

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

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя приемной  
комиссии в аспирантуру

  
Д. А. Тажурский  
«20» 2025 г.



**ПРОГРАММА**

**вступительного испытания по специальности**

**Уровень высшего образования:** подготовка кадров высшей квалификации

**Тип образовательной программы:** программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Научная специальность:** 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением

**Форма обучения:** очная

2025 г.

## **1. Общие указания**

Вступительное испытание направлено на выявление степени готовности абитуриентов к освоению образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, реализуемых в институте по научной специальности – 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением.

Цель вступительного экзамена по научной специальности – 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением определить уровень общей личностной культуры, профессиональной компетентности, теоретической подготовленности, установить глубину профессиональных знаний, уровень подготовленности поступающего в аспирантуру к самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области пластического деформирования различных материалов, создания технологий изготовления заготовок и изделий высокого качества, а также современных экономических кузнечных, прессовых, штамповочных и прокатных машин, способных реализовать разработанные технологии.

**Задачи** вступительного экзамена:

- выявить уровень знаний по теории обработки металлов давлением, технологииковки и объемной штамповки, технологии листовой штамповки, кузнечно-штамповочному оборудованию и проектированию машиностроительного производства;
- определить готовность ставить и решать научно-технические задачи.

## **2. Порядок проведения вступительных испытаний**

**Форма сдачи экзамена** – письменно по билетам, устно – дополнительные вопросы.

**продолжительность экзамена** - 3 часа (180 минут);

**количество вопросов в билетах** – 5.

## **3. Критерии оценивания**

Ответ оценивается по 100-бальной системе.

Ответ оценивается на 80-100 баллов – «отлично», если поступающий в аспирантуру уверенно и свободно владеет теоретическим материалом не только в рамках

заданного минимума, представляет проблемы инструментального обеспечения машиностроительного производства, знает современные достижения технологии и оборудования механической и физико-технической обработки, в ходе логических рассуждений приходит к правильному решению задачи.

Ответ оценивается на 60-79 баллов – «хорошо», если поступающий в аспирантуру хорошо владеет теоретическим материалом в рамках заданного минимума, в ходе решения задач допускает не более двух ошибок.

Ответ оценивается на 40-59 баллов – «удовлетворительно», если поступающий знает материал в пределах заданного минимума, при ответе на вопрос допускает не более четырех ошибок

Ответ оценивается меньше 40 баллов и считается «неудовлетворительным», если поступающий в аспирантуру не владеет теоретическим материалом, допускает грубые ошибки при ответе на вопрос, не может ответить на дополнительные вопросы.

#### 4. Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Содержание раздела (модуля)
1	Теория обработки металлов давлением	<p>Физическая природа пластической деформации. Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов. Механизмы холодной пластической деформации монокристаллов скольжением и двойникованием. Строение реальных кристаллов. Дефекты кристаллической решетки и их роль в пластической деформации. Деформационное упрочнение при холодной обработке металлов давлением. Дислокационная природа упрочнения, различные теории упрочнения. Кривые упрочнения 1, 2, 3 рода и их применение в решении задач обработки металлов давлением. Реальная прочность металлов. Механизмы вязкого и хрупкого разрушения. Дислокационные модели разрушения. Механизм горячей пластической деформации. Разупрочняющие процессы при повышенных температурах. Механизм рекристаллизации.</p> <p>Теория напряжений. Распределение напряжений. Напряженное состояние в точке и на плоскости. Нормальные и касательные напряжения. Схемы напряженного состояния. Тензор напряжений. Компоненты тензора напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений. Диаграмма напряжений (круги Мора). Уравнения равновесия для объемного напряженного состояния. Плоское напряженное и плоское деформированное состояние.</p> <p>Теория деформаций и скоростей деформаций. Компоненты перемещений и деформаций в элементарном объеме. Деформированное состояние в точке. Тензор деформаций. Глав-</p>

		<p>ные деформации. Интенсивность деформаций. Конечные деформации. Дифференциальные уравнения равновесия. Закон постоянства объема. Связь между напряжениями и деформациями в упругой и пластической области. Скорость деформации. Влияние скорости деформации на прочность и сопротивление деформированию.</p> <p>Условие пластичности. Физический смысл условия пластичности. Условие пластичности максимальных касательных напряжений (Сен-Венана).</p> <p>Разрушение. Простейшая модель разрушения. Ресурс пластичности. Условия деформирования металла без разрушения. Законы трения в обработке металлов давлением. Факторы трения в обработке металлов давлением.</p> <p>Решение задач обработки металлов давлением приближенными методами. Расчет деформирующих усилий при совместном решении уравнений равновесия и условия пластичности. Определение усилий деформирования методом верхней оценки. Метод линий скольжения. Метод баланса работ. Метод конечных элементов. Уравнение метода конечных элементов.</p>
2	Технологияковки и объемнойштамповки	<p>Исходные материалы и их подготовка дляковки и штамповки. Слитки. Виды слитков. Дефекты слитков. Коэффициент выхода годного при ковке из слитков различной конструкции. Катаные заготовки. Бюмы, сортовой прокат, полосовая сталь. Требования, предъявляемые к сталям и сплавам, обрабатываемым ковкой и штамповкой. Физические, химические, механические и технологические свойства материалов для обработки давлением.</p> <p>Нагрев металла перед обработкой давлением. Требования, предъявляемые к нагреву и нагревательным устройствам. Температурный интервалковки и штамповки сталей. Дефекты нагрева. Влияние температуры на пластичность металлов и сплавов.</p> <p>Режимы нагрева в пламенных кузнечных печах. Использование электрических нагревательных устройств. Термообработка поковок. Способы защиты заготовок отобразования окалины.</p> <p>Свободная ковка. Назначение и область применения. Основные и вспомогательные операции свободнойковки. Осадка, вытяжка, протяжка, прошивка, гибка, рубка, обрезка, кузнечная сварка. Уков и степень осадки. Инструмент и приспособления дляковки. Ковочное оборудование. Расчет усилий деформирования, выбор оборудования.</p> <p>Горячая объемная штамповка. Оборудование для горячей объемной штамповки. Разработка технологического процесса. Разработка чертежа поковки и определение массы поковки. Штамповка в открытых штампах. Стадии заполнения ручья при открытой объемной штамповке. Горячая штамповка в закрытых штампах. Требования к заготовкам. Элементы конструкции закрытого штампа. Преимущества и недостатки штамповки в закрытых штампах. Штамповка выдавливанием. Специальные виды горячей объемной штамповки: скоростная штамповка, изотермическая штамповка, штамповка в условиях сверхпластичности, полугорячая штамповка, жидкая штамповка.</p>

		<p>Штамповка на молотах и прессах. Классификация поковок, штампуемых на молотах. Штамповочные переходы. Предварительные (черновые) и окончательные (чистовые) ручки. Выбор переходов штамповки для поковок круглых, квадратных и близких к ним в плане. Расчет размеров заготовки при штамповке вдоль оси. Поковки с развитой ступенчатой и сборной частью. Переходы штамповки поковок типа вилок и крестовин. Специальные формовочные переходы. Выбор переходов штамповки для поковок с удлиненной осью. Расчетная заготовка. Эпюра сечений. Элементарная и сложная расчетная заготовка. Способы приведения сложных расчетных заготовок к элементарным. Выбор размеров и формы исходной заготовки. Выбор переходов штамповки для поковок смешанной конфигурации. Особенности построения технологического процесса. Случаи применения специального оборудования: ковочных вальцев, растяжных, выкрутных и горизонтально-ковочных машин.</p> <p>Холодная объемная штамповка. Особенности объемной штамповки металлов в холодном состоянии. Требования, предъявляемые к заготовкам. Калибровка заготовок и подготовка поверхности перед холодной объемной штамповкой. Методы холодной объемной штамповки: холодное выдавливание и холодная высадка. Оборудование для холодной объемной штамповки и холодной высадки. Проектирование технологических переходов штамповки и расчет усилий по переходам. Предварительная и промежуточная термообработка заготовок. Изготовление стандартных изделий методами холодной объемной штамповки. Одно-, двух- и трехударные холодновысадочные автоматы. Преимущества и недостатки холодной объемной штамповки.</p>
3	Технология листовой штамповки	<p>Исходные материалы для листовой штамповки. Сортмент, маркировка, технические условия на поставку. Неметаллические материалы для листовой штамповки.</p> <p>Разделительные операции. Классификация разделительных операций. Механизм деформирования. Качество и точность деталей. Расчет технологических усилий разделительных операций. Типы и схемы ножниц. Методы рационального раскроя материала. Способы повышения качества поверхности среза. Оптимальный зазор между пуансоном и матрицей. Штампы для разделительных операций.</p> <p>Гибочные операции. Основные схемы гибки. Напряженно-деформированное состояние при гибке. Расчет размеров заготовки. Определение усилий гибки. Угол пружинения и радиусы закруглений. Гибка с растяжением. Гибка профилей.</p> <p>Вытяжка. Разновидности операций вытяжки. Напряженно-деформированное состояние заготовок. Коэффициенты вытяжки. Расчет размеров исходной заготовки. Определение технологических усилий. Роль смазки при вытяжке. Геометрия инструмента и расчет исполнительных размеров. Анализ брака изделий и методы его устранения.</p> <p>Формовка, отбортовка, раздача, обжим, рельефная формовка. Их характеристики. Проектирование технологических переходов. Расчет усилий деформирования и выбор оборудования.</p> <p>Специальные способы штамповки листового материала.</p>

		Штамповка резиной и жидкостью. Гидромеханическая вытяжка. Штамповка взрывом и пневмоформовка. Электрогидравлическая и магнитно-импульсная штамповка. Преимущества и недостатки процессов.
4	Кузнечно-штамповочное оборудование	<p>Классификация кузнечно-прессовых машин. Классификация по технологическому назначению, по кинематике исполнительного механизма, по конструкции и другим признакам. Прессы общего назначения, вытяжные, гибочные, ковочно-штамповочные и чеканочные прессы. Молоты. Горизонтально-ковочные машины. Прокатные станы. Ковочные вальцы. Специальные виды оборудования.</p> <p>Вытяжные прессы. Прессы двойного и тройного действия. Особенности конструкции и расчет основных узлов и деталей. Расчет станин, внутреннего и наружного ползунов. Кинематическая схема прессы двойного и тройного действия. Техническая характеристика вытяжных прессов.</p> <p>Горячештамповочные кривошипные прессы. Назначение. Особенности конструкции. Кинематическая схема кривошипного прессы. Кинематические параметры кривошипно-ползунного механизма. Энергетические возможности кривошипных прессов. Расход энергии в приводе за цикл. Системы включения прессов. Отличительные особенности муфт и тормозов. Закрытая высота прессы.</p> <p>Горизонтально-ковочные машины. Основные типы горизонтально-ковочных машин с вертикальным и горизонтальным разъемом матриц. Особенности расчета узлов и деталей. Расчеты станины, рабочего и зажимного ползунов, механизмов привода ползунов, предохранительных устройств. Техническая характеристика ГКМ.</p> <p>Гидравлические прессы. Назначение, принцип действия. Принципиальная конструктивная схема гидравлического привода. Рабочий цикл. Классификация гидравлических прессов по технологическому признаку. Ковочные гидравлические прессы. Следящие системы и вспомогательные механизмы ковочных прессов.</p> <p>Молоты. Классификация молотов. Молоты простого и двойного действия. Шаботные и бесшаботные молоты. Паровоздушные молоты. Пневматические и гидравлические молоты. Принцип действия молота и его общая схема. Фундаменты под молоты. Расчет энергии удара и массы падающих частей молота.</p>
5	Проектирование машиностроительного производства	<p>Исходные данные для проектирования цеха КШП. Программа выпуска изделий в натуральном и стоимостном выражении. Номенклатура выпускаемой продукции. Тип производства и режим работы цеха. Нормативная документация по проектированию производства.</p> <p>Выбор метода проектирования. Подетальное, приведенное и укрупненное проектирование. Технико-экономическое обоснование проектных решений.</p> <p>Проект цеха. Состав графической части. Основные расчеты по проекту.</p> <p>Методика определения состава и количества оборудования, основных и вспомогательных рабочих, производственной и вспомогательной площади. Особенности проекта реконструк-</p>

		<p>ции цеха.</p> <p>Грузопотоки и транспортные средства. Расчет и проектирование грузопотоков. Классификация транспорта цеха. Выбор и проектирование мостовых кранов и наземных видов транспорта. Указание транспортных потоков на чертеже планировки цеха.</p> <p>Общезаводские и общецеховые службы и устройства. Организация ремонта оборудования и ремонта штампов. Штампово-инструментальное хозяйство. Учет и паспортизация штампов. Склад штампов, хранение штампов. Система планово-предупредительных ремонтов оборудования.</p> <p>Средства механизации и автоматизации производственных процессов в машиностроении. Гибкие производственные системы и модули.</p>
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Вопросы к вступительным испытаниям по образовательной программе высшего образования – программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации 2.5.7 «Технологии и машины обработки давлением»:

1. Условие пластичности. Физический смысл условия пластичности
2. Температурный интервалковки и штамповки сталей. Дефекты нагрева. Влияние температуры на пластичность металлов и сплавов.
3. Расчет размеров заготовки. Определение усилий гибки. Угол пружинения и радиусы закруглений.
4. Гидравлические прессы. Назначение, принцип действия. Принципиальная конструктивная схема гидравлического привода.
5. Основные элементы штампов для листовой штамповки. Классификация штампов. Материалы деталей штампов.
6. Деформации при повышенных температурах. Рекристаллизация при горячей пластической деформации.
7. Методы холодной объемной штамповки: холодное выдавливание и холодная высадка. Оборудование для холодной объемной штамповки и холодной высадки.
8. Разделительные операции. Классификация разделительных операций. Механизм деформирования. Качество и точность деталей.
9. Системы включения прессов. Отличительные особенности муфт и тормозов

10. Технология изготовления штамповой оснастки. Особенности обработки деталей штампов: разметка, установка координат, окончательная обработка и доводка рабочих поверхностей деталей.
11. Скорость деформации. Влияние скорости деформации на прочность и сопротивление деформированию
12. Термообработка поковок. Способы защиты заготовок от образования окалины.
13. Исходные материалы для листовой штамповки. Сортамент, маркировка, технические условия на поставку.
14. Фундаменты под молоты.
15. Детали блока штампа. Расчет и проектирование рабочих частей штампов. Выталкиватели.
16. Связь между напряжениями и деформациями в упругой и пластической области
17. Нагрев металла перед обработкой давлением. Требования, предъявляемые к нагреву и нагревательным устройствам.
18. Неметаллические материалы для листовой штамповки.
19. Горячештамповочные кривошипные прессы. Назначение. Особенности конструкции. Энергетические возможности кривошипных прессов.
20. Штампы совмещенного действия. Особенности конструкции совмещенных штампов. Определение центра давления штампа.
21. Деформированное состояние в точке. Тензор деформаций. Главные деформации
22. Штамповка на молотах и прессах. Классификация поковок, штампуемых на молотах. Штамповочные переходы.
23. Гибочные операции. Основные схемы гибки. Напряженно-деформированное состояние при гибке.
24. Классификация кузнечнопрессовых машин. Классификация по технологическому назначению, по кинематике исполнительного механизма, по конструкции и другим признакам.
25. Стандартные детали штампа.



26. Упрочнение при холодной пластической деформации. Дислокационные теории упрочнения
27. Ресурс пластичности. Условия деформирования металла без разрушения. Модели разрушения.
28. Физическая природа пластической деформации. Механизмы пластической деформации
29. Условие постоянства максимального касательного напряжения (Сен-Венана)
30. Свободная ковка. Назначение и область применения. Основные и вспомогательные операции свободнойковки.
31. Изготовление стандартных изделий методами холодной объемной штамповки.
32. Калибровка заготовок и подготовка поверхности перед холодной объемной штамповкой.
33. Горячая объемная штамповка. Оборудование для горячей объемной штамповки. Разработка технологического процесса.
34. Штамповка в открытых штампах. Стадии заполнения ручья при открытой объемной штамповке.
35. Вытяжка. Разновидности операций вытяжки. Напряженно-деформированное состояние заготовок.
36. Коэффициенты вытяжки. Расчет количества вытяжных переходов.
37. Специальные способы штамповки листового материала. Штамповка резиной и жидкостью. Гидромеханическая вытяжка. Штамповка взрывом и пневмоформовка. Электрогидравлическая и магнитно-импульсная штамповка. Преимущества и недостатки процессов.
38. Расчет технологических усилий разделительных операций.
39. Формовка, отбортовка, раздача, обжим, рельефная формовка.
40. Молоты. Горизонтально-ковочные машины. Прокатные станы. Ковочные вальцы. Специальные виды оборудования.
41. Вытяжные прессы. Прессы двойного и тройного действия. Особенности конструкции и расчет основных узлов и деталей.

42. Молоты. Классификация молотов. Молоты простого и двойного действия. Шаботные и бесшаботные молоты. Паровоздушные молоты. Пневматические и гидравлические молоты.
43. Расчет энергии удара и массы падающих частей молота.
44. Прессы общего назначения, вытяжные, гибочные, ковочно-штамповочные и чеканочные прессы.
45. Стандартные детали штампа.
46. Классификация штампов для горячего деформирования. Специальные штамповые стали.
47. Конструирование молотовых штампов. Расчет размеров штамповочных ручьев.
48. Штампы последовательного действия. Особенности конструкции. Проектирование и расчет элементов штампа последовательного действия.
49. Схема напряженного состояния. Тензор напряжений. Инварианты тензора напряжений
50. Основные элементы штампов для листовой штамповки. Классификация штампов. Материалы деталей штампов.

## **5. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы вступительного испытания в аспирантуру**

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Машиностроение, 1977.
2. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. Металлургия, 1986.
3. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. Металлургия, 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. Metallurgy, 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., Шибаков В.Г. Автоматизация, робототехника и гибкие производственные системы кузнечно-штамповочного производства: Учеб. Пособие/ Под ред. д.т.н. проф. В.Г. Шибакова - М.: Машиностроение 2001.-339 с., ил