

Общие методические указания

Программой дисциплины: “Программирование для автоматизированного оборудования” предусматривается изучение основных методов и средств разработки, контроля и редактирования управляющих программ для автоматизированного оборудования.

В результате изучения дисциплины студенты-заочники должны овладеть методикой разработки управляющих программ для основных видов оборудования с программным управлением.

Основным методом изучения дисциплины: “Программирование для автоматизированного оборудования” является самостоятельная работа учащихся в соответствии с данными методическими указаниями, при этом для полного и успешного усвоения дисциплины предусматриваются следующие виды занятий:

- самостоятельное выполнение одной контрольной работы;
- выполнение лабораторно-практических работ;
- проработка материала по основным вопросам курса на обзорных занятиях и консультациях в течение учебного года или в период лабораторно-экзаменационных сессий.

Примерное содержание дисциплины и теоретические сведения по изучаемой дисциплине

Введение

Сущность программного управления. Содержание дисциплины: “Программирование для автоматизированного оборудования”, его задачи, связь с другими предметами. Задачи в области автоматизации проектирования технологических процессов в машиностроительном производстве.

Теоретические сведения

В металлообработке основным средством повышения производительности труда и внедрения безлюдной технологии является автоматизация процессов на базе оборудования с ЧПУ и создания ГАП.

Область эффективного использования оборудования с ЧПУ определяется на основании технико-экономических расчетов с учетом серийности производства, номенклатуры обрабатываемых деталей, функциональных возможностей станков с ЧПУ. Определяющим фактором целесообразности и эффективности применения станков с ЧПУ, наряду с улучшением качества и повышением точности обработки, экономией материала с учетом производственных площадей и людских ресурсов, является повышение производительности труда, определяющее как себестоимость обработки, так и уровень капитальных затрат.

Существенное влияние на эффективность использования станков с ЧПУ оказывает организация производства, учитывающая создание служб по проектированию технологии, разработке управляющих программ (УП),

наладке и ремонту станков и СЧПУ (систем числового программного управления), обеспечению инструментом, оснасткой и контрольно-измерительной аппаратурой.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы причины приоритетного развития станков с ЧПУ?
2. Использование программного управления в условиях различных типов производства?

Раздел 1. Подготовка к разработке управляющих программ (УП)

Тема 1.1. Этапы разработки УП

Определение номенклатуры деталей для обработки на станках с ПУ, гибких производственных системах. Классификация деталей по конструктивно технологическим признакам.

Литература: [1], с.194; [6], с.37;

Теоретические сведения

Станки с ЧПУ, в том числе с микропроцессорным управлением, а также ГПС получили широкое распространение. Но это не значит, что все заготовки должны обрабатываться только на станках с ЧПУ и ГПС: иногда это действительно целесообразно, а иногда малоэффективно и даже убыточно с ЧПУ.

Обозначим: С - сложность детали; Т – трудоемкость ее обработки. Очевидно, для одной и той же группы оборудования эти величины пропорциональны:

$$T=C/V.$$

Коэффициент пропорциональности В характеризует оборудование, на котором производится обработка, его степень новизны и прогрессивности. Это показатель потенциальных возможностей оборудования, его потенциальная производительность. Здесь производительность рассматривается как характеристика технологических возможностей оборудования. Чем выше В, тем ниже трудоемкость обработки.

При определенных условиях допускается принять $C = t_{шт.}$, тогда коэффициент производительности при обработке числа n числа деталей составит величину

$$h_n = \frac{1}{1 + t_{nz} / (t_{ум} \times n)} = \frac{1}{1 + t_{nz} \times B / (C \times n)},$$

где $t_{шт.}$ - штучное время обработки; t_{nz} - подготовительно-заключительное время.

Чем выше С, тем больше h_n и тем выше эффективность использования станков с ЧПУ и ГПС. В данном случае возникает необходимость в

формализации понятия сложности деталей и в разработке для ее количественной оценки.

Особенно важно это для САПР (CAD) ТП, когда на стадии проектирования нужно решить вопрос о целесообразности использования для обработки станков с ЧПУ или ГПС и в дальнейшем проектировать процесс соответствующего оборудования.

Разработана методика подбора деталей для станков с ЧПУ с использованием их сложности и др.

Исходными документами при подготовке УП является рабочий чертеж детали и технологическая карта. От способа ввода УП в систему ЧПУ зависит только вид документа, на котором фиксируются результаты программирования. На процессе подготовки УП, который в обобщенной форме можно представить как последовательность трех основных этапов, способ ее ввода не оказывает влияния.

В процессе программирования решающими этапами являются сбор и упорядочение всей геометрической и технологической информации с детали, заготовки, инструменте, станке с устройством ЧПУ, а также информации о технологических приемах, используемых при обработке детали. Суммарная информация по отдельным переходам, выполняемым в процессе обработки детали в соответствии с заданными технологическими параметрами и составляет УП.

Заключительный этап технологической подготовки производства (ТПП) включает расчет программ, кодирование информации и контроль.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие факторы влияют на определение номенклатуры деталей для обработки на станках с ЧПУ?
2. Сложность детали и её составляющие.

Тема 1.2. Исходная документация для разработки УП

Требования к составу и формам технологической документации приняты ЕСТД. Справочная, сопроводительная документация. Каталоги: станков с ЧПУ, приспособлений, режущего, вспомогательного и мерительного инструментов, обрабатываемых материалов. Нормативы режимов резания для обработки различных материалов на станках с ПУ, инструкции по управлению.

Инструкции по программированию для конкретных станков и систем ПУ.

Литература: [1], с.267; [6], с.42;

Теоретические сведения

При проектировании технологических процессов для станков с ЧПУ перерабатывается большой объем информации, которая представляется в виде различной технологической документации. Технологической документацией называется комплекс текстовых и графических документов, определяющих в отдельности или в совокупности технологический процесс

изготовления изделия и содержащих данные, необходимые для организации производства.

Исходная документация, используемая при разработке и внедрении технологических процессов, операций и управляющих программ на обработку деталей на станках с ЧПУ, делится на две группы: справочную и сопроводительную.

Справочная документация содержит картотеки сведений о станках с ЧПУ, режущем, вспомогательном и измерительном инструменте, установочно-зажимных приспособлениях, свойствах обрабатываемых материалов, нормативные данные по расчету допусков и посадок, режимов резания и нормирования, методические материалы по расчету, кодированию, записи и редактированию УП.

Сопроводительная документация содержит карты технологического процесса, операционные карты, карты эскизов, карты кодирования информации, УП на программноносителе и ее распечатку, график траектории инструментов, полученный на этапе контроля УП, акт внедрения УП, ведомость обрабатываемых деталей.

Сопроводительная документация оформляется в процессе разработки УП. Правила оформления документов на технологические процессы и операции, выполняемые на станках с ЧПУ, и виды этих документов приведены в ГОСТ 3.1404-86. В соответствии с этим стандартом при разработке и внедрении технологических процессов, операций и УП на обработку деталей используются следующие документы: маршрутная карта (МК); карта технологического процесса (КТП); операционная карта (ОК); карта наладки инструмента (КН/П); карта эскизов (КЭ); карта кодирования информации (ККИ); карта заказа на разработку управляющей программы (КЗ/П); ведомость обрабатываемых деталей (ВОД).

Вопросы для самоконтроля

1. Назначение карты кодирования информации.
2. Содержание операционной карты.
3. Какие требования предъявляют к справочной документации?

Тема 1.3. Системы координат станка, детали, инструмента и их связь

Прямоугольная, цилиндрическая и сферическая системы координат, используемые при программировании обработки детали.

Выбор системы координат с учетом конструкторских и технологических баз.

Система координат станка (СКС) в соответствии с рекомендациями комитета ISO-R841 и ГОСТ 23597-79. Нулевая точка. Исходная точка.

Точка начала обработки.

Система координат детали (СКД). Опорные точки. Нулевая точка детали.

Система координат инструмента (СКИ). Координаты настроенной точки и центра закругления при вершине инструмента.

Связь систем координат детали, станка и инструмента.

Литература: [1], с.36; с.66; с.70; [6], с.64; с.50; с.55;

Теоретические сведения

В процессе подготовки управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ наиболее трудоемким этапом является расчет траектории инструмента. Траектория строится относительно контура детали и при обработке программы по ней осуществляется перемещение соответствующих рабочих органов станка. При этом большое значение имеет правильный выбор и взаимная увязка систем координат детали, станка и инструмента.

В системе координат станка (СКС) определяются начальные и текущие положения рабочих органов станка, их предельные перемещения.

Для обеспечения общности методов подготовки управляющих программ выбор СКС должен соответствовать рекомендациям ISO. Выбранную систему координат принято называть стандартной. По ГОСТ 23597-79 стандартная система координат представляет собой правую прямоугольную декартову систему координат ХУZ.

Система координат детали (СКД) предназначена для задания координат опорных точек обрабатываемых поверхностей, координат опорных точек траектории инструмента. Опорными при этом считаются точки начала, конца, пересечения или касания геометрических элементов, которые составляют контур детали на траекторию инструмента на переходах обработки.

В качестве СКД используются правая прямоугольная цилиндрическая и сферическая система координат.

Система координат инструмента (СКИ) предназначена для задания положения его настроечной точки относительно державки или центра поворота инструментальной головки.

Наличие связи систем координат детали, станка и инструмента позволяет выдерживать заданную точность обработки детали при ее переустановке, а при подготовке УП - траекторию перемещения инструмента задавать в системе координат детали. Связаны системы координат через базовые точки рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент.

Вопросы для самоконтроля

1. Правила выбора направлений осей координат станка.
2. В чем отличие системы координат токарных станков от системы координат станков сверлильно-фрезерной группы?
3. Перечислите правила выбора системы координат детали.
4. Дайте понятие нулевой точки детали.
5. В чем отличие между нулевой и исходной точками станка?

Тема 1.4. Траектория инструмента и ее элементы

Геометрические элементы траектории: опорная точка, нулевая точка станка, детали инструмента, исходная точка, эквидистанта.

Технологические элементы траектории: ускоренный ход, рабочий ход,

включение и выключение СОЖ, выдержка времени, смена инструмента.
Циклы работы.

Литература: [1], с.62; [6], с.37;

Теоретические сведения

От качества построения траектории рабочих и вспомогательных (холостых) перемещений инструмента при обработке детали в большой степени зависит качество и производительность технологической операции, выполняемой на станке с ЧПУ. Наибольший эффект достигается при использовании типовых технологических решений для проектирования и оптимизации траектории движения инструмента, кроме того следует добиваться высокой концентрации технологических переходов и повышать коэффициент загрузки оборудования до 0,8...0,85.

Эффективность технологического проектирования обработки на станках с ЧПУ, а также оптимальная траектория движения инструмента повышает типизацию технологических переходов обработки отдельных элементов обрабатываемой поверхности. При этом последовательность обработки и траектория инструмента составляется из вариантов типовых траекторий при обработке этих элементов, соответствующих конкретным техническим и технологическим условиям.

Индивидуальные параметры детали (геометрическая форма, требование точности и качества поверхностного слоя) учитываются при технологическом проектировании маршрута (последовательности) в выборе методов обработки. Последовательность ходов в единичном цикле принимается типовой и не зависит от особенностей конкретной детали. Использование при программировании типовых циклов (библиотеки подпрограмм) обработки элементов детали значительно упрощает составление управляющей программы, сокращает трудоемкость и уменьшает возможность появления ошибок программирования.

Существует несколько видов единичных циклов обработки: типовые, постоянные и гибкие. Типовые циклы отражают имеющиеся рекомендации построения циклов для широкой гаммы возможных вариантов обработки. Постоянные (автоматические) циклы - это небольшая жесткая программа, которая не подлежит изменению. Гибкие циклы сделаны как подпрограммы, которые можно менять при программировании. Постоянные циклы и подпрограммы можно повторять в любом месте программы и тем самым существенно упрощать программирование обработки деталей, имеющих несколько одинаковых элементов.

При проектировании УП обработки деталей на станках с ЧПУ возникает задача расчета эквидистанты, представляющей собой геометрическое место точек, равноудаленных от обрабатываемого контура. Задача расчета эквидистанты может решаться либо на этапе разработки УП, либо на этапе работы станка по программе (безэквидистантное программирование).

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких элементов траектории может состоять траектория движения инструмента?
2. Зависит ли количество одновременно изменяемых координат от типа устройства ЧПУ?
3. В каких случаях необходимо предусмотреть команду “торможение” при подходе на ускоренном ходу к заданной точке?
4. Дайте понятие эквидистанты.

Раздел 2. Кодирование и запись УП

Тема 2.1. Структура УП и ее формат

УП и ее состав. Программноносители. Содержание УП в соответствии с ГОСТом 20523-80. Символы кода ISO по ГОСТу 2099-78. Структура УП и символическая запись формата УП для систем с ЧПУ. Кодирование начала и конца программы, номера и конца кадра. Формат кадра по ГОСТ 20999-83. Методы кодирования УП.

Литература: [1], с. 27; с.45; с.49; с. 51; с.53; [6], с.77; с. 78; с.85; с.89; с.102; [4], с.26;

Теоретические сведения

Управляющая программа (УП)—совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка для обработки конкретной детали (заготовки). Методы кодирования УП, ввод программоносителя и плотность записи на нем, способы считывания информации с УП являются основными показателями систем ЧПУ. В качестве программоносителей используют восьмидорожечную перфоленту, магнитную ленту на компакт-кассете, в микропроцессорных УЧПУ применяют блоки внутренней памяти на цифровых магнитных носителях. Сменные кассеты или магнитные ленты позволяют расширить состав сервисных программ, хранить библиотеку УП и записывать УП, подготовленную непосредственно на станке в ручном режиме или в режиме обучения. При построении в ISO-7-bit записывается только та геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая изменяется по отношению к предыдущему кадру. То есть для большинства команд, записываемых на перфоленту, действует правило, согласно которому заданная в данном кадре команда не повторяется в последующих кадрах и отменяется лишь запрограммированной аналогичной или специальной командой отмены.

Каждая УП должна начинаться символом % - "Начало программы", после которого ставится символ ПС - “Конец кадра» (в программах ряда действующих в настоящее время УЧПУ конец кадра обозначается символом

LF). Со следующего кадра начинается нумерация кадров программы, словом с адресом N.

Для передачи информации в УЧПУ используют коды. Для записи УП в соответствии с международным стандартом используется код ISO-7-бит подмножества, которого позволяет программировать любые виды оборудования с ЧПУ и УЧПУ различных типов.

Схема построения кадров УП строго определена и зависит от конструктивных особенностей станка и ЧПУ. Поэтому конкретный тип УЧПУ характеризуется так называемым форматом кадра УП, структурой и расположением слов в кадре. В формате кадра указывается максимально возможный набор слов, особенности кодирования данных и значения адресов команд.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких элементов состоит перфолента?
2. Какая информация закладывается в кадр УП?
3. Для чего служат 8 дорожек перфоленты?
4. Правила кодирования цифр в коде ISO-7-bit.
5. Что является исходной информацией для кодирования и записи УП?
6. Какие информационные слова входят в состав кадра УП, каков порядок их расположения?

Тема 2.2. Кодирование элементов УП

Кодирование подготовительных и вспомогательных функций.

Кодирование геометрической информации. Абсолютная и относительная системы отсчета размеров.

Участки линейной, круговой и параболической интерполяции. Кодирование скоростей перемещения рабочих органов станка и главного движения.

Коррекция подачи. Кодирование номера инструмента и его корректоров.

Коррекция диаметра, длины и положения инструмента. Кодирование повторяющихся участков УП.

Нанесение информации на программоноситель.

Литература: [1], с.52; с.55; с.57; с.301; [6], с.88; с.95; с.97; с.323;

Теоретические сведения

Слово “подготовительная функция” (G) определяет режим и условия работы станка и УЧПУ. Размерные перемещения в кадрах УП могут задаваться в абсолютных значениях или приращениях и записываться следующим образом: подготовительная функция (G), размер. Например: G 90 обозначает абсолютную система отсчёта (АСО); G91-относительную система отсчёта (ОСО). В УП современных УЧПУ линейные перемещения обычно указывают в миллиметрах и их десятичных долях. Если линейные перемещения указаны в дюймах, в УП должна быть записана подготовительная функция, определяющая единицу измерения.

Функция подачи (F) определяет скорость подачи и должна кодироваться числом, количество разрядов которого указано в формате кадра-УЧПУ. Тип подачи обычно определяется одной из следующих подготовительных функций:

G94-“Подача в минуту”; G95-“Подача на оборот”.

Основным методом кодирования подачи в современных УЧПУ является метод прямого обозначения, при котором применяется следующие единицы измерения: миллиметр в минуту-подача не зависит от скорости главного движения;

миллиметр на оборот-подача зависит от скорости главного движения;
радиан в секунду (или градус в минуту) – подача относится только к круговому перемещению.

Для указания быстрого перемещения обычно используют подготовительную функцию G00. В УП ряда УЧПУ подача задается кодовым числом, причем большей подаче соответствует большее кодовое число. Для скорости векторного перемещения, не зависящей от скорости главного движения, подача может быть выражена величиной обратно пропорциональной времени (в минутах), которое необходимо для отработки соответствующего кадра. В этом случае подача равна отношению векторной скорости (в миллиметрах).

Функция главного движения определяет скорость главного движения. Она кодируется числом, количество разрядов которого указывается в формате кадра конкретного УЧПУ, и адресом S.

Тип задания величины скорости главного движения (там, где это необходимо) определяется одной из следующих подготовительных функций.

G96 –“Постоянная скорость резания”, G97-“Обороты в минуту”.

В современных УЧПУ основным методом кодирования скорости главного движения является метод прямого обозначения, при котором число обозначает частоту вращения шпинделя в радианах в секунду или оборотах в минуту. Если число обозначает скорость резания – единицей измерения служит метр в минуту. Существуют УЧПУ, в УП которых скорость главного движения задается кодовым числом, причем большей скорости главного движения обычно соответствует большее кодовое число.

Слово “Функция инструмента“(Т) используется для выбора инструмента, а также для указания коррекции (или компенсации) инструмента. Оно может состоять из двух групп: первая группа цифр для выбора инструмента, вторая – для его коррекции. Количество цифр, следующих за адресом Т указывается, в формате конкретного УЧПУ.

Слово (или слова) “Вспомогательная функция”(М) выражается кодовым числом.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков порядок записи подготовительных функций в УП?
2. Какие существуют адреса размерных перемещений?
3. Как обозначаются координаты опорных точек в АСО и ОСО?
4. Каков метод кодирования функции подачи и скорости главного движения?

5. Объясните содержание слова “Функция инструмента” и способы его кодирования.

6. Объясните содержание вспомогательных функций УП и способы их кодирования.

Тема 2.3. Запись, контроль и редактирование УП

Составление рукописи УП, содержащей последовательность перемещений и команд управления. Устройства ЧПУ. Пульт оператора. Устройство записи УП на перфоленту. УПДЛ; режим работы: перфорация, распечатка перфоленты, контроль, исправление ошибок и перфорация. Последовательность отладки УП. Контроль кодов на программноносителе. Контроль траектории инструмента с помощью графопостроителя. Опробование УП на станке. Характерные ошибки в УП и их устранение.

Литература: [1], с.98; с.106; с.446; [6], с.121; с.134; с.156;

Теоретические сведения

Характер подготовки и контроля управляющих программ для станков с ЧПУ зависит от ряда факторов: метода программирования, типов станков и систем ЧПУ, условий производства и др. Запись рукописной программы обработки заготовки на программноносителе для станков с ЧПУ и дальнейшая ее отработка, включая контроль, осуществляется в несколько этапов.

Одна из основных операций в цикле подготовки программ-перфорирование. На начальном этапе закодированная информация перфорируется на перфоленте, как правило, с помощью ЭВМ. Если ЭВМ работает в диалоговом режиме, программа вводится в с клавиатуры дисплея (перфолента в этом случае не требуется).

Ошибки могут быть обусловлены невнимательностью оператора и отказами или сбоями перфоратора. При расчете программы на ЭВМ процесс перфорирования (на выходе ЭВМ) автоматизирован, но и в этом случае могут появляться ошибки из-за отказов или сбоев выходного перфоратора.

Если при перфорировании кодовые комбинации не совпадают, выдается сигнал ошибки и прекращается подача данных с ЭВМ. Считывание информации с перфоленты сразу после перфорирования данной строчки не может быть выполнено, поэтому кодовые комбинации для сравнения снимаются с контактов или бесконтактных элементов, управляющих перемещением нюансов перфорационного устройства.

Контроль программы с выводом информации на дисплей возможен по различным схемам. Если программа введена в ЭВМ с клавиатуры дисплея, ее контроль может осуществляться выводом на печать и последующим контролем исходной таблицы и распечатанной программы, вызовом (покадровым) программы на экран дисплея и сравнением высвеченной информации с исходной таблицей, выводом программы на ЭВМ на перфоратор и последующим контролем перфоленты любым ранее рассмотренным способом; сравнением введенной (с дисплея) программы с

хранящейся в памяти ЭВМ эталонной программой, либо введенной в ЭВМ с отдельно изготовленной перфоленты и др.

Контроль перфоленты осуществляется и по элементам помехозащищенности кодов (по модулю, четности и т.д.). В практике числового управления этот вид контроля применяется также на этапе реализации программы для проверки ввода (при считывании) информации с перфоленты, перемещения исполнительных органов станка, в качестве профилактического контроля и т.д. Для своей реализации он требует специально логических элементов (устройств), которые обычно устанавливаются в едином блоке с управляющими устройствами станков с ЧПУ (интерполяторами или другими электронно-вычислительными устройствами). Так, для контроля перфоленты необходимо специальное устройство, состоящее из блока считывания информации и электронного (электронно-вычислительного) проверяющего блока. Устройство монтируется после любого перфоратора и контролирует его работу. При необходимости проверяющий блок может выдать информацию с кадра перфоленты на экран электронно-лучевой трубки специального устройства отображения (высвечивания) информации (дисплей). Это позволяет достаточно просто установить ошибку и в ряде случаев исправить ее.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные режимы работы УПДЛ.
2. Способы выявления ошибок УП.
3. Средства выявления ошибок УП, редактирования УП в УЧПУ.

Раздел 3. Программирование технологических процессов механической обработки

Тема 3.1. Программирование обработки деталей на токарных станках с ЧПУ

Кодирование скорости главного движения и подачи. Типовые траектории движения режущего инструмента. Кодирование циклов обработки заготовок. Устройство ПО и ПУ токарного станка с ЧПУ. Подпрограммы и их назначение.

Операционная расчетно-технологическая карта обработки детали на токарном станке. Карта наладки токарного станка с ЧПУ. Пример разработки УП обработки деталей на токарном станке с ЧПУ. Команды оперативной системы ЧПУ. Пример разработки УП обработки деталей на токарном станке, оснащенном оперативной системой ЧПУ.

Литература: [1], с.223; с.278; с.316; [6], с.265; с.293; с.345;

Теоретические сведения

При программировании для токарных станков с ЧПУ и СПУ учитывают ряд особенностей.

С технологической точки зрения поверхности детали делятся на основные и дополнительные. К ним относятся поверхности, которые могут быть обработаны резцом для контурной обработки с главным углом в плане $\varphi=93^\circ$ и вспомогательным углом в плане $\varphi=32^\circ$, т.е. цилиндрические, конические, сферические и торцевые поверхности, а также поверхности фасок и неглубоких (до 1,5 мм) канавок. Дополнительные поверхности не могут быть выполнены таким резцом. К ним относятся поверхности угловых канавок для выхода шлифовального круга, прямоугольных и трапецеидальных канавок, а также резьбовые поверхности.

Технологический маршрут обработки деталей на токарном станке с ЧПУ включает черновую обработку основных и дополнительных поверхностей, не требующих черновой обработки, а также дополнительных поверхностей. В случае обработки детали с центральным отверстием после чернового подрезания торца производится обработка отверстия.

В зависимости от конфигурации детали различают открытые, полуоткрытые и закрытые припуски. Для срезания припуска применяют типовые циклограммы движения вершины резца, такие как “петля”, “зигзаг”, “спуск”.

Схему “петля” используют при построении траектории движения проходных и других резцов, работающих в одном направлении. Схема “зигзаг» предназначена для обработки в основном открытых припусков в двухкромочными и чашечными резцами, допускающими резание в прямом и обратном направлениях. По схеме “спуск» выполняют протачивание прорезными резцами канавок и других элементов поверхностей, недоступных для обработки проходными резцами.

Вопросы для самоконтроля

1. В какой последовательности выполняются переходы при обработке на токарных станках с ЧПУ?
2. По каким осям координат перемещается инструмент при обработке конусной поверхности?
3. В каком режиме возможен ввод УП с пульта оперативной системы управления?

Тема 3.2. Программирование обработки деталей на сверлильных, расточных, фрезерных и многоцелевых станках с ЧПУ

Расчет опорных точек детали и точек траектории инструмента.

Кодирование скорости главного движения и подачи. Траектории, движения режущего инструмента. Кодирование постоянных циклов обработки заготовок.

Программирование обработки детали на сверлильных станках с ЧПУ

РТК обработки деталей на сверлильном станке с ЧПУ. Определение положения нулевой плоскости. Карта наладки сверлильного станка с ЧПУ. Стандартные УП обработки деталей на сверлильном станке с ЧПУ.

Литература: [1], с.225; с.327; [6], с.164; с.172;

Теоретические сведения

Технологические переходы обработки отверстий выполняются по типовым схемам, которые имеют ряд общих признаков. Большинство переходов осуществляют за один проход (многопроходные технологические переходы характерны для обработки глубоких отверстий с периодическими выводами сверла и обработки отверстий в различных станках). Траектория инструмента в пределах прохода состоит из участков рабочего и вспомогательного ходов. Рабочий ход, как правило, включает недоход, участок резания и перебег (при обработке глухих отверстий отсутствует). С учетом указанных признаков строятся типовые единичные циклы обработки отверстий. Для упрощения программирования обработки деталей, имеющих несколько одинаковых элементов, используются постоянные циклы и подпрограмм. На станках с микропроцессорными системами ЧПУ постоянные циклы реализуются, как правило, в виде подпрограмм.

Вопросы для самоконтроля

1. Особенности обработки глубоких отверстий.
2. Назовите инструменты, используемые для обработки отверстий.
3. Какая информация закладывается в главный кадр УП, вызывающий из памяти УЧПУ постоянный цикл обработки отверстий?
4. Как определить положение нулевой плоскости?

Программирование обработки деталей на фрезерных станках с ЧПУ

Операционная расчетно-технологическая карта обработки детали на фрезерном станке с ЧПУ. Карта наладки фрезерного станка с ЧПУ. Команды управляющей системы фрезерного станка с ЧПУ. Пример разработки УП обработки деталей на фрезерном станке с ЧПУ.

Литература: [1], с.194; с.255; с.261; [6], с.191; с.198; с.207;

Теоретические сведения

Все элементы деталей, обрабатываемых фрезерованием, делятся на две группы. К первой группе относятся элементы, поверхности которых получают переходом фрезы вдоль контура детали. Ко второй группе относятся элементы, поверхности которых требуют многопроходной обработки заготовки.

В зависимости от числа одновременно управляемых координат различают плоскую и объемную обработки контуров и поверхностей деталей. Плоская обработка ведется по одной или двум координатным осям одновременно в плоскости, параллельно одной из координатных плоскостей. Объемная обработка предполагает осуществление рабочих ходов одновременно по трем и более координатам.

На основе типовых схем обработки контуров, плоскостей, объемных поверхностей построены типовые единичные циклы, используемые при разработке УП.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие циклы используют при обработке пазов концевыми фрезами?
2. Чем отличаются команды G02 и G03?

Программирование обработки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ
 РТК обработки деталей на многоцелевом станке с ЧПУ. Безопасная плоскость. Нулевая плоскость. Карта наладки многоцелевого станка с ЧПУ. Команды управляющей системы. Пример разработки УП обработки деталей на многоцелевом станке с ЧПУ.

Литература: [1], с.263; с.355; с.363; с.371; [6], с.201; с.221; с.232; с.243;

Теоретические сведения

Любую корпусную деталь можно представить как совокупность элементарных поверхностей (плоскостей, отверстий, пазов, уступов и т.д.), определенным образом и с соответствующей степенью точности ориентировочных между собой. При составлении УП описание процесса обработки конкретной элементарной поверхности производится определенным набором управляющих команд, т. е. циклом. Так как различные корпусные детали имеют большое число поверхностей одинаковых по форме, но разных по размеру, то циклы в УП также часто повторяются по набору команд, но имеют различные по величине координатные перемещения.

Наиболее часто повторяются следующие элементарные поверхности: открытые плоскости, обрабатываемые за один или несколько ходов торцевой фрезы; сквозные и глухие отверстия, обрабатываемые сверлением, развертыванием, точением, резбонарезанием и цекованием. Для упрощения процесса технологической подготовки производства и уменьшения объема УП в память УЧПУ вносят постоянные циклы. Тогда при составлении УП программируется только номер цикла и габарит элементарной поверхности.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается безопасная плоскость от нулевой плоскости?
2. В какой последовательности рекомендуется обрабатывать корпусные детали?
3. Какие команды закладывают в УП при обработке на многоцелевых станках?

Тема 3.3. Программирование обработки деталей на электроэрозионных станках с ЧПУ

Траектория движения режущего инструмента. Кодирование электрод-инструмента, и параметров генератора-импульсов и функций. Пример разработки УП, обработки детали на электроэрозионном станке с ЧПУ. РТК обработки деталей на электроэрозионном станке с ЧПУ. Карта наладки; команды управляющей системы электроэрозионного станка с

ЧПУ. Пример разработки УП обработки детали на электроэрозионном станке с ЧПУ.

Литература: [5], с.236;

Теоретические сведения

Электроэрозионное вырезание осуществляется непрофилированным электродом-проволокой диаметром 0,02-0,3мм. При обработке проволока прорезает паз, ширина которого определяется диаметром проволоки, величиной искрового промежутка, режимом обработки и высокой микронеровностей. Устройство ЧПУ электроэрозионных станков помимо формообразования обеспечивает регулирование технологического параметра-величины напряжения на искровом промежутке. Существенная особенность процесса электроэрозионной вырезки - это наличие переменной эквидистанты, которая зависит от ширины паза, прорезаемого проволокой. Следовательно, устройство ЧПУ должно допускать коррекцию эквидистанты. В электроэрозионных вырезных станках широко используют системы ЧПУ по четырем и более осям.

Вопросы для самоконтроля

1. По каким осям могут осуществляться формообразующие движения рабочих органов электроэрозионного станка с ЧПУ?
2. Какие виды движения реализуют линейно-круговой интерполятор УЧПУ электроэрозионного станка?
3. Для чего при программировании предусматривают коррекцию эквидистанты?

Лабораторная работа № 1

Подготовка и ввод УП на токарном станке с ЧПУ

Раздел 4. Системы автоматизированного программирования (САП (САМ))

Тема 4.1. Принцип автоматизации подготовки УП

Автоматизированная подготовка УП, как наиболее производительный метод подготовки высококачественных УП. Сущность автоматизации подготовки УП. Классификация САП.

Литература: [1], с.386; [6], с.356;

Теоретические сведения

Автоматизация программирования обработки деталей на станках с ЧПУ требует разработки специального программно-математического обеспечения (ПМО), реализующего комплекс алгоритмов для решения геометрических и технологических задач подготовки УП и проблемно-ориентированного языка для записи и ввода в ЭВМ исходной информации, т.е. создания автоматизации программирования (САП).

Вопросы для самоконтроля

1. Как классифицируются системы автоматизированного программирования оборудования с ЧПУ?
2. Назовите формы представления исходной информации.

Тема 4.2. Автоматизированное рабочее место технолога-программиста (АРМ ТП)

Устройство АРМ ТП. Режимы работы. Виды и назначения операторов: диалоговые операторы описание информации о детали; операторы описание ТП, сервисные операторы.

Литература: [1], с.464; [6], с.464;

Теоретические сведения

Для подготовки и контроля программы в самых разнообразных режимах предназначено автоматизированное рабочее место технолога- программиста (АРМ ТП) состоящее из мини-ЭВМ, пульта управления, дисплея, фотосчитывающего устройства, устройства ввода информации, печатающего устройства, перфоратора, графопостроителя, элементов дополнительной памяти для ЭВМ и других устройств. АРМ ТП позволяет также вводить программу в память ЭВМ от перфоленты при ее считывании фотосчитывающим устройством или ручным способом с пульта. В том числе с пульта дисплея позволяет высвечивать кадры программы на экране дисплея, при необходимости находить заданный кадр; выполнять покадровое редактирование программы при работе с дисплеем в режиме диалога; осуществлять графический контроль разрабатываемой траектории; различные вычисления; поиск подпрограммы и т.д. Отредактированная программа может быть занесена в рабочую память ЭВМ, либо временно оставлена в оперативной памяти для ввода на перфоленту, распечатку, графический дисплей или графопостроитель. В ЭВМ могут уравниваться варианты программ. При необходимости их вызывают на экран дисплея и выводят на любой элемент системы, например, на перфоратор. Объем ЭВМ можно увеличить за счет подключения внешних элементов памяти (накопителей) на магнитных лентах или дисках.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы технологические возможности АРМ ТП?
2. Какова структура АРМ ТП?
3. Каковы особенности работы АРМ ТП в режиме диалога?

Раздел 5. Программирование для оборудования гибких производственных систем (ГПС)

Тема 5.1. Особенности программирования для промышленных роботов (ПР) и роботизированных технологических комплексов (РТК)

Классификация ПР. Виды программного управления ПР. Методы программирования. Последовательность разработки и записи УП для ПР при различных видах программного управления.

Роботизированные технологические комплексы (РТК). Взаимодействие ПР со станками. Классификация РТК.

Литература: [2], с.30; с.118; с.130; [3], с.16; с.227; с.238; [4], с.12; с.129; [6], с.474; с.486;

Теоретические сведения

В настоящее время создано много разнообразных устройств управления промышленными роботами, начиная от простейших электромеханических, и, кончая очень сложными в функциональном отношении, с использованием интегральных схем. Основными классификационными признаками систем управления являются: способ управления движением; тип используемых сигналов; тип привода; тип программносителей; способ программирования.

Большинство ПР, находящихся в эксплуатации, являются роботами с программным управлением, в которых программа задается либо в форме готовых для отработки приводами траекторий для каждой из координат, манипуляционной системы, либо в виде траекторий в координатах рабочей зоны, которые затем преобразуются в реальном режиме времени в координаты степеней подвижности манипуляционной системы робота.

В большинстве случаев перемещения манипулятора промышленного робота представляют собой определенную последовательность операций, направленную на выполнение заданной производственной, технологической задачи. Конечную последовательность движений рабочего органа манипулятора, после выполнения, которой он занимает начальное положение, называют циклом, а устройства, обеспечивающие циклическую работу исполнительных рабочих органов -цикловыми.

Работа цикловых устройств управления ПР носит дискретный характер. Рабочий цикл можно разбить на несколько интервалов -тактов, представляющих собой интервалы времени, в течение которых выполняется определенное перемещение по ранее заданному циклу. Цикловые устройства многотактны и имеют обычно жесткую последовательность тактов. Основное назначение задающего программного устройства обеспечить последовательность выполнения технологических операций в соответствии с заданной программой, которая может периодически меняться. В качестве программного устройства используют штекерную панель, вращающийся барабан. В качестве носителей программы могут использоваться также перфоленты. Команды, заданные программным устройством, поступают на

привод соответствующей координаты. Линейное перемещение рабочего органа определяется положением конечного выключателя.

Позиционные устройства ЧПУ ПР предназначены для управления механизмами со значительным числом точек позиционирования по каждой координате. Ими оснащают ПР, выполняющие подъемно – транспортные работы, простейшие сборочные операции и операции контактной точечной сварки, т.е. операции, требующие лишь позиционирования объекта с заданной точностью, ориентированного его расположения в ограниченном числе точек пространства. При этом, неважно по какой, траектории будут перемещаться рабочие органы ПР. (следовательно, и транспортируемый объект) между заданными позициями.

Позиционной системой управления ПР. обеспечивается логическая последовательность программы и ее распределение по приводам управляемых координат манипуляционной системы робота.

Программирование промышленных роботов регламентируется ГОСТ 24836-81 “Устройства программного управления промышленными роботами. Методы кодирования и программирования”. В соответствии с этим стандартом программирование ПР может осуществляться одним из следующих методов: обучение; аналитическое и комбинированное программирование.

Метод обучения нашел самое широкое применение в различных конструкциях ПР и в настоящее время наиболее распространен. Суть метода заключается в том, что необходимые движения руки робота воспроизводятся оператором, а соответствующая им информация записывается при этом в память устройства управления. Затем робота переключают на автоматический режим, и он начинает воспроизводить всю последовательность движений до тех пор, пока не появится необходимость заменить программу. Этот способ прост, доступен рабочему соответствующей квалификации и не требует никаких дополнительных устройств.

При аналитическом методе программирования программу для ПР рассчитывают предварительно, а затем после отладки заносят в память устройства управления ПР. Преимущество метода – сокращение времени простоя ПР, связанных с его программированием. Недостаток – необходимость корректировки программы для уточнения параметров ПР.

Метод комбинированного программирования сочетает в себе элементы обучения и аналитического программирования. Он достаточно эффективен в тех случаях, когда для управления ПР применяются серийные устройства ЧПУ, созданные для металлорежущих станков (РТК).

Вопросы для самоконтроля

- 1.Классификация систем управления ПР по виду управления.
- 2.Назовите программноносители для ЦПУ ПР.
- 3.Область применения РТК.

Лабораторная работа № 2

Подготовка программы для управления ПР

Теоретическое задание на контрольную работу

1. Номенклатура деталей для станков с ЧПУ.
2. Какие требования по конструктивно – технологическим признакам предъявляют к деталям, обрабатываемым на станках с ПУ и в условиях гибких производственных систем?
3. Дайте понятие УП и опишите её структуру.
4. Структура кадра УП.
5. Формат кадра УП.
6. Последовательность записи слов в кадре УП.
7. Методы подготовки УП
8. Охарактеризуйте программоносители для станков с ЧПУ.
9. Охарактеризуйте элементы траектории инструмента.
10. Кодирование информации на перфоленте.
11. Опишите особенности кодирования информации в коде ISO-7-бит.
12. Классификация устройств ЧПУ.
13. Системы координат, для определения местоположения координат точки в пространстве, используемые в станках с ЧПУ.
14. Система координат станка.
15. Система координат инструмента.
16. Система координат детали.
17. Связь систем координат детали, станка и инструмента.
18. Дайте понятие эквидистанты.
19. Кодирования геометрической информации в абсолютной и относительной системах координат.
20. Содержание справочной документации для станков с ЧПУ.
21. Содержание сопроводительной документации для станков с ЧПУ.
22. Подготовительные функции и их назначение.
23. Вспомогательные функции и другие функции, их назначение.
24. Назначение устройств записи УП на перфоленту. Режимы работы.
25. Кодирование подачи, скорости главного движения и режущего инструмента.
26. Типовые схемы переходов токарной обработки основных поверхностей.
27. Типовые схемы переходов токарной обработки вспомогательных поверхностей.
28. Режущий инструмент для токарных станков с ЧПУ.
29. Программирование обработки винтовых поверхностей на токарных станках с ЧПУ.
30. Опишите особенности оперативного программирования.
31. Программирование с использованием подпрограмм и постоянных циклов на токарных станках с ЧПУ.
32. Типовые переходы при обработке отверстий.
33. Проектирование ТП обработки сложных отверстий.
34. Последовательность обхода отверстий при обработке.
35. Опишите постоянные циклы обработки отверстий G81- G89.

36. Основные типы инструментов для обработки отверстий. Типовые циклы обработки отверстий: центрование, сверление, нарезание резьбы.
37. Типовые схемы обработки плоскостей на фрезерных станках с ЧПУ.
38. Обрабатываемые области и способы врезания инструмента в материал при фрезеровании.
39. Последовательность выбора инструмента при фрезеровании.
40. Объёмное и пятикоординатное фрезерование на станках с ЧПУ.
41. Особенности обработки элементов контура детали на многоцелевых станках с ЧПУ.
42. Последовательность выполнения переходов при обработке деталей на многоцелевых станках с ЧПУ.
43. Фрезерование контуров, плоских и объёмных поверхностей.
44. Построение УП для многоцелевых станков с ЧПУ.
45. Кодирование коррекции диаметра, длины и положения инструмента на многоцелевых станках с ЧПУ.
46. Программирование с использованием подпрограмм и постоянных циклов на многоцелевых станках с ЧПУ.
47. Опишите символы на пультах управления станками с ЧПУ.
48. Особенности разработки УП для электроэрозионных станков с ЧПУ.
49. Принципы и сущность автоматизации подготовки УП.
50. По каким критериям классифицируются САП?
51. Дайте понятие САП. Область применения и назначения САП.
52. Режимы подготовки САП.
53. Опишите устройство автоматизированного рабочего места технолога-программиста (АРМ ТП).
54. Классификация ПР.
55. Классификация систем управления ПР.
56. Классификация устройств управления ПР по способу управления.
57. Структурная схема контурного программного управления ПР.
58. Структурная схема циклового программного управления ПР.
59. Возможности цикловых устройств управления ПР.
60. Позиционные устройства программного управления ПР.
61. Устройства числового программного управления ПР.
62. Кодирования исходной информации для ПР.
63. Раскройте сущность программирования для ПР методом обучения.
64. Виды систем управления для ПР.
65. Языки программирования для ПР.
66. Охарактеризуйте особенности устройств управления ПР с применением микропроцессоров.
67. Дайте понятие РТК. Классификация РТК.
68. Особенности механообработки, которые надо учитывать при создании РТК.
69. Структура систем управления РТК.
70. Классификация программного обеспечения для РТК.

Практическое задание на контрольную работу

Разработать технологические эскизы для детали вал (рис.1) на станке 16A20Ф3 и составить управляющую программу. Данные, для выполнения практического задания на контрольную работу, приведены в таблице №1.

На рис.2 изображен вал, для примера выполнения практического задания, на рис.3 показан пример оформления технологических эскизов, на ККИ нанесена УП для рис.2. Варианты заданий, для выполнения контрольной работы, приведены в таблице № 2.