

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Набережночелнинский институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор –  
Проректор по научной деятельности

«27»



### ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности программы аспирантуры

Научная специальность: 2.5.7 - Технологии и машины обработки давлением

Высшая инженерная школа  
Кафедра машиностроения

Казань 2023 г.

**Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности****2.5.7 Технологии и машины обработки давлением**

**Цель:** проверить научно-теоретический уровень знаний аспирантов (соискателей), а также подготовленность их к самостоятельной педагогической и научно-исследовательской работе

**Задачами является:**

Выявление уровня знаний в области теории обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации; технологийковки и объемной штамповки, листовой штамповки, автоматизации процессов обработки металлов давлением, разработки и исследовании технологических систем для реализации интенсивной пластической деформации, ресурсосберегающих технологий на основе обработки металлов давлением, технологий обработки металлов давлением, обеспечивающих гибкость производства, преподавательской и научной деятельности.

**Основные требования:****Порядок проведения кандидатского экзамена**

Кандидатский экзамен проходит в письменной форме по билетам. В билете 4 вопроса, по одному из каждого раздела вопросов программы кандидатского экзамена по научной специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением данной Программы.

Экзаменаторы вправе задавать лицу, сдающему кандидатский экзамен, дополнительные или уточняющие вопросы рамках программы кандидатского экзамена.

Во время кандидатского экзамена лица, сдающие экзамен, могут пользоваться соответствующими программами, а также, с разрешения экзаменаторов, справочными и другими пособиями и материалами. При несоблюдении порядка проведения кандидатского экзамена члены экзаменационной комиссии, проводящие данный экзамен, вправе удалить лицо, сдающее экзамен, с места проведения кандидатского экзамена с выставлением неудовлетворительной оценки. Во время кандидатского экзамена лица, сдающие кандидатский экзамен, для подготовки ответа используют листы со штампом учреждения (экзаменационные листы), где осуществляется прием экзамена.

Решение экзаменационной комиссий оформляется протоколом, в котором указываются код и наименование направления подготовки, по которой сдавались кандидатские экзамены; шифр и наименование научной специальности, наименование отрасли науки, по которой подготавливается диссертация; краткое содержание основных вопросов; оценка уровня знаний; фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии), ученая степень каждого члена экзаменационной комиссии. Протоколы заседаний экзаменационной комиссий по приему кандидатских экзаменов подлежат хранению в личном деле лица, сдающего кандидатский экзамен.

При отсутствии на заседании председателя экзаменационной комиссии председательствующим является заместитель председателя экзаменационной комиссии (при наличии) или любой член комиссии, избираемый присутствующими на заседании членами комиссии.

При возникновении разногласий в экзаменационной комиссии проводится голосование, и решение принимается большинством голосов. При равенстве голосов решающим является голос председателя или председательствующего на заседании экзаменационной комиссии.

### Критерии оценивания

Оценка уровня знаний лица, сдающего кандидатский экзамен, осуществляется по пятибалльной системе.

При оценке знаний лица, сдающего кандидатский экзамен, оценивается:

- уровень освоения материала, предусмотренного программой кандидатского экзамена;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответов.

Оценка	Критерии оценки
«Отлично»	аспирант/соискатель ученой степени кандидата наук демонстрирует знание учебно-программного материала. Полностью и достоверно дает определения основных понятий и терминов. Демонстрирует знание основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой.
«Хорошо»	аспирант/соискатель ученой степени кандидата наук знает основные методы решения типовых задач, правильно понимает сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений; дает последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы
«Удовлетворительно»	аспирант/соискатель ученой степени кандидата наук дает определения основных понятий, понимает основные вопросы программы; дает правильные и конкретные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы
«Неудовлетворительно»	аспирант/соискатель ученой степени кандидата наук имеет пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. При этом на менее 60% поставленных вопросов даны плохо сформулированные ответы в недостаточном объеме

### Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением

#### 1. Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации

Пластическая деформация в холодном и горячем состоянии. Виды механизмов пластической деформации: скольжение, двойникование, сборообразование, диффузия. Упрочнение при холодной обработке металлов давлением. Дислокационная природа упрочнения. Дислокационные теории упрочнения. Кривые упрочнения 1 и 2 рода. Разупрочняющие процессы в деформированном металле. Возврат. Полигонизация. Рекристаллизация. Температурно-скоростные условия разупрочняющих процессов. Механизмы рекристаллизации. Горячая пластическая деформация. Стадии процесса. Механизм пластической деформации при повышенных температурах. Преимущества обработки металлов и сплавов в горячем состоянии. Горячая, полугорячая, теплая, холодная пластическая деформация. Предельные состояния. Зависимость пластичности металла от химического и фазового состава. Структурные особенности слитка. Улучшение структуры литого металла после пластической деформации. Деформируемость металлов и сплавов в

различных технологических процессах. Технологические пробы на деформируемость. Количественные характеристики деформируемости: ковкость, прокатываемость, штампуемость и др. Определение показателей деформируемости в результате технологических испытаний. Схемы испытаний на осадку, на перегиб, на расплющивание, на выдавливание и др. Явление сверхпластичности. Условия проявления сверхпластичности. Применение сверхпластичности на практике. Преимущества и ограничения обработки металлов в условиях сверхпластичности. Термомеханическая обработка металлов и сплавов. Оптимальное сочетание деформирующих и термических процессов для обеспечения заданных свойств материала. Высокотемпературная и низкотемпературная термомеханическая обработка. Упругая и пластическая составляющая деформации. Условная диаграмма растяжения. Предел текучести и предел прочности материалов. Факторы влияния на механические характеристики материала: степень деформации, скорость деформации, температура, внешняя среда. Влияние размера зерна на пластичность при горячей деформации. Явление красноломкости и синеломкости при определенных условиях. Точечные и линейные дефекты кристаллов. Понятие дислокации. Винтовые и краевые дислокации. Положение в кристаллах. Плотность дислокаций, движение дислокаций. Виды движения дислокаций. Переползание дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с точечными дефектами. Дислокационные модели пластической деформации. Скольжение дислокаций, двойникование дислокаций, условия образования деформационных двойников. Факторы, определяющие скорость движения и торможение дислокаций. Методы исследования полей дислокаций. Сопротивление деформации. Связь между напряжениями и деформациями в упругой и пластической области. Изменение механических характеристик материалов в результате упрочнения материала. Влияние упрочнения на пластические свойства металлов и сплавов. Дислокационные модели упрочнения. Показатель упрочнения. Прогнозирование степени упрочнения при различных видах пластической деформации. Кривые упрочнения и их практическое использование. Виды пластической деформации: холодная, «тёплая», полугорячая, горячая. Температурно-скоростные условия процессов. Влияние температуры обработки на пластические свойства материалов. Влияние скорости деформации на пластичность и прочность изделий. Влияние структурного и фазового состояния сплава на пластичность. Методы экспериментальных исследований тепловых полей. Выбор оптимальных температур нагрева под пластическую деформацию. Разупрочнение металлов и сплавов при горячей пластической деформации. Рекристаллизация. Температуры начала рекристаллизации для чистых металлов и сплавов. Первичная, собирательная, динамическая и статическая рекристаллизация. Механизмы образования центров (зародышей) рекристаллизации. Факторы влияния на скорость рекристаллизации в процессах обработки давлением. Изменение структуры и свойств металлов в результате рекристаллизации. Ресурс пластичности материалов. Предельная степень деформации. Механизмы хрупкого и вязкого разрушения. Дислокационные модели разрушения. Обобщенная диаграмма пластичности. Граничные условия. Внутренние и внешние факторы влияния на разрушение металлов и сплавов при пластической деформации. Явление ползучести при постоянной нагрузке. Виды ползучести: логарифмическая ползучесть, низкотемпературная, высокотемпературная и диффузионная ползучесть. Дислокационный механизм ползучести. Явление сверхпластичности. Технологические условия проявления сверхпластичности (структура сплава, скорость деформации, температура заготовки и инструмента). Применение сверхпластичности на практике.

## **2. Научные аспекты технологийковки и объемной штамповки, листовой штамповки.**

Термомеханическая обработка металлов и сплавов. Оптимальное сочетание

деформирующих и термических процессов для обеспечения заданных свойств материала. Высокотемпературная и низкотемпературная термомеханическая обработка. Параметры прессования профилей из алюминиевых сплавов. Способы прессования профилей переменного сечения. Штамповка на ротационно-обжимных и радиально-обжимных машинах. Технологический процесс. Штамповка выдавливанием в закрытых штампах. Термомеханические режимы штамповки выдавливанием. Автоматизация процесса штамповки на ротационно-обжимных и радиально-обжимных машинах. Холодная объемная штамповка на прессах. Производство заготовок, предварительная и про-межуточная термическая обработка. Радиально-обжимные машины. Расчет основных параметров. Прессы для прессования. Конструкции станин. Прессы для прессования. Системы гидропривода. Вальцовка заготовок. Зависимость коэффициента вытяжки от выбранной системы калибров последовательности их применения. Существующие способы получения мелкозернистой структуры в металлах и сплавах? Математическая модель пластического течения металла при выдавливании? Способы достижения интенсивной пластической деформации (ИПД) в металлах и сплавах? Приведите примеры компьютерных программ имитационного моделирования процессов обработки металлов давлением? Принципиальная схема получения ИПД при помощи кручения под высоким давлением? Схема нагружения, развиваемые силы, степень измельчения структуры? Моделирование процессов пластического формообразования с учетом влияния контактного трения, температуры и скорости деформирования? Равноканальное угловое прессование как способ формирования заданных технологических свойств в металлах и сплавах. Алгоритм выбора формы детали или полуфабриката, получаемых после ИПД выдавливанием? Механизмы структурообразования при ИПД? Формирование морфологической матрицы вариантов при ИПД выдавливанием? Влияние технологических схем выдавливания на формирования в структурах ИПД. Алгоритмы построения вариантов процесса при ИПД выдавливанием? Моделирование процессов пластического формообразования с учетом влияния контактного трения, температуры и скорости деформирования? Алгоритм выбора формы детали или полуфабриката, получаемых после ИПД выдавливанием? Способы достижения интенсивной пластической деформации (ИПД) в металлах и сплавах? Достижение ИПД сочетанием процессов выдавливания? Существующие способы получения мелкозернистой структуры в металлах и сплавах? Процессы, протекающие в детали в период эксплуатации. Причины износа деталей. Классификация видов износа. Модели исчерпания ресурса детали. Пластичность металлов как состояние, зависящее от условий обработки - температуры, скорости и схемы напряженного и деформированного состояний. Технологическая деформируемость металлов. Температурно-скоростной режим нагрева и охлаждения сталей и сплавов при обработке. Восстановление деталей изменением условий трения на гравюре штампа и направленным смещением деформируемого материала в зоны износа. Использование дифференцированного нагрева деталей в процессах их восстановления пластической деформацией. Создание направленного смещения металла в область изношенной поверхности при восстановлении деталей с помощью формы и размеров деформирующего инструмента согласно принципа наименьшего сопротивления перемещения точек деформируемого тела. Влияние горячей деформации на структуру металла и свойства конструкционных сталей. Модель формирования свойств стали после горячей деформации в режиме высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО). Обрабатываемость металла резанием после ВТМО. Выбор режимов ВТМО при восстановлении деталей. Влияние термомеханического режима реновации на формирование служебных свойств деталей из цветных сплавов. Реновация деталей операциями обработки давлением. Восстановление кольцевых деталей изменением контактных условий деформирования и формы деформирующего инструмента. Восстановление формы деталей

прошивкой цилиндрическими и нецилиндрическими пуансонами. Штамповка порошковых материалов для восстановления элементов изношенных деталей. Повышение усталостной прочности восстановленной поверхности пластической деформацией. Универсальное и специализированное оборудование и оснастка в процессах восстановления деталей. Оборудование и оснастка для холодной объемной штамповки выдавливанием с активными силами трения в процессах восстановления деталей. Производство высококачественных элементов для изношенных деталей из порошковых сталей Особенности проектирования технологических процессов восстановления деталей пластической деформацией. Выбор способа нагрева под реновацию детали.

### **3. Научные аспекты автоматизации процессов обработки металлов давлением**

Понятие об автоматизации и механизации производства. Основные типы циклов автоматической работы штамповочных линий. Развитие гибких производственных систем и области их применения. Производственно-техническая структура и основные элементы гибких автоматизированных производств. Категории гибкого производства. Критерии гибкости в ГПС. Требования, предъявляемые к промышленным роботам. Технологическая классификация промышленных роботов. Манипуляторы роботов. Приводы промышленных роботов. Механизация и автоматизация подачи материалов. Виды подач: валковая, клещевая, клиноролковая, клиноножевая, крючковая. Механизация подачи штучных заготовок. Основные разновидности автоматических бункерных захватно-ориентирующих устройств. Основные типы магазинных ориентирующих устройств. Устройства ориентации и переориентации. Механизация и автоматизация процессов горячей объемной штамповки. Механизация и автоматизация заготовительных операций. Механизация и автоматизация нагревательных процессов. Механизация и автоматизация горячей штамповки на прессах. Штамповка на горячештамповочных автоматах. Механизация горячей штамповки на молотах. Механизация и автоматизация обрезки облоя. Смазочные материалы, устройства их нанесения и системы автоматического регулирования температуры штампа при горячей объемной штамповке. Основные средства автоматизации для листовой штамповки. Пути повышения производительности автоматизированных устройств листовой штамповки. Гибкие производственные системы. Гибкие производственные модули на основе координатных прессов для пробивки и контурной высеки. Примеры гибких производственных систем на основе гибких производственных модулей для пробивки, резки и гибки. Гибкие производственные модули дляковки и объемной штамповки. Гибкие производственные модули для холодной объемной штамповки и выдавливания. Гибкие производственные модули для горячей объемной штамповки. Гибкие производственные модули для получения деталей порошковой

### **4. Преподавательская и научная деятельность**

Фундаментальные исследования в технических науках. Прикладные исследования в технических науках. Система высшего образования в России. Компетентностный подход в образовании. Применение информационных технологий в педагогической деятельности. Этические нормы в педагогической деятельности. Результаты научно-исследовательской деятельности. Структура научной статьи. Научные публикации. Основные наукометрические показатели. Международные базы цитирования. Научно-исследовательская деятельность аспиранта. Основные этапы. Изобретательские задачи. Методы решения изобретательских задач. Правовая защита результатов интеллектуальной деятельности. Инновационная деятельность. Понятие и виды инноваций. Применение информационных технологий в научно-исследовательской деятельности. Организация эксперимента. Методы планирования эксперимента. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Комплексный бизнес-план НИОКР. Система разработки и постановки продукции на производство. Основные этапы.

**Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена в аспирантуру по научной специальности (шифр и наименование научной специальности)**

**Учебно-методическое обеспечение**

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Машиностроение, 1977.
2. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. Metallurgia, 1986.
3. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. Metallurgia, 1980.
4. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. Машиностроение, 1976.
5. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. Машиностроение, 1975.
6. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология листовой штамповки. Машиностроение, 1989.
7. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Машиностроение, 1979.
8. Живов Л. И., Овчинников А.Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Высшая школа, 1981.
9. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А, Добрынинский Н.С. Кузнечно-штамповочное оборудование. Машиностроение, 1982.
10. Живов Л.И., Овчинников А.Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Высшая школа, 1981.
11. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Машиностроение, 1979.
12. Шехтер В.Я. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов. Высшая школа, 1991.
13. Мансуров А.М. Проектирование машиностроительных заводов. Справочник в 6-ти томах. Т.3. Проектирование цехов ОМД и сварочного производства. Машиностроение, 1974.
14. Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением. Metallurgia, 1973.
15. Бабенко В.А., Бойцов В.В., Волик Ю.П. Объемная штамповка. Атлас схем и типовых конструкций штампов. Машиностроение, 1982.
16. Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка. Высшая школа, 1972.
17. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Подготовительные работы, Машиностроение, 1964.
18. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки: Конструирование и расчеты. Машиностроение, 1972.
19. Ланской Е.Н., Банкетов А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. Машиностроение, 1966.
20. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. Машиностроение, 1980.
21. Основы теории обработки металлов давлением: учебник / И.И. Иванов, А.В. Соколов, В.С. Соколов и др. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. - 144 с.
22. Лернер П.С. Инженер третьего тысячелетия. Учебное пособие Академия 2005. 301 с.
23. Панкратов Д.Л., Сосенушкин Е.Н., Ступников В.П., Шibaков В.Г. Автоматизация, робототехника и гибкие производственные системы кузнечно-штамповочного производства: Учеб. Пособие/ Под ред. д.т.н. проф. В.Г. Шibaкова - М.:

Машиностроение 2001.-339 с., ил

24. Гречников Ф.В. Основы научных исследований: учеб. пособие / Ф.В. Гречников, В.Р. Каргин. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 111 с.

**Информационное обеспечение**

1. Международная реферативная база данных научных изданий Scopus (доступ через национальную подписку Минобрнауки России).
2. Международная реферативная база данных научных изданий Web of Science (доступ через национальную подписку Минобрнауки России).
3. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>.

Авторы: д.т.н., профессор Шibaков В.Г., д.т.н., профессор Панкратов Д.Л.