богатов, В.П. Швейкин – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2000. – 534.
7. Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1980. – 360 с.
8. Потапов И.Н., Коликов А.П., Друян В.И. Теория трубного производства. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1991. – 424 с.
9. Охрименко Я.М., Тюрин В.А. Теория процессовковки. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа. 1977. – 295 с.
10. Перлин И.Л., Райтбарт Л.Х. Теория прессования металлов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1975. – 448 с.
11. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1971. – 447 с.
12. Прокатное производство / П.И. Полухин, Н.М. Федосов, А.А. Королев, Ю.М. Матвеев. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1960. – 966 с. (1-е изд.); 1968 – 676 с. (2-е изд.).

13. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. М.: Металлургия. 1987. – 367 с.
14. Технология обработки давлением цветных металлов и сплавов. Учебник для вузов / А.В. Зиновьев, А.И. Колпашников, П.И. Полухин и др. – М.: Металлургия, 1992. – 512 с.
15. Технология производства труб. Учебник для вузов / И.Н. Потапов, А.П. Коликов, В.Н. Данченко и др. – М.: Металлургия, 1994. – 528 с.

Дополнительная литература

1. Кучеряев Б.В. Механика сплошных сред. Учебник для вузов. М.: МИСиС. 2000. -320 с.
2. Экспериментальные методы механики деформируемых твердых тел (технологические задачи обработки давлением) / В.К. Воронцов, П.И. Полухин, В.А. Белевитин, В.В. Бринза – М.: Металлургия, 1990. – 480 с.
3. Грудев А.П. Теория прокатки. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1988. – 240 с.
4. Теория прокатки. Справочник. А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др. – М.: Металлургия, 1982. – 335 с.
5. Теорияковки и штамповки. Учебное пособие для вузов. Под ред. Е.П. Унксова и А.Г. Овчинникова. М.: Машиностроение, 1993.
6. Осадчий В.Я., Воронцов А.Л., Безносиков И.И. Теория и расчеты технологических параметров штамповки выдавливанием. Учебное пособие для вузов. М.: МГАПИ, 2001. – 307 с.
7. Бережной В.Л., Щерба В.Н., Батулин А.И. Прессование с активным действием сил трения. М.: Металлургия, 1988. – 296 с.
8. Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин Л.И. Технология прокатного производства. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1994. – 656 с.
9. Технология прокатного производства. Справочник в двух книгах. Под редакцией В.И. Зюзина и А.В. Третьякова. – М.: Металлургия. 1991. – 859 с.
10. Технология и оборудование трубного производства. Учебник для вузов. / В.Я. Осадчий, А.С. Вавилин, В.Г. Зимовец, А.П. Коликов. – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 608 с.
11. Новые процессы деформации металлов и сплавов. Учебное пособие для вузов. / А.П. Коликов, П.И. Полухин, А.В. Крупин и др. – М.: Высшая школа, 1986. – 351 с.
12. Щерба В.Н., Райтбарг Л.Х. Технология прессования металлов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия. 1995. – 336 с.
13. Алиев Ч.А., Тетерин Г.П. Система автоматизированного проектирования технологии горячей объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1987. 224 с.
14. Друянов Б.А. Прикладная теория пластичности пористых тел. М.: Машиностроение, 1989. – 168 с.
15. Чернышев В.Н., Линецкий Б.Л., Крупин А.В. Обработка металлов давлением в контролируемых средах. – М.: Металлургия, 1993. – 272 с.

16. Обработка металлов взрывом / А.В. Крупин, В.Я. Соловьев, Г.С. Попов и др. – М.: Металлургия, 1991. – 496 с.
17. Колпашников А.И., Арефьев Б.А., Мануйлов В.Ф. Деформирование композиционных материалов. – М.: Металлургия, 1982. – 243 с.
18. Кобелев А.Г., Потапов И.Н., Кузнецов Е.В. Технология слоистых металлов. Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1991. – 248 с.