

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Карачаево-Черкесская государственная гуманитарно-технологическая академия»

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе,
информатизации и международному
сотрудничеству, д.ф.-м.н., доцент
Д.М. Эдиев



ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Технологии и машины обработки давлением»

программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

направление подготовки 15.06.01 Машиностроение

направленность (профиль) «Технологии и машины обработки давлением»

Черкесск-2018

Программа кандидатского экзамена одобрена на заседании кафедры
«Технологические машины и переработка материалов»

от «24» 04 2018г. Протокол № 8

Заведующий кафедрой,
д.т.н., профессор

 А.Ю. Боташев

Одобрено Советом Инженерно-технологического института

«30» 04 2018г. Протокол № 8

Директор Инженерно-технологического
института, к.т.н., доцент

 Р.Ш. Шайлиев

Согласовано:

Начальник отдела подготовки
кадров высшей квалификации
к.э.н., доцент

 Л.Д. Токова

Разработчик:

профессор, д.т.н., профессор кафедры
«Технологические машины
и переработка материалов»

 А.Ю. Боташев

СОДЕРЖАНИЕ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
II. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ КУРСА	5
III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА	10
IV. ВОПРОСЫ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ	12

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа – минимум кандидатского экзамена по дисциплине Технологии и машины обработки давлением (направление подготовки 15.06.01 Машиностроение профиль «Технологии и машины обработки давлением») направлена на проверку знаний аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук по вопросам знания теоретических основ и узловых проблем теории обработки металлов давлением, технологических процессов и машин обработки давлением; проверку у аспирантов практических навыков для проведения исследований технологических процессов обработки давлением, а также владения аспирантами методами проектирования новых технологий обработки давлением и оборудования для их осуществления.

Предлагаемая программа составлена на основе типовой Программы – минимума кандидатского экзамена по специальности 05.02.09 Технологии и машины обработки давлением, разработанной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки по машиностроению при участии Тульского государственного университета, МГТУ им. Н.Э. Баумана и Самарского государственного аэрокосмического университета.

Программа основана на следующих дисциплинах: теория обработки металлов давлением; технологии и машины обработки давлением; листовая штамповка; импульсные методы обработки давлением и охватывает комплекс основных вопросов профиля «Технологии и машины обработки давлением» по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение

II. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ КУРСА

Теория и технологические основы процессов обработки металлов давлением

Физические основы

Строение металлов. Типы кристаллических решеток. Дефекты кристаллических решеток. Математическая модель взаимодействия двух атомов в кристаллической структуре: изменение потенциальной энергии и сил взаимодействия в зависимости от расстояния между атомами. Вычисление на основе математической модели взаимодействия двух атомов модуля упругости, частоты собственных колебаний атомов, коэффициента линейного расширения, критического касательного напряжения, необходимого для пластической деформации скольжения.

Дислокации, их виды. Возникновение дислокаций. Силы взаимодействия двух дислокаций, расположенных в параллельных плоскостях, источники появления дислокаций в результате пластической деформации. Плотность дислокаций. Взаимодействие пересекающихся дислокаций.

Холодная пластическая деформация моно- и поликристаллов. Влияние границ зерен. Упрочнение металлов, кривые упрочнения. Эффект Баушингера, остаточные напряжения и накопление потенциальной энергии, текстуры пластической деформации, анизотропия свойств.

Влияние температуры на процессы, протекающие в кристаллических структурах. Второй закон термодинамики и направленная диффузия атомов. Рост зерен. Факторы, влияющие на размер зерен: температура, степень пластической деформации. Диаграммы рекристаллизации.

Понятия холодной, неполной холодной, горячей и неполной горячей пластической деформации, преимущества и недостатки указанных видов деформаций.

Пластичность и деформируемость металлов и сплавов. Влияние химического и фазового состава на пластичность металлов и сплавов. Влияние структуры и ее неоднородности на пластичность металлов и сплавов. Влияние на пластичность температурно-скоростных режимов пластического деформирования; схемы напряженного состояния. Пластичность металлов в поле сверхвысокого гидростатического давления. Особенности поведения тел с нанокристаллической структурой при обработке давлением.

Сверхпластичность сплавов и возможности ее использования при обработке давлением.

Механизм контактного трения. Влияние физико-химического состояния поверхностей заготовки и инструмента, температуры, скорости деформирования и нагрузок на величину сил, вызываемых трением. Технологические смазывающие материалы. Жидкостное трение и гидродинамический эффект.

Основы механики и теплофизики

Компоненты тензоров напряжений, деформаций, скоростей деформаций, из инвариантные характеристики. Круги Мора для напряжений и деформаций. Условие сплошности материала. Дифференциальные уравнения равновесия. Соотношения между напряжениями, относительными деформациями и скоростями относительных деформаций при упругой и пластической деформации. Обобщенный закон Гука. Условия пластичности: энергетическое, постоянства максимальных касательных напряжений. Учет упрочнения в условиях пластичности. Частные случаи напряженно-деформированного состояния: плоская деформация, плоско-напряженное состояние.

Метод приближенных (одномерных) уравнений пластического равновесия. Основные допущения при построении приближенных уравнений равновесия и состояния пластичности. Определение деформирующей силы на примере операции осадки цилиндрической заготовки.

Метод линий скольжения (характеристик). Способы построения сеток линий скольжения на основе теорем Генки, Прандтля и матрично-операторный. Свойства линий скольжения, годограф скоростей. Определение напряжения и удельной деформирующей силы для осадки бесконечно длинной заготовки между двумя шероховатыми плитами.

Вариационный энергетический метод. Понятие функционала, постановка задачи, основное вариационное уравнение. Примеры выбора кинематически возможных полей скоростей. Граничные условия, разрывы скоростей. Верхняя и нижняя оценки деформирующих сил. Конечно-разностный метод. Метод конечного элемента. Метод граничного элемента. Экспериментальные методы. Экспериментально-аналитические методы, визиопластичность.

Разрушение при пластическом деформировании. Накопление повреждений. Предельные диаграммы пластичности и их использование при расчетах технологических процессов обработки давлением.

Восстановление запаса пластичности. Пластичность металла в условиях горячей деформации.

Уравнения теплопроводности и их использование при решении технологических задач. Применение метода конечных элементов в поле переменных температур. Динамические задачи обработки давлением. Математическое и фи-

зическое моделирование технологических процессов обработки давлением, их оптимизация. Управление процессами.

Характерные особенности термомеханических режимов пластического деформирования специальных сплавов: быстрорежущих, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей, алюминиевых, медных, титановых сплавов. Основные положения для выбора материала инструмента. Учет температурных и силовых условий его эксплуатации.

Экспериментальные методы исследования пластической деформации

Метод координатных сеток. Методика обработки измерения деформаций, поляризационно-оптический и метод муара, их использование при расчете напряжений методом визиопластичности. Методы и аппаратура для измерения сил деформирования, моментов, контактных напряжений. Методы и средства измерения температуры деформируемого металла. Влияние силового, теплового, скоростного (импульсного или динамического), электроэнергетического и магнитосилового и других возможных воздействий на механические характеристики материалов и их технологические свойства.

Теория и основы проектирования машин для обработки металлов давлением

Основы механики машин

Классификация типовых исполнительных механизмов машин дискретного и непрерывного действия для обработки металлов давлением. Кинематика кривошипно-шатунного механизма кривошипного пресса, влияние конструктивных параметров. Кинематика универсальных шарниров в шпинделях прокатных станов. Учет сил трения в кинематических парах, учет сил инерции. Статика кривошипно-шатунного механизма пресса. Расчет передаваемого крутящего момента. Анализ условий заклинивания. Этапы энергетических расчетов механизмов, приведение сил и масс к начальному звену, составление уравнений движения механизма. Энергетический расчет кривошипно-шатунного механизма пресса. Влияние конструктивных параметров на коэффициент полезного действия кривошипного пресса. Расчет маховика.

Виды фрикционных связей и законы трения. Влияние скоростей скольжения и нагрузок на условия трения. Механизм действия смазок, эффект Ребиндера. Износ при трении. Требования к фрикционным материалам в связи с их использованием во фрикционных муфтах включения и тормозах прессов. Основные положения расчета фрикционных муфт включения и тормозов прессов.

Удар и колебания. Теоремы о сохранении количества движения и главного момента количества движения в замкнутой системе при ударе. Прямой цен-

тральный удар. Коэффициент восстановления. Потеря кинетической энергии при неупругом ударе. Расчеты энергии, силы и КПД удара молотов. Расчет рабочей клетки стана на опрокидывание в момент захвата заготовки.

Основные характеристики механических колебаний. Дифференциальные уравнения свободных и вынужденных колебаний одно- и многомассовых систем. Условия резонанса.

Теории прочности, учет различного сопротивления материалов сжатию и растяжению. Усталостная прочность. Факторы, влияющие на предел выносливости. Концентрация напряжений. Основные положения для выбора допускаемых напряжений и коэффициентов запаса прочности при статическом и переменном нагружении.

Расчеты напряжений и деформаций в деталях и узлах. Основные положения расчета на прочность и жесткость плоских и пространственных рам. Их применение к расчетам станин прессов, станин рабочих клеток прокатных станов.

Расчеты балок, изгибаемых на упругом основании. Расчеты круглых валов, подвергаемых изгибу с кручением. Их применение к расчетам на прочность и жесткость коленчатых валов кривошипных прессов и валков станов дуо и кварто.

Расчеты сжатых стержней на устойчивость и определение критической силы. Их применение к расчетам шатунов, предварительно напряженных станин прессов и рабочих клеток прокатных станов.

Расчеты напряжений и деформаций в толстостенных цилиндрах под действием радиального давления. Их применение к расчетам рабочих цилиндров гидравлических прессов. Метод расчета динамических напряжений при ударе и его применение к расчету напряжений в штоках молотов.

Основы термодинамики и гидродинамики

Уравнение состояния идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Термодинамические процессы в идеальных газах: адиабатический, изохорический, политропический, изобатический. Второй закон термодинамики. Цикл Карно. Понятие об энтропии системы. Расчеты индикаторных диаграмм паровоздушных молотов. Расчеты систем воздушных баллонов насосно-аккумуляторных станций гидравлических прессов. Расчет пневматической системы пневматических молотов. Термодинамический расчет паровоздушных молотов (ковочных и штамповочных).

Движение идеальной вязкой жидкости, уравнение Эйлера и Навье—Стокса. Уравнение Бернулли для стационарного и нестационарного движений иде-

альной жидкости. Потери энергии при внезапном расширении и сжатии идеальной жидкости в потоке и гидравлические сопротивления. Гидравлический удар, теория Жуковского. Структура потока в трубах, переход от ламинарного потока к турбулентному. Основные этапы динамического расчета гидравлических прессов с насосно-аккумуляторным приводом.

Импульсные методы обработки металлов

Импульсные источники высоких энергий

Бризантные взрывчатые вещества. Пороха. Газовые горючие и взрывчатые смеси. Высоковольтный электрический разряд в жидкости. Импульсное магнитное поле.

Штамповка листового металла и раздача трубчатых заготовок.

Штамповка с помощью горючих газовых смесей. Гидровзрывная штамповка. Штамповка с помощью сниженных газов. Электрогидравлическая штамповка. Магнитно-импульсная штамповка. Развальцовка и раздача труб взрывом. Сварка труб взрывом с трубными решетками. Развальцовка и раздача труб.

Машины и устройства для импульсной обработки металлов.

Высокоскоростные молота для объемной штамповки. Высокоскоростные молота для разделительных операций. Импульсные машины для резки металлов в холодном состоянии. Импульсные машины для резки горячего металла. Импульсные машины для брикетирования металлической стружки. Импульсные устройства для пробивки отверстий. Установки для электрогидравлической штамповки. Установки для магнитно-импульсной обработки.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Основная литература

1. Володин, И.М. Теория и практика проектирования ресурсосберегающих процессов горячей объемной штамповки [Электронный ресурс]: учебное пособие/ И.М. Володин, А.И. Володин, П.И. Золотухин. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 100 с. — 978-5-88247-697-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55659.html>

2. Логинов, Ю.Н. Инструмент для прессования металлов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.Н. Логинов, Ю.В. Инатович. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 224 с. — 978-5-7996-1223-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69599.html>. — 100 с. — 978-5-88247-697-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55659.html>

3. Орлов, Г.А. Основы теории прокатки и волочения труб [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Г.А. Орлов. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 204 с. — 978-5-7996-1619-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68365.html>

Дополнительная литература

1. Голенков, В.А. Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Голенков, А.М. Дмитриев. — Электрон. текстовые данные. — М.: Машиностроение, 2004. — 464 с. — 5-217-03247-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5202.html>

2. Гончарук, А.В. Краткий словарь терминов в области обработки металлов давлением [Электронный ресурс]/ А.В. Гончарук, Е.В. Кузнецов, Б.А. Романцев. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2011. — 130 с. — 978-5-87623-405-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56278.html>

3. Григорьев, Л.Л. Холодная штамповка [Электронный ресурс]: справочник/ Л.Л. Григорьев, К.М. Иванов, Э.Е. Юргенсон. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Политехника, 2011. — 665 с. — 978-5-7325-0989-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16302.html>

4. Золотухин, П.И. Основные положения теории обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: учебное пособие/ П.И. Золотухин, И.М. Володин. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 245 с. — 978-5-88247-624-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22928.html>
5. Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. — 196 с. — 978-5-7882-1238-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63738.html>
6. Основы теории и технологических процессов ОМД и трубного производства [Электронный ресурс]/ И.А. Харитонов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2017. — 172 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71678.html>
7. Сосенушкин, Е.Н. Прогрессивные процессы объемной штамповки [Электронный ресурс]/ Е.Н. Сосенушкин. — Электрон. текстовые данные. — М.: Машиностроение, 2011. — 480 с. — 978-5-94275-596-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18534.html>
8. Теория обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов 3 курса очного и 4 курса очно-заочной форм обучения направления 150400 «Металлургия», профиль «Обработка металлов давлением»/. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 71 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22939.html>

IV. ВОПРОСЫ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Строение металлов. Типы кристаллических решеток.
2. Дефекты кристаллических решеток.
3. Дислокации, их виды. Возникновение дислокаций. Плотность дислокаций.
4. Холодная пластическая деформация моно- и поликристаллов.
5. Упрочнение металлов, кривые упрочнения.
6. Эффект Баушингера,
7. Влияние температуры на процессы, протекающие в кристаллических структурах. Рост зерен.
8. Факторы, влияющие на размер зерен: температура, степень пластической деформации. Диаграммы рекристаллизации.
9. Понятия холодной и неполной холодной пластической деформации.
10. Понятия горячей и неполной горячей пластической деформации.
11. Пластичность и деформируемость металлов и сплавов.
12. Влияние химического и фазового состава на пластичность металлов и сплавов.
13. Пластичность металлов в поле сверхвысокого гидростатического давления.
14. Сверхпластичность сплавов и возможности ее использования при обработке давлением.
15. Механизм контактного трения.
16. Технологические смазывающие материалы.
17. Жидкостное трение и гидродинамический эффект.
18. Компоненты тензоров напряжений, деформаций, скоростей деформаций.
19. Круги Мора для напряжений и деформаций.
20. Дифференциальные уравнения равновесия.
21. Соотношения между напряжениями, относительными деформациями и скоростями относительных деформаций.
22. Обобщенный закон Гука.
23. Условия пластичности: энергетическое, постоянство максимальных касательных напряжений.
24. Метод линий скольжения (характеристик).
25. Свойства линий скольжения.
26. Вариационный энергетический метод.
27. Верхняя и нижняя оценки деформирующих сил.
28. Конечно-разностный метод. Метод конечного элемента
29. Разрушение при пластическом деформировании.
30. Пластичность металла в условиях горячей деформации.
31. Основные методы обработки металлов давлением.
32. Виды прокатки.
33. Волочение.
34. Прессование.
35. Ковка

36. Объемная штамповка.
37. Листовая штамповка.
38. Экспериментальные методы исследования пластической деформации.
39. Классификация машин для обработки металлов давлением.
40. Классификация типовых исполнительных механизмов машин для обработки металлов давлением.
41. Кинематика кривошипно-шатунного механизма кривошипного прессы.
42. Виды фрикционных связей и законы трения.
43. Механизм действия смазок, эффект Ребиндера. Износ при трении.
44. Теоремы о сохранении количества движения и главного момента количества движения в замкнутой системе при ударе.
45. Расчеты энергии, силы и КПД удара молотов.
46. Теории прочности.
47. Усталостная прочность. Факторы, влияющие на предел выносливости.
48. Концентрация напряжений.
49. Расчеты напряжений и деформаций в деталях и узлах.
50. Расчет балок.
51. Расчеты круглых валов, подвергаемых изгибу с кручением.
52. Расчеты напряжений и деформаций в толстостенных цилиндрах под действием радиального давления.
53. Метод расчета динамических напряжений при ударе и его применение к расчету напряжений в штоках молотов.
54. Расчеты индикаторных диаграмм паровоздушных молотов.
55. Расчеты систем воздушных баллонов насосно-аккумуляторных станций гидравлических прессов.
56. Расчет пневматической системы пневматических молотов.
57. Движение идеальной и вязкой жидкости, уравнения Эйлера.
58. Уравнения Навье—Стокса.
59. Уравнение Бернулли для стационарного и нестационарного движений идеальной жидкости.
60. Основные этапы динамического расчета гидравлических прессов .
61. Бризантные взрывчатые вещества.
62. Газовые горючие и взрывчатые смеси.
63. Высоковольтный электрический разряд в жидкости.
64. Импульсное магнитное поле.
65. Штамповка с помощью горючих газовых смесей.
66. Гидровзрывная штамповка.
67. Штамповка с помощью сниженных газов.
68. Электрогидравлическая штамповка.
69. Магнитно-импульсная штамповка.

Шкала оценивания	Показатели
«отлично»	1) обучающийся полно излагает материал, дает правильное определение основных понятий; 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; 3) при изложении материала качественно используется соответствующий понятийно-категориальный аппарат; 4) иллюстрирует примерами материал, понятия и категории; 5) решает микро-ситуацию по тематике вопроса.
«хорошо»	обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки «5», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и в понятийно-категориальном оформлении излагаемого. Испытывает затруднения при решении микро-ситуации.
«удовлетворительно»	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но: 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или категорий; 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения; 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в понятийно-категориальном оформлении излагаемого. 4) примеры не приводит или приводимые примеры не достаточно иллюстративны; 5) не решает микро-ситуацию
«неудовлетворительно»	несоответствие ответа критериям №1-5