Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский**

**политехнический университет»**

**ПРОГРАММА**

**вступительного испытания по специальной дисциплине по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

|  |  |
| --- | --- |
| **Научная специальность** | 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки |
| **Направленность (профиль)** **программы аспирантуры**  | 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки |
| **Обеспечивающие кафедры:** | Инновационные технологии машиностроения |

Руководитель программы: профессор кафедры ИТМ, д.т.н. Муратов К.Р.

**Пермь 2022**

**Для поступающих на кафедру**

**«ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

**Вопросы**

**Тема 1. Значение механических и физико-технических методов обработки в современном машиностроении**

Вопросы:

1.1 Содержание специальности, проблемы стоящие перед технологией и оборудованием современного машиностроения.

1.2 Основные задачи, решаемые механическими и физико-техническими методами, их удельный вес в общей трудоемкости изделий в машиностроении и направления развития.

1.3 Обработка материалов резанием и физико-техническими методами - один из основных элементов технологии современного машиностроения.

1.4 Фондообразующая роль станкостроения в машиностроительной отрасли. Значение станков для производства машин.

1.5 Основные направления развития и важнейшие достижения станкостроения и инструментальной промышленности по показателям технического уровня.

1.6 Современные тенденции и пути обеспечения конкурентоспособности станочного оборудования и инструментов.

1.7 Международная динамика рынка станков и инструментов.

1.8 Мировая структура развития станкостроения.

**Тема 2. Обработка резанием**

Вопросы:

2.1 Задачи теории резания металлов.

2.2 Преимущества и недостатки механической обработки резанием по сравнению с другими методами.

2.3 Основные понятия процесса резания, его физические основы. Механика процесса резания, схемы стружкообразования, трение при резании, наростообразование.

2.4 Методы и средства экспериментального исследования процесса резания.

2.5 Энергетический баланс обработки. Тепловые, электрические, магнитные и другие явления при резании.

2.6 Средства снижения теплообразования при резании.

2.7 Методы и задачи изучения физических явлений при резании.

2.8 Колебания при резании, их виды и принципы возникновения.

2.9 Использование наложения вибраций на процесс обработки.

2.10 Технологические среды и их действие.

2.11 Обработка с ограниченным использованием СОЖ.

2.12 Инструментальные материалы, их виды и области применения.

2.13 Виды износа, критерии смены инструмента и способы повышения его стойкости.

2.14 Понятие о стойкости инструмента; типовая геометрическая картина износа рабочих поверхностей инструмента при механической обработке, его зависимость от вида обрабатываемого материала, операции, режимов резания; понятие о кривых износа инструментов и периоде стойкости.

2.15 Критерии износа инструмента; их назначение в зависимости от вида операции и типа инструмента. Понятие размерного износа различных видов инструмента.

2.16 Физические основы изнашивания инструмента; понятие об абразивном, адгезионном, диффузионном и окислительных механизмах изнашивания.

2.17 Общий механизм износа инструмента; интенсивность износа, его модели.

2.18 Оптимизация режима резания, ее методы и критерии.

2.19 Применение ЭВМ для выбора оптимальных режимов резания.

2.20 Связь режима обработки с качеством поверхностного слоя.

2.21 Обрабатываемость конструкционных материалов резанием.

2.22 Эксперименты в резании металлов, их особенности и требования к методике, средствам обеспечения эксперимента.

2.23 Основные нерешенные вопросы в области теории резания.

2.24 Основные методы (схемы) обработки.

2.25 Сверхскоростное резание, комбинированные рабочие процессы.

2.26 Требования к режущему инструменту, автоматические методы контроля его размера, состояния и настройки.

2.27 Расчеты сил резания. Их методика.

**3. Режущий инструмент**

Вопросы:

3.1 Роль и значение режущих инструментов в металлообработке.

3.2 Типовые задачи и этапы проектирования режущих инструментов.

3.3 Способы проектирования.

3.4 Функционально-структурная модель режущего инструмента.

3.5 Назначение конструктивно-геометрических параметров режущего инструмента в соответствии с требованиями процесса резания.

3.6 Особенности проектирования режущих инструментов для различных видов обработки. Методы крепления и базирования.

3.7 Базирование и крепление режущих элементов сборных инструментов. Требования к конструкции крепежно-присоединительной (корпусной) части инструментов при скоростной и сверхскоростной обработке.

3.8 Стандартизация и сертификация режущих инструментов.

3.9 Алгоритмизация процедур расчета и проектирования режущего инструмента. САПР режущего инструмента.

3.10 Дополнительные требования к инструментам в крупносерийном и автоматизированном производстве: на агрегатных станках, автоматических линиях, на станках с ЧПУ, многоцелевых станках, ГП-модулях.

3.11 Настройка инструмента на размер на станке и вне станка. Методы автоматической коррекции положения режущего инструмента. Входной контроль инструментов.

3.12 Инструментальное обеспечение различных производств.

3.13 Перспективы развития конструкций режущих инструментов.

**4. Интенсификация процессов механической обработки**

Вопросы:

4.1 Основные направления создания высокопроизводительных процессов резания. Физические особенности и технологические показатели скоростного и силового резания, тонкого точения и растачивания, типовые конструкции инструмента, режимы резания, области применения.

4.2 Процессы резания с особыми кинематическими и физическими схемами обработки - ротационное (бреющее) и вибрационное резание, в том числе ультразвуковое и иглофрезерование; нанотехнологические методы обработки.

4.3 Комбинированные методы обработки резанием, совмещающее воздействие на материал снимаемого слоя нескольких физических и химических явлений.

4.4 Резание в специальных технологических средах, с опережающим пластическим деформированием (ОПЛ), нагревом (терморезание), электромеханические методы лезвийного резания и химико-механические методы абразивной обработки.

4.5 Перспективы развития комбинированных методов обработки резанием.

**5. Физико-технические методы обработки**

Вопросы:

5.1 Понятие физико-химической обработки как метода изготовления детали путем снятия с заготовки слоя материала в результате всех возможных видов воздействия инструментов в том числе механических, тепловых, электрических и химических в технологических средах и их комбинациях.

5.2 Физико-химический механизм обработки как средство снятия с заготовки слоя материала в виде стружки (механическая обработка), продуктов анодного растворения (электромеханическая обработка), электроэрозионного разрушения (электроэрозионная обработка), а также плавление и испарение металла (лазерная и электронно-лучевая обработка) и другие воздействия.

5.4 Классификация существующих методов физико-химической обработки и теоретические предпосылки создания принципиально новых на основе использования совокупности известных физических, химических и других явлений.

5.5 Понятие о классе обработки резанием (механическое, тепловое, электрическое, химическое, комбинированное), группе, характеризующейся определенными физико-химическим механизмом резания (например, плазменно-механическая обработка резанием) и методе конкретной реализации определенной обработки резанием (например, плазменно-механическая обработка твердосплавным инструментом).

**6. Типы металлорежущих станков и их классификация**

Вопросы:

6.1 Классификация станков по технологическому назначению, точности, степени автоматизации, типажи и каталоги металлорежущих станков.

6.2 Особенности конструкций станков основных групп.

6.3 Методика формирования цены на станки с учетом их качества.

6.4 Международная стандартизация и сертификация станков и их комплектующих.

6.5 Конкурентоспособность металлорежущих станков.

**7. Кинематика станков**

Вопросы:

7.1 Образование поверхностей на обрабатываемых деталях.

7.2 Классификация движений в станках.

7.3 Кинематическая структура станков с механическими и немеханическими кинематическими связями.

7.4 Сравнительный анализ кинематической структуры отдельных типов станков.

**8. Технологические основы обработки на металлорежущих станках различных типов**

Вопросы:

8.1 Технология и физико-химические процессы удаления части начального объема материала заготовки при механической обработке, электромеханической, электроэрозионной и лазерной обработке и других методах формирования деталей.

8.2 Технологическая подготовка проектирования станков. Формирование требований к станку на основе анализа параметров обрабатываемых деталей.

8.3 Особенности построения технологического процесса обработки на металлорежущих станках различных типов, в том числе станков для нанотехнологической обработки.

**9. Основные этапы проектирования и расчетов станочного оборудования**

Вопросы:

9.1 Маркетинг с целью определения конкурентоспособности создаваемого станка по комплексу технико-экономических показателей.

9.2 Основные критерии работоспособности станков, производительность, начальная и с учетом температурных деформаций прочность, жесткость, износостойкость, устойчивость.

9.3 Надежность станков. Общие понятия. Надежность параметрическая и функциональная. Надежность в период нормальной эксплуатации и износовых отказов. Резервирование.

9.4 Составление технического задания на разработку станка на основе технологической подготовки проектирования. Определение основных конструктивных и технологических параметров. Методы формирования показателей и критериев оценки технического уровня станка по его выходным характеристикам.

9.5 Формирование компоновочного решения и несущей системы станков. Определение конструктивных параметров.

9.6 Разработка кинематической схемы, выбор принципа управления, контроля и диагностики.

9.7 Статические упругие перемещения и их влияние на точность станков.

9.8 Динамическая система станка. Характеристики ее основных элементов (упругой системы, процесса резания, процесса трения процессов в двигателях). Устойчивость движений рабочих органов станка и методы ее обеспечения. САПР станков.

9.9 Многокритериальная оптимизация в задачах проектирования станков. Формирование требований к основным системам станка.

9.10 Понятия о сквозном методе проектирования и изготовления изделий CAD-CAM-CAE. Параметрические твердотельные модели.

9.11 Методы оценки качества технологического оборудования на этапах проектирования и сборки.

**10. Основные системы станка и их проектирование и расчет**

Вопросы:

10.1 Принципы конструирования мехатронных узлов. Основные преимущества их использования в станках.

10.2 Направляющие прямолинейного и кругового движения. Конструирование и расчет направляющих смешанного трения, гидростатических, гидродинамических и качения.

10.3 Конструирование и расчет коробок скоростей и подач.

10.4 Шпиндельные узлы с подшипниками качения и скольжения, гидростатическими и гидродинамическими. Конструирование, расчет с учетом критерия жесткости элементов узла. Особенности конструирования высокоскоростных шпинделей.

10.5 Механизмы для осуществления прямолинейных движений, их виды, конструирование и расчет механизмов: винт-гайки скольжения и качения, зубчато-реечного, червячно-реечного и др. Механизмы для осуществления периодических движений.

10.6 Механизмы для микроперемещений. Механизмы подачи. Механизмы фиксации.

Механизмы автоматической смены инструментов. Магазины инструментов и заготовок (компоновки).

10.7 Зажимные приспособления металлорежущих станков. Классификация, основные типы. Расчеты типовых приспособлений для станков различного технологического назначения.

10.8 Экспериментальные исследования металлорежущих станков, методики проведения и обработки результатов.

**11. Электрооборудование станков**

Вопросы:

11.1 Устройство и основные характеристики электродвигателей станков: конструкции двигателей постоянного и переменного тока.

11.2 Типы быстродействующих двигателей, высокомоментные двигатели постоянного тока с постоянными магнитами, их достоинства; двигатели для вентильного привода; шаговые двигатели; линейные двигатели.

11.3 Механические характеристики двигателей: разгон, торможение и регулирование скорости.

11.4 Системы регулируемого электропривода станков. Тенденции развития конструкций электродвигателей станков.

11.5 Переходные процессы в электроприводах станков: динамические режимы работы привода (основные показатели); уравнение движения электропривода.

11.6 Расчет мощности электродвигателей станков: при длительной работе; при повторно-кратковременной работе.

11.7Аппаратура и схема электрического управления металлорежущими станками.

**12. Гидравлический привод станков**

Вопросы:

12.1 Область применения гидравлического привода в станках, его преимущества и недостатки, основные требования, предъявляемые к гидроприводу станков.

12.2 Способы регулирования скорости в гидравлических приводах станков, принципиальные схемы, основные характеристики.

12.3 Схемы и конструкции основных элементов гидропривода: насосы и гидромоторы; цилиндры; контрольно-регулирующая аппаратура; распределительная аппаратура; фильтры. Гидравлические следящие приводы. Область применения в станках, основные схемы, точность и устойчивость приводов.

12.4 Электрогидравлические приводы станков с ЧПУ: следящие золотники; гидроусилители крутящего момента; насосные установки

12.5Динамика гидропривода. Устойчивость движения рабочих органов станков с гидроприводом. Вибрация в гидросистемах, устойчивость контуров системы.

**13. Автоматизация станков. Программное управление станками. Автоматические станочные системы**

Вопросы:

13.1 Классификация автоматизированных станков и станочных систем по различным признакам. Основные понятия теории автоматического управления. Линейные элементы автоматических систем и их характеристики. Типовые нелинейности автоматических систем, их влияние на устойчивость системы и методы линеаризации.

13.2 Системы управления циклом. Принцип построения циклограмм. Структурные схемы кулачковых автоматов. Область применения. Преимущества и недостатки.

13.3 Копировальные следящие системы. Индуктивные и фотокопировальные системы. Области применения копировальных станков. Преимущества и недостатки.

13.4 Классификация систем программного управления. Системы: контурные, позиционные, прямоугольные, универсальные.

13.5 Системы управления многооперационными станками. Структура систем программного управления основных классов. Понятие об основных узлах устройств ЧПУ (интерполяторы, устройства управления приводом и др.). Области применения станков с рограммным управлением. Системы группового числового управления станками. Датчики перемещения в станках с ЧПУ.

13.6 Процесс программирования. Программоносители и устройства для ввода программы.

13.7 Автоматизация процесса резания. Адаптивные системы. Приборы контроля точности изготовления деталей на станке и подналадка станка.

13.8 Роботы и манипуляторы.

13.9 Основные принципы компоновки автоматических линий. Транспортные системы. Области применения автоматических линий.

13.10 Гибкие автоматические линии. Определение. Принципы построения.

13.11 Основные понятия о ГП-модулях и гибких производственных системах (ГПС). Требования к системам ЧПУ и ГП-модулям.

13.12 Гибкие автоматизированные производственные системы (ГПС). Основные понятия. Область применения.

**14. Особенности станков для физико-технических методов обработки**

Вопросы:

14.1 Сравнительные характеристики методов физико-технической обработки, их место среди других методов размерной обработки материалов и общие вопросы построения станков. Принципы и схемы адаптивно-программного управления процессом обработки. Оптимальное регулирование режимов обработки.

14.2 Электроэрозионные станки, их разновидности, физические схемы и технологические возможности. Прецизионные методы изготовления деталей.

14.3 Типовые узлы станков для электроэрозионной обработки, генераторы импульсов энергии, виды электродов, системы автоматического регулирования.

14.4 Взаимосвязь элементарных единичных и реальных массовых процессов электроэрозионной обработки. Физические модели реального процесса при массовом воздействии разрядов. Рабочие жидкости, влияние их свойств на выходные показатели процесса.

14.5 Автоматизация электроэрозионных копировально-прошивочных и вырезных станков. Средства и устройства автоматизации.

14.6 Станки-модули. Устройства, сообщающие орбитальные движения электроду-инструменту. Ультразвуковые станки, физические основы их работы, кинематика обрабатывающей системы, в том числе магнитострикционные и ультразвуковые преобразователи. Технологические характеристики размерной ультразвуковой обработки.

14.7 Станки для отделочных методов электрофизической обработки, электрополирование, методы достижения точности и качества поверхностного слоя деталей.

14.8 Станки для обработки электрохимическими методами. Основные виды электрохимической обработки: непрерывная, импульсная, циклическая. Выбор их оптимальной последовательности и параметров, закономерности анодного растворения, электролиты, конструкции катодов. Установки для электрохимической обработки типовых деталей. Средства интенсификации процесса обработки. Автоматизация электрохимического оборудования.

14.9 Станки для лучевых методов обработки: электронно-лучевая обработка и лазерная обработка, принципы действия и физическиесхемы, установки, области применения. Основные положения экономики; физические схемы, применение в изделиях приборостроения.

14.10 Станки для обработки комбинированными методами, их классификация. Станки для обработки электроконтактными и анодно-механическими методами; физические схемы, технологические установки, области применения.

**15. Эксплуатация станков и станочных систем**

Вопросы:

15.1 Установка станков на фундамент.

15.2 Испытание станков на холостом ходу и при резании.

15.3 Диагностика станков, инструментов и механизмов смены и загрузки инструмента.

15.4 Особенности эксплуатации станочных автоматических линий.

15.5 Особенности эксплуатации станков с ЧПУ и ГПС.

15.6 Техническое обслуживание и ремонт.

15.7 Проблемы модернизации станков.

**Рекомендуемая литература, информационные ресурсы**

**Основная литература**

1. Абляз Т.Р., Ханов А.М. Современные подходы к технологии электроэрозионной обработки материалов: учебное пособие. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Пермь: Изд-во ПНИПУ. 2012. – 120 с.

2. Макаров В.Ф. Резание материалов: учеб. пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 364 с.

3. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. М. Адаскин, В. М. Зуев .— Москва : ФОРУМ, 2010 .— 334 с.

4. Елисеев Ю.С., Саушкин Б.П. Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники / под. Ред. Б.П. Саушкина. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2010. – 437 с.

**Дополнительная литература**

1. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М.: Машиностроение, 2000.

2. Инструментальные системы автоматизированного производства: Учеб. для вузов / Р.И. Гжиров, В.А. Гречишников идр. СПб.: Политехника, 1993.

3. Гибкие производственные комплексы. /Под ред. П.Н. Белянина и В.А. Лещенко М.: Машиностроение, 1984.

4. Гибкое автоматическое производство /Под ред. С.А.Майорова и Г.В. Орловского. Л.: Машиностроение, 1983.

5. Механическая обработка материалов: Учеб. для вузов / А.М. Дальский и др. М.: Машиностроение, 1981.

6. Иноземцев Г.Г. Проектирование режущего инструмента. Учеб. пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1984.

7. Качество машин: Справочник; в 2 т. / Под ред. А.Г. Суслова. М.: Машиностроение, 1995.

8. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / Ю.И. Кузнецов и др. М.: Машиностроение, 1990.

9. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982.

10. Машиностроение: Энциклопедия. Технология изготовления деталей машин. / Под ред. А.Г.Суслова. М.: Машиностроение, 1999.

1. **Пример экзаменационного билета**

|  |  |
| --- | --- |
| ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ | УТВЕРЖДАЮЗав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Вступительные испытания по специальной дисциплине, соответствующей научной специальностиТехнология и оборудование механической и физико-технической обработки |
| *Наименование научной специальности* |
| ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №11. Электроэрозионные станки, их разновидности, физические схемы и технологические возможности. Прецизионные методы изготовления деталей. 2. Классификация станков по технологическому назначению, точности, степени автоматизации, типажи и каталоги металлорежущих станков. 3. Классификация существующих методов физико-химической обработки и теоретические предпосылки создания принципиально новых на основе использования совокупности известных физических, химических и других явлений. |