

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Допущено

Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для учащихся учреждений,
обеспечивающих получение профессионально-технического
образования, по учебной специальности
«Механическая обработка металла на станках и линиях»
(единичная квалификация «Оператор станков
с программным управлением»)



Минск
«Вышэйшая школа»
2010

УДК 621.9.06-529(075.32)
ББК 34.63-5я722
М95

Рецензенты: цикловая комиссия общепрофессиональных и специальных предметов филиала «Профессионально-технический колледж» учреждения образования «Республиканский институт профессионального образования» (преподаватель спецтехнологии ПТК УО РИПО *А.А. Счисленок*); старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета *Е.Н. Сташевская*.

Выпуск издания осуществлен по заказу Республиканского института профессионального образования и при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Мычко В. С.

М95 Программирование технологических процессов на станках с программным управлением : учеб. пособие / В. С. Мычко. – Минск : Выш. шк., 2010. – 287 с. : ил.
ISBN 978-985-06-1928-0.

Соответствует требованиям типовой учебной программы. Приведены системы программного управления и методы разработки маршрутных и операционных технологических процессов обработки деталей на станках с ПУ. Рассмотрено программирование механической обработки на металлорежущих станках с программным управлением.

Для учащихся учреждений профессионального образования, операторов станков с программным управлением. Также может быть полезно рабочим в повышении квалификации.

УДК 621.9.06-529(075.32)
ББК 34.63-5я722

ISBN 978-985-06-1928-0

© Мычко В.С., 2010
© Издательство «Вышэйшая школа», 2010

Введение

Одной из ведущих и перспективных отраслей народного хозяйства Республики Беларусь является машиностроение. На современном этапе развития научно-технического прогресса, в условиях становления социально-рыночных отношений происходят существенные изменения не только в экономике, но и в системе образования, в профессиональной структуре общества. Одним из ведущих вопросов экономической стратегии является переход к социально-рыночной экономике, который требует новых специалистов, новых знаний и навыков, новых подходов к системе профессионально-технического образования. Перед машиностроительной отраслью стоит задача – освоение и выпуск техники нового поколения более высокого качества, позволяющей повысить производительность труда.

Кардинальное решение этой задачи невозможно без широкого использования высокоавтоматизированного станочного оборудования. Для перевооружения машиностроения и металлообрабатывающей промышленности требуется резко увеличить производство современных станков с программным управлением и другого прогрессивного технологического оборудования. Ключевым направлением развития машиностроения является создание гибких автоматизированных производств, применение систем автоматизированного проектирования, машин и оборудования со встроенными средствами микропроцессорной техники, многооперационных станков с программным управлением. Потребность машиностроения и авиастроения в станках для многокоординатной обработки деталей сложной конфигурации обусловила развитие станков с программным управлением, поскольку на традиционных станках такая обработка практически не целесообразна.

Программирование технологических процессов для станков с программным управлением – качественно новый этап, на котором выполняется значительная часть работ механической обработки деталей.

Профессиональные учебные заведения являются основной школой подготовки для народного хозяйства высококвалифицированных рабочих.

Оператор станков с программным управлением – одна из наиболее распространенных рабочих профессий в металлообрабатывающей промышленности. Для умелого и точного эксплуатации станков с программным управлением оператору станков с программным управлением необходимо: уметь качественно и производительно выполнять разнообразные по сложности работы в пределах установленного разряда; перенастраивать, диагностировать оборудование и устранять возникшие неполадки; хорошо знать устройство и правила эксплуатации станков с ПУ, назначение и устройство приспособлений, режущих и измерительных инструментов, свойства обрабатываемых и инструментальных материалов, правила построения технологических процессов и выбора рациональных режимов резания, основы механизации и автоматизации производственных процессов, правила безопасных условий труда и противопожарных мероприятий.

Качественные теоретические знания и их постоянное совершенствование в процессе производственной деятельности позволяют повысить уровень профессионального мастерства оператора станков с программным управлением.

Учебное пособие «Программирование технологических процессов на станках с программным управлением» рассчитано на теоретическую подготовку специалистов по учебной специальности 36 01 54 «Механическая обработка металла на станках и линиях» единичной квалификации «Оператор станков с программным управлением». Пособие также поможет рабочему в дальнейшем повышении его квалификации на производстве.

Технологический процесс обработки на станках с программным управлением

1.1. Особенности структуры технологического процесса

Технологический процесс (ТП) обработки поверхностей детали на станке с ПУ, в отличие от традиционного, требует большей детализации при решении технологических задач и учете специфики представления информации.

Структурно ТП для станков с ПУ подразделяется на операции, элементами которых являются установки, позиции, технологический и вспомогательный переходы, рабочие и вспомогательные ходы, шаги, элементарные перемещения и технологические команды.

Технологическая операция – законченная часть ТП, выполняемая на одном рабочем месте.

Установ – часть технологической операции, выполняемой при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое заготовкой относительно инструмента, для выполнения определенной части операции.

Технологический переход характеризуется постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых заготовкой. Технологические переходы выполняются за один или несколько рабочих ходов, в результате каждого рабочего хода удаляется слой материала.

Вспомогательный переход подготавливает условия для выполнения технологического перехода. Примеры вспомогательных переходов: установка заготовки, смена инструмента и т.п. Технологический и вспомогательный переходы являются законченными частями технологической операции.

Рабочим ходом называется законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, при котором происходит изменение формы и размера заготовки.

Вспомогательный ход обработкой не сопровождается, он необходим для выполнения рабочего хода.

Ходы разделяются на шаги. *Шаг* представляет собой перемещение на участке траектории инструмента вдоль опреде-

ленного геометрического элемента, на котором не изменяется режим, например перемещение инструмента по прямой или окружности с постоянной скоростью.

Простейшими составляющими процесса обработки являются элементарные перемещения и технологические команды, обрабатываемые устройством ПУ. Элементарные перемещения формируются с учетом ограничений конкретного ПУ. К ним относят, например задание отрезка прямой числом дискрет, не превышающим емкости регистра памяти УПУ. Технологические команды, реализуемые исполнительными механизмами станка, обеспечивают необходимые условия обработки элементарных перемещений.

Контрольные вопросы

1. Как структурно подразделяется технологический процесс на станках с программным управлением?
2. Каковы определения элементов технологического процесса?

1.2. Этапы проектирования ТП для станков с ПУ

В общем случае процесс проектирования ТП для станков с ПУ можно разделить на четыре стадии: выбор номенклатуры деталей, разработку маршрута обработки детали, разработку операций ТП, подготовку управляющей программы (УП). Каждая стадия содержит несколько этапов разработки (табл. 1.1).

Формировать номенклатуру деталей, обрабатываемых на станках с ПУ, рекомендуется в три этапа.

На первом этапе производится:

- анализ чертежей;
- анализ технологичности конструкции деталей;
- анализ технологической документации;
- составление предварительного перечня деталей, подлежащих обработке на станках с ПУ;
- определение типа станков.

На втором этапе выполняется:

- группирование деталей по конструктивно-технологическим признакам (группы деталей тел вращения, призматических, плоских профильных);
- группирование деталей по типам станков;
- детальный технико-экономический анализ;
- выбор оптимального варианта обработки;
- составление уточненного перечня деталей.

Этапы разработки ТП обработки деталей на станках с ПУ

Номер этапа	Содержание этапа
1	Выбор номенклатуры деталей
2	Разработка маршрута обработки детали 2.1. Ознакомление с технологическим процессом изготовления детали-аналога 2.2. Анализ технологичности детали. Повышение технологичности 2.3. Согласование условий поставки 2.4. Разработка маршрута изготовления детали 2.5. Заказ приспособлений 2.6. Заказ инструмента
3	Разработка операции технологического процесса 3.1. Составление плана операции 3.2. Разработка операции
4	Подготовка управляющей программы 4.1. Расчет траектории движения инструмента 4.2. Кодирование и запись управляющей программы 4.3. Контроль, редактирование, отладка управляющей программы

На третьем этапе:

- составляют годовой график внедрения обработки деталей;
- оценивают трудоемкость подготовки программ.

Анализ чертежей деталей. Детали анализируют по следующим параметрам:

- конфигурация;
- взаимное расположение элементарных поверхностей;
- размеры;
- материал и его обрабатываемость;
- заготовка, ее конфигурация и масса;
- требуемое качество обрабатываемых поверхностей (допуски размеров и формы, шероховатость поверхностей, твердость и др.);
 - годовая программа выпуска;
 - число партий в год;
 - число деталей в партии;
 - допустимая стоимость обработки.

Рассматривается вся группа деталей, сходных по конструктивным и технологическим признакам, выявляется возможность использования типовых и групповых технологических процессов, групповой оснастки.

Анализ технологичности конструкции детали. В общем случае технологичными следует считать такие заготовки, форма и размеры которых отвечают условиям выполнения обработки в непрерывном автоматическом цикле.

Технологичная конструкция имеет:

- простую геометрическую форму;
- достаточную жесткость;
- элементы, обеспечивающие надежное закрепление детали при обработке. Так, при обработке заготовки по контуру концевой фрезой в заготовке могут отсутствовать конструктивные отверстия, которые можно было бы использовать в качестве базовых. В этом случае следует ввести такие отверстия (технологические). При невозможности выполнить в детали технологические базовые отверстия следует предусмотреть у заготовки специальные технологические приливы, в которых расположить базовые отверстия;

- сопряжение линий контура одинаковыми радиусами;
- типовые повторяющиеся геометрические элементы;
- минимальную величину припуска. Колебания величины припуска должны быть незначительными. Наличие колебаний нежелательно;

- сквозные отверстия. Наличие глухих отверстий нежелательно;

- неглубокие отверстия. В глубоких отверстиях длина отверстий больше 5 диаметров;

- резьбовые отверстия больше 6 мм;
- унифицированные элементы. Сокращается количество инструментов, можно использовать подпрограммы;

- отверстия, расположенные перпендикулярно к основной обрабатываемой поверхности на одном уровне;

- незначительное колебание твердости заготовки.

Конфигурация детали должна обеспечивать:

- свободный доступ инструмента к обрабатываемой поверхности;

- минимальное количество установов при ее обработке;

- легкое надежное удаление стружки;

- возможность обработки за одну установку двух и более деталей;

- возможность осуществления минимального количества рабочих ходов.

Рассмотрим содержание этапов разработки ТП обработки поверхностей деталей на станках с ПУ.

Этап 1. Выбор номенклатуры обрабатываемых деталей. На этом этапе определяют целесообразность обработки заготовки на станке с ПУ как по конструктивно-технологическим признакам, так и по производственным условиям; дают оценку возможности изменения заготовки, технологического процесса, конструкции детали. Здесь же необходимо провести технико-экономический анализ: расчет снижения трудоемкости, расчет окупаемости затрат.

Этап 2.1. Ознакомление с ТП изготовления детали-аналога. Объем ознакомления: заготовка, маршрут, приспособления, режущий и вспомогательный инструменты, режимы резания, структура операций.

Этап 2.2. Анализ технологичности детали. На данном этапе осуществляют отработку конструкции детали на технологичность и унификацию радиусов, баз, элементов детали. Рассматривают вопросы повышения жесткости инструмента и детали, корректировки чертежей детали и заготовки.

Этап 2.3. Согласование условий поставки. На этом этапе определяют технологическое состояние заготовки: требования к базам, припуски, технологические отверстия и технологическое состояние детали (основные размеры, припуски, доводочные работы).

Этап 2.4. Разработка маршрута изготовления детали. Здесь производят составление и согласование маршрута обработки детали: определение поверхностей, обрабатываемых на станках с ПУ; выбор последовательности выполнения операций; составление операционного эскиза.

Этап 2.5. Заказ приспособления. На этом этапе выполняют эскизное проектирование приспособления: определение положения заготовки на станке; определение типа приспособления; составление схемы увязки (выбор и привязка систем координат); определение схем базирования и закрепления заготовки; выбор вида привода для приспособления.

Этап 2.6. Заказ инструмента. Выполняют эскизное проектирование инструмента: определение типа инструмента; выбор технологических параметров; проектирование схемы наладки.

Этап 3.1. Составление плана операции. Определяют содержание операции. При этом выделяют в операции установки и позиции; уточняют способы закрепления заготовки; подготавливают операционные карты.

Этап 3.2. Разработка операционной технологии. На данном этапе определяют последовательность переходов. Кроме этого, проводят выбор инструмента, разделение переходов на рабочие ходы, выбор контрольных точек, определение траекторий позиционных и вспомогательных переходов, рассчитывают режимы резания, подготавливают операционные карты наладки станка и инструмента.

Этап 4.1. Расчет траектории движения инструмента. Выбирают или уточняют системы координат; определяют наладочные размеры детали; рассчитывают координаты опорных точек; разделяют проходы на ходы и шаги; строят траекторию движения инструмента; преобразуют системы координат.

Этап 4.2. Кодирование и запись УП. На данном этапе формируют элементарные перемещения; определяют технологические команды; пересчитывают величины перемещений в импульсы; кодируют УП; записывают УП на программоноситель; печатают текст УП.

Этап 4.3. Контроль, редактирование и отладка УП. На последнем этапе осуществляют контроль программоносителя; контроль траектории инструмента; редактирование УП; обработку опытной детали.

Исходной документацией на первой стадии являются чертежи детали и заготовки, а на второй и третьей – задание на программирование, маршрутная и операционная карты.

Выбор номенклатуры обрабатываемых деталей. От правильного выбора номенклатуры обрабатываемых деталей, предназначенных для обработки на станках с ПУ, во многом зависит экономическая эффективность внедрения этих станков. Есть детали, обработка которых на станках с ПУ эффективна, но имеются и такие, обработка которых не выгодна и даже убыточна.

Эффективность обработки деталей на станках с ПУ определяют совокупностью показателей:

- чем выше концентрация обработки на станке с ПУ, по сравнению с универсальным оборудованием, тем выше эффективность числового управления;
- чем сложнее деталь, тем в большей степени могут быть использованы технологические возможности УПУ;
- чем больше объем разметочных и подгоночных работ, тем выше будет эффективность числового управления;
- чем сложнее оснастка для изготовления детали на обычных станках, тем более эффективно числовое управление;

– чем сложнее контроль, тем эффективнее использование станков с ПУ.

Практика показывает, что значительный эффект достигается при обработке на станках с ПУ сложных деталей с большим числом поверхностей, контуры которых содержат криволинейные участки и элементы прямых и плоскостей, не параллельных координатным осям станка.

При переводе обработки заготовок деталей с универсальных станков на станки с ПУ следует помнить, что эффективность внедрения последних зависит от того, насколько полностью используются технологические возможности станка. Поэтому применение дорогостоящих станков с ПУ с большим количеством инструментов нецелесообразно, если их возможности реализованы не полностью.

Повышение технологичности детали. Улучшение технологичности конструкций деталей, обрабатываемых на станках с ПУ, способствует повышению точности и производительности обработки, а также уменьшению трудоемкости при проектировании ТП.

Общие требования к технологичности деталей, предназначенных для обработки на станках с ПУ: унификация внутренних и наружных радиусов; унификация элементов формы деталей и их размеров; создание такой конфигурации детали, которая гарантирует свободный доступ инструменту для обработки поверхностей; обеспечение возможности надежного и удобного базирования детали при обработке.

Все эти требования направлены на сокращение типоразмеров применяемого режущего инструмента, замену специального инструмента стандартным, уменьшение числа переустановок детали, снижение затрат на расчет и подготовку УП и др. Рассмотренные требования могут быть выполнены путем видоизменения геометрической формы или отдельных элементов детали, изменением некоторых размеров, смещением отдельных элементов и т.п. Примеры повышения технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ПУ, представлены в табл. 1.2.

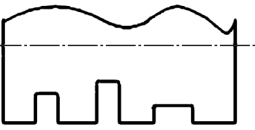
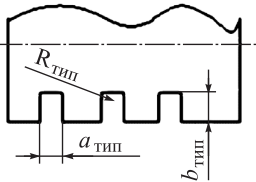
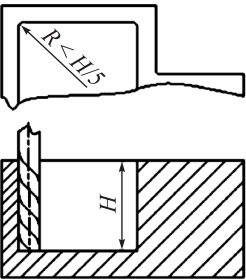
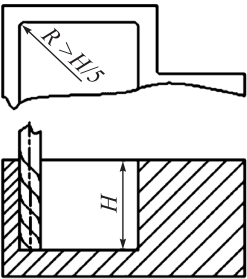

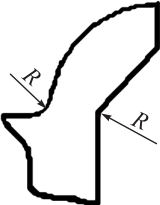
Для облегчения процесса программирования к чертежам деталей, обрабатываемых на станках с ПУ, предъявляется также ряд требований:

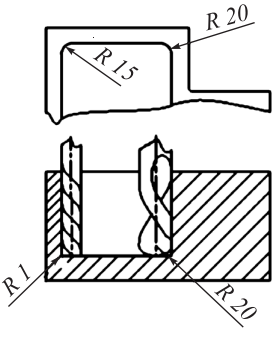
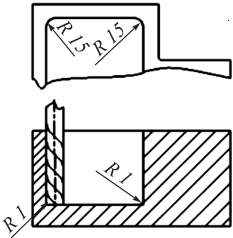
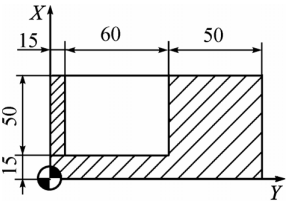
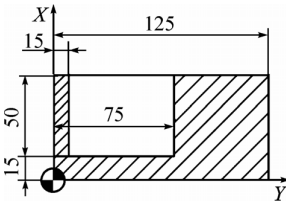
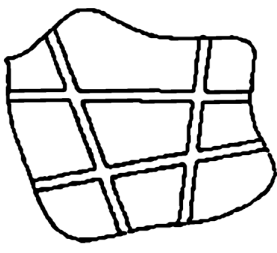
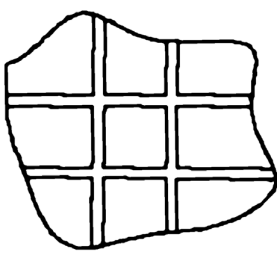
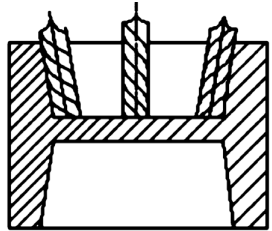
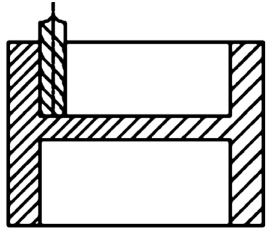
– все размеры проставляют на детали в прямоугольной системе координат от единых конструкторских баз детали;

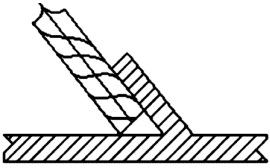
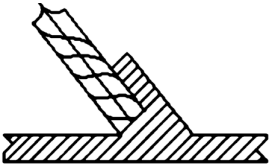
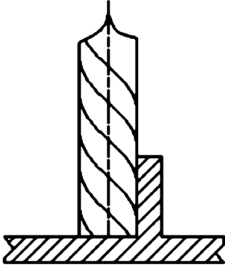
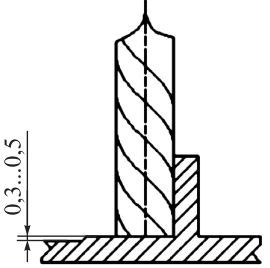
- желательно также проставлять размеры от нуля детали к центрам всех окружностей;
- проставлять размеры следует так, чтобы данные о каждом контуре были по возможности на одной проекции, а размерные цепи имели двусторонний допуск (\pm), что облегчает программирование;
- чертежи выполняют в масштабе, который соблюдают по всему полю чертежа;
- на поле чертежа рекомендуется помещать надпись «Изготавливать на станке с ПУ» или «Контур фрезеровать на станке с ПУ».

Таблица 1.2

Примеры повышения технологичности детали

Требования к технологичности	Конструкция	
	нетехнологичная	технологичная
1	2	3
Унификация канавок и выточек под уплотнение		
Ограничение отношения величины радиуса сопряжения стенок к высоте стенки		
Обеспечение сопряжения линии контура плавным радиусом		

1	2	3
<p>Сопряжение одинаковыми радиусами</p>		
<p>Простановка размеров от одной базы</p>		
<p>Упрощение геометрических форм и типизация основных повторяющихся геометрических элементов детали</p>		
<p>Избегать наклонных стенок, а также имитация штамповочных уклонов</p>		

1	2	3
<p>Конфигурация детали должна обеспечивать свободный доступ к поверхностям для обработки их одним инструментом при минимальном числе рабочих ходов</p>		
<p>В местах сопряжений обрабатываемой детали с дном предусматривать завышения 0,3...0,5 мм. Это уменьшает объем обработки и предупреждает «зарезы»</p>		

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете этапы проектирования технологического процесса на станках с ПУ?
2. Как определяется маршрут обработки детали?
3. В чем сущность экономической эффективности внедрения станков с программным управлением?
4. Каковы общие принципы подбора деталей для обработки на станках с программным управлением?
5. Какие требования предъявляются к технологичности детали?
6. Какие вы можете привести примеры повышения технологичности детали?

1.3. Разработка маршрутных технологических процессов обработки деталей на станках с ПУ

Методы разработки маршрутных ТП. При разработке маршрута определяется общая последовательность обработки

детали с учетом используемого оборудования. При этом обработка поверхностей детали может вестись с использованием одного станка с ПУ или последовательно на нескольких станках.

Маршрутные ТП разрабатывают методом адресации или методом синтеза (рис. 1.1).

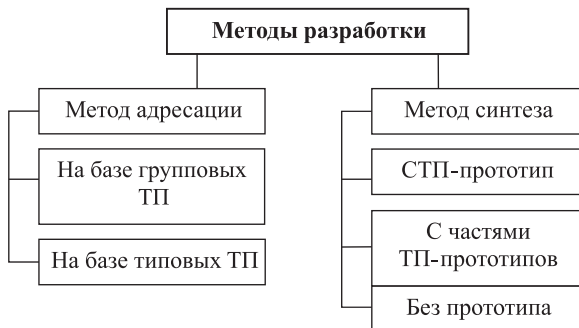


Рис. 1.1. Методы проектирования ТП

Метод адресации основан на использовании принципа унификации. В этом случае технологический процесс обработки конкретной детали назначают исходя из конструктивного подобия детали прототипу (типовые ТП) или их технологического подобия (групповые ТП).

Метод синтеза при разработке ТП пока мало формализован и поэтому сложен. Проектирование ТП методом синтеза с прототипом характерно тем, что подобранный ТП-прототип не содержит всего состава маршрута (операций, переходов), которые следует выполнять при изготовлении конкретной детали. Структуры ТП-прототипа и ТП детали различаются, поэтому при разработке ТП дорабатывают (перерабатывают) типовой ТП.

Проектирование ТП без прототипа приводит к необходимости проектировать схему ТП, маршрут, операции, опираясь на общие закономерности проектирования или эвристики и исходные элементы ТП (ход, обработка элементарной поверхности и т.п.).

Разработка маршрутной технологии для станков с ПУ. Цель проектирования маршрутного ТП – определение общей последовательности выполнения операций обработки, в том числе и операций, выполняемых на станках с ПУ. Последова-

тельность обработки должна быть увязана с оборудованием и с комплексом технологической оснастки.

На выбор последовательности обработки деталей на станках с ПУ оказывают влияние:

- форма и размеры заготовки;
- форма, вид и размеры базовых поверхностей;
- точность и качество поверхностей детали;
- требования, предъявляемые к операциям, выполняемым на станках с ПУ.

К заготовкам предъявляются следующие требования:

- форма заготовки должна быть как можно больше приближена к форме детали;
- заготовка должна быть достаточно точной. Величина припуска должна колебаться в больших пределах;
- заготовка должна иметь незначительные колебания по твердости;
- поверхности отливки должны быть очищены от пригоревшей смеси;
- величина окалины на поверхности должна быть незначительной или заготовка должна быть очищена от окалины.

При определении последовательности обработки заготовки необходимо руководствоваться теми же принципами, которые используются при построении ТП для обычных станков, с учетом технологических возможностей станков с ПУ и специфики обработки на них. Общие принципы следующие:

- в первую очередь обрабатывают поверхности, относительно которых задано положение большинства конструктивных элементов детали, которые принимают за базы при последующей обработке;
- остальные поверхности обрабатывают в последовательности, обратной степени их точности (чем точнее должна быть обработана поверхность, тем позже следует ее обрабатывать);
- последними обрабатывают поверхности, которые являются наиболее точными и имеют наибольшее значение для работы детали, например легко повреждаемые поверхности (резьбы и др.);
- должен соблюдаться принцип единства баз;
- операции, где существует вероятность брака из-за дефектов в материале или сложности механической обработки, выполняют в начале процесса;
- ТП целесообразно делить на три стадии обработки: черновую, чистовую и отделочную (иногда выделяют и получистовую обработку).

Назначением черновой обработки является удаление припуска под обработку. При этом возникают большие силы резания, температурные и упругие деформации технологической системы. Поэтому черновая обработка не обеспечивает выполнение высокой точности детали.

Назначением чистовой обработки является получение заданных параметров точности и шероховатости поверхности детали. При необходимости между черновой и чистовой обработками могут быть получистовые операции.

Назначением отделочной обработки является достижение повышенных параметров точности и шероховатости, заданных чертежом.

Перечисленные принципы будут справедливы также при проектировании ТП для станков с ПУ. Однако включение в маршрут операций, выполняемых на станках с ПУ, требует учета дополнительных требований. Рассмотрим некоторые из них.

1. При разработке маршрута обработки необходимо установить количество установов (положений) детали на столе или в шпинделе станка для обработки поверхностей детали. Число установов должно быть минимальным (надо стремиться к тому, чтобы все или большинство поверхностей были обработаны с одного установа). Первый установ, как правило, выбирают из условия наиболее удобного базирования заготовки по «черным» или заранее подготовленным «чистым» базам. Второй и последующие установы должны предусматривать использование обработанных на предыдущих установах чистых поверхностей в качестве промежуточных баз. Таким образом, конечной задачей является поиск схемы, обеспечивающей наиболее полную обработку поверхностей детали со всех сторон наименьшим количеством установов и требуемой при этом оснастки.

2. При выборе последовательности операций следует учитывать необходимость совмещения конструкторской и технологической баз и получение технологических баз.

3. В начале обработки должны быть предусмотрены разгрузочные операции, в процессе которых снимают большие слои металла, чем исключается влияние напряжений при последующей обработке.

4. Подготовка чистых баз деталей, обрабатываемых на станках с ПУ, в ряде случаев выполняется на рядом расположенных универсальных станках. Для токарных станков это прежде всего подрезка торцов и центрование деталей, проточка базовых шеек. Для фрезерных и других видов обработки –

фрезерование базовой плоскости и обработка базовых отверстий. В отдельных случаях одновременно с обработкой баз рекомендуется черновая обработка по простому контуру, при которой удаляется часть припуска. В условиях автоматизированного производства операции по подготовке баз и удалению части припуска выполняются, как правило, на одноинструментальных станках с ПУ, обладающих повышенной жесткостью и сравнительно невысокой точностью.

5. В процессе разработки схемы последовательности обработки поверхностей детали выполняют эскизное проектирование приспособления для базирования и закрепления заготовки на каждом установе.

6. После выяснения требуемого числа и последовательности установов определяют последовательность обработки детали по зонам. Зона образована конструктивными особенностями детали (внутренний и наружный контуры, окна, приливы и т.д.). В каждой зоне выделяют отдельные элементы (торец, внутренний контур, окна, отверстия), для которых устанавливают вид обработки (черновая, чистовая) и требуемые типоразмеры инструментов (рис. 1.2). Отдельные элементы, обрабатываемые одним инструментом, группируются как внутри зоны, так и по всем зонам. Такое группирование позволяет выявить количество типоразмеров режущих инструментов для обработки всей детали и выяснить возможность обработки всех доступных зон на данном установе.

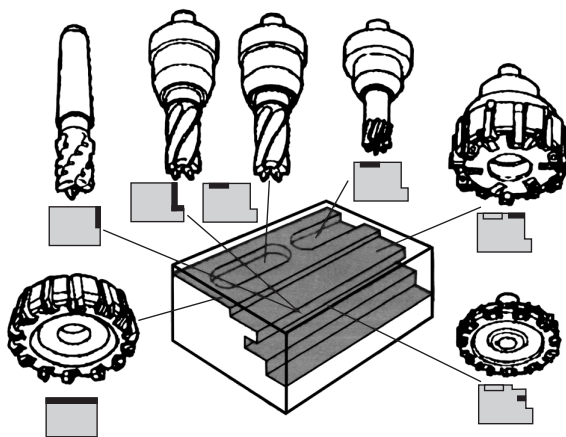


Рис. 1.2. Схема зон и расположения инструментов при фрезерной обработке детали

7. Последовательность обработки по зонам определяется конструкцией детали и заготовки. При установлении такой последовательности следует, где это возможно, придерживаться принципа, обеспечивающего максимальную жесткость детали на каждом участке обработки. Обработку корпусной детали с ребрами целесообразно начинать с фрезерования торцов ребер до обработки контура детали, так как ребра при этом будут более жесткими. Далее целесообразно обработать внешний контур, а потом внутренний окна, колодцы. Внутренний контур детали следует обрабатывать от центра к периферии.

На токарных станках, когда последовательность обработки зон детали ничем не обусловлена, обработку следует начинать с более жесткой части (большого диаметра) и заканчивать зоной малой жесткости. Получистовую и чистовую обработку, для которой требуется обычно несколько инструментов, целесообразно вести на станках, имеющих магазин инструментов.

8. Последовательность обработки элементов детали, находящихся в каждой зоне, определяют на стадии проектирования операционного ТП.

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете методы проектирования маршрута технологического процесса?
2. Каковы принципы разработки маршрутной технологии для станков с ПУ?

1.4. Выбор оборудования для обработки заготовок деталей различных групп

На стадии разработки маршрута обработки детали проводят выбор для каждой операции конкретной модели станочного оборудования. Требования и рекомендации по выбору оборудования нижеследующие.

1. *Оборудование для деталей типа тел вращения.* К деталям типа тел вращения относятся пальцы, диски, зубчатые колеса, фланцы, стаканы, сепараторы, втулки, валы, шпиндели и т.п. Детали этого типа можно разбить на две подгруппы:

- детали, подлежащие обработке на патронных токарных станках (зубчатые колеса, фланцы, кольца, сепараторы, втулки и т.д.);
- детали, подлежащие обработке на центровых токарных станках (ступенчатые валы, шпиндели, ходовые винты и т.д.).

Детали первой подгруппы имеют, как правило, много переходов и сложную конфигурацию, поэтому может потребоваться несколько групп станков или станки должны быть оснащены большим количеством инструментов. Если требуется дополнительная обработка деталей (сверление, фрезерование, шлифование), то применяют станки с ПУ других групп или токарные многоцелевые станки.

Черновую обработку деталей второй подгруппы целесообразно проводить на одноинструментальных токарных станках с ПУ. Для полустачевой, а в некоторых случаях и для чистой обработки ступенчатых валов и шпинделей рекомендуются многоинструментальные токарные станки с ПУ.

Доработку деталей типа валов или шпинделей (сверление несоосных отверстий, фрезерование шпоночных пазов и т.п.) чаще всего выполняют на универсальном оборудовании. Однако в последнее время для данных целей используют токарные многоцелевые станки.

2. *Оборудование для деталей, требующих операций фрезерования.* Плоские детали (планки, косынки, крышки, плиты, плоские кулачки и др.), имеющие пазы, окна, скосы, уступы, кривые поверхности, для которых может быть использован один инструмент, целесообразно обрабатывать на одноинструментальных фрезерных станках. Если на заготовках деталей одновременно имеются крепежные ступенчатые отверстия разного диаметра и разной глубины, то их рекомендуется обрабатывать на многоинструментальных станках. На этих станках возможно выполнение черновой, полустачевой и чистой расточки отверстий по 7–8-му качеству точности диаметрального размера.

3. *Оборудование для деталей типа сложной формы.* Детали типа сложной формы (рычаги, вилки, кронштейны, средние корпусные детали) следует обрабатывать с максимальной концентрацией операций на станке. Первую операцию рекомендуется выполнять так, чтобы базовая плоскость и базовые отверстия обрабатывались с одного установа.

Обработку деталей, имеющих отверстия в пяти плоскостях, целесообразно разделить на две операции: подготовку базы на вертикально-расточных или фрезерных станках; обработку отверстий (в том числе крепежных) и плоскостей с четырех сторон на многоцелевых станках.

4. *Оборудование для корпусных и базовых деталей.* При выборе оборудования здесь различают две группы деталей:

- корпуса коробчатой формы с прямоугольными очертаниями, примерно равными габаритными размерами, значительным числом точных отверстий;

- корпуса, салазки и каретки – детали, у которых два габаритных размера (длина и ширина) значительно превышают третий (высоту) и в которых необходимо обрабатывать различные поверхности, направляющие, Т-образные пазы, отверстия 7–8-го качества точности размера.

Для деталей первой группы может потребоваться обработка по 5–6 плоскостям. В этом случае рекомендуется использовать станки с ПУ: для черновой обработки – горизонтальные станки с ручной сменой инструмента; для получистовых операций (подготовка базовой плоскости и двух базовых отверстий, сверление всех крепежных отверстий) – вертикально-фрезерные с револьверной головкой; для чистовых операций (обработки трех плоскостей) – многоцелевые станки.

Черновую, получистовую и частично чистовую обработки заготовок деталей второй группы рекомендуется выполнять на продольно-фрезерных станках с ПУ.

Контрольные вопросы

1. Какое оборудование применяется для обработки деталей тел вращения?
2. Какое оборудование применяется для обработки плоских и корпусных деталей?

1.5. Разработка технологических процессов обработки на токарных станках

Способы установки заготовок. При закреплении заготовок на токарных станках возможны три принципиальных варианта: консольное закрепление заготовки; закрепление заготовок с двух концов; закрепление заготовок с двух концов с использованием подвижного или неподвижного люнета в центрах.

Консольное закрепление применяют при обработке заготовок с вылетом до 3 диаметров (детали типа фланцев, втулок, дисков и т.п.) или деталей типа тел вращения. В этом случае заготовки устанавливают в патроне или цанге, при этом точность установки в самоцентрирующем патроне без выверки – 0,1 мм, а в цанге – 0,03 мм.

Для обработки валов, барабанов, цилиндров и подобных деталей (деталей типа тел вращения) наиболее часто используют установку в центрах.

Установку в патроне и заднем центре с вылетом более 3 диаметров применяют в случае обработки заготовок большого диаметра и длины при отсутствии центрального отверстия со стороны передней бабки.

При установке заготовки в патроне и на неподвижном люнете (разновидность закрепления с двух концов) возможна обработка отверстия и торца заготовки, а также ее участка, расположенного между люнетом и патроном.

Третий вариант базирования с закреплением заготовок с двух концов и использованием люнета применяют в центрах при обработке нежестких валов, чистовой обработки деталей.

Последовательность обработки заготовки. *Последовательность обработки заготовки при установке в патроне.* Операции, выполняемые при закреплении заготовок в самоцентрирующем патроне, разделяют на группы, различающиеся количеством дополнительных поверхностей, размерами и формой отверстий. В связи с этим различают три варианта последовательности обработки внутренних поверхностей:

- предварительную обработку осевого отверстия выполняют сначала центровочным сверлом (форма и размеры внутренних поверхностей требуют сверления сверлом, диаметр которого меньше 20 мм), а затем сверлом, диаметр которого определяют по меньшей ступени внутренней поверхности;

- если форма и размеры внутренних поверхностей требуют сверления (рассверливания) сверлом, диаметр которого больше 20 мм, отверстия предварительно сверлят одним сверлом;

- если форма и размеры внутренних поверхностей требуют сверления двумя сверлами, вначале сверлят сверлом большего диаметра.

При наличии отверстия в детали общая последовательность обработки следующая:

- центрование (если диаметр отверстия меньше 20 мм);

- сверление сверлом большего диаметра;

- сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла);

- протачивание внешнего торца предварительно и окончательно;

– черновая обработка основных поверхностей (наружных и внутренних);

– черновая и чистовая обработки дополнительных поверхностей (кроме канавок для выхода шлифовального круга, резьб, мелких выточек);

– чистовая обработка основных поверхностей (кроме внешнего торца);

– обработка дополнительных поверхностей, не требующих черновой обработки (в том числе отрезание), расположенных в отверстиях или на торце, и обработка наружной поверхности.

При обработке в патроне выбор последовательности обработки по зонам зависит от соотношения линейных и диаметральных размеров детали. При обработке коротких заготовок большого диаметра рационально вначале обработать наружный торец, при этом устраняется влияние биения этого торца на стойкость инструмента. Затем продольным проходом обрабатывают наружный диаметр.

Последовательность обработки детали при установке в центрах. Операции, выполняемые в центрах, разделяют на группы, различающиеся средствами крепления и характером обработки (в одну или обе стороны), а также количеством дополнительных поверхностей.

Последовательность обработки деталей в центрах следующая:

– черновая обработка основных наружных поверхностей (в первую очередь выполняют обработку, требующую рабочих перемещений инструмента к передней бабке);

– черновая и чистовая обработки дополнительных поверхностей (при этом обрабатывают все дополнительные поверхности, кроме канавок для выхода шлифовального круга, резьб, мелких выточек);

– чистовая обработка основных поверхностей;

– обработка дополнительных поверхностей, не требующих черновой обработки.

Определение переходов. При определении переходов токарную обработку, ограниченную контурами детали и заготовки, разделяют на отдельные зоны. Каждая зона, как правило, соответствует одному технологическому переходу и формируется в зависимости от требований к точности и шероховатости поверхности детали, а также возможностей режущего инструмента и способа крепления заготовки на станке. Все многообразие зон разделяют на два вида: зоны выборки

объемов обрабатываемого материала и зоны контурной обработки. Зоны выборки служат для многопроходной обработки при больших съемах материала, а зоны контурной обработки – для прохода эквидистантно к участкам контура детали.

При определении переходов для токарной обработки с целью повышения надежности работы резцов рекомендуется сначала сделать один рабочий ход по торцу детали в направлении к оси вращения и один рабочий ход вдоль оси. В этом случае сокращается число врезаний режущей кромки инструмента в необработанную поверхность заготовки или в поверхность, имеющую повышенное биение.

Дальнейшее направление перемещения выбирают исходя из условия минимального числа рабочих ходов. Схемы перемещения резца, обеспечивающие это требование, зависят от размеров заготовки и способа ее крепления. При обработке заготовки в центрах минимальное число рабочих ходов достигается при перемещении резца вдоль оси заготовки. При обработке в патроне выбрать направление перемещения резца сложнее. Заготовки малой длины и большого диаметра следует обрабатывать при перемещении резца перпендикулярно к оси детали, длинные заготовки — вдоль оси, а заготовки с большим количеством ступеней разного диаметра – как вдоль, так и поперек оси .

Контурная зона обработки имеет три схемы, различающиеся по назначению: чистовая, получистовая и черновая. Две последние образуются с помощью линий, эквидистантных к основному контуру детали. Их назначение состоит в формировании контура детали, а при дальнейшей чистовой обработке – в обеспечении равномерного припуска для нее.

Контурные зоны состоят из припуска на получистовую или чистовую обработку поверхностей и служат для прохода инструмента эквидистантно к участкам контура детали.

Пример разделения снимаемого припуска на открытые 1, полуоткрытые 2, закрытые 3 и контурные 4 зоны приведен на рис. 1.3.

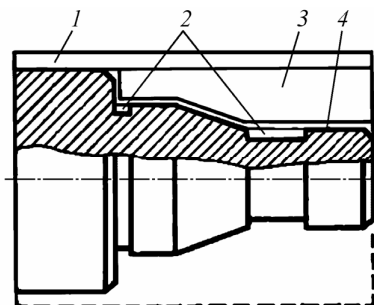


Рис. 1.3. Зоны обработки участков заготовки

Типовые схемы перемещений проходного и подрезного резцов при обработке основных поверхностей представлены на рис. 1.4.

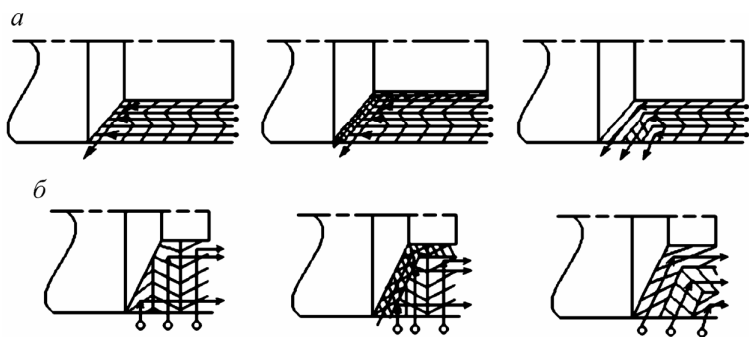


Рис. 1.4. Схемы перемещений проходного (а) и подрезного (б) резцов при обработке основных форм поверхностей

Обработку дополнительных поверхностей осуществляют после формирования основных поверхностей. К наиболее часто встречающимся дополнительным поверхностям относятся стандартные наружные и внутренние канавки.

При разработке траектории движения инструмента для зон выборки рекомендуются типовые схемы движения инструмента (рис. 1.5).

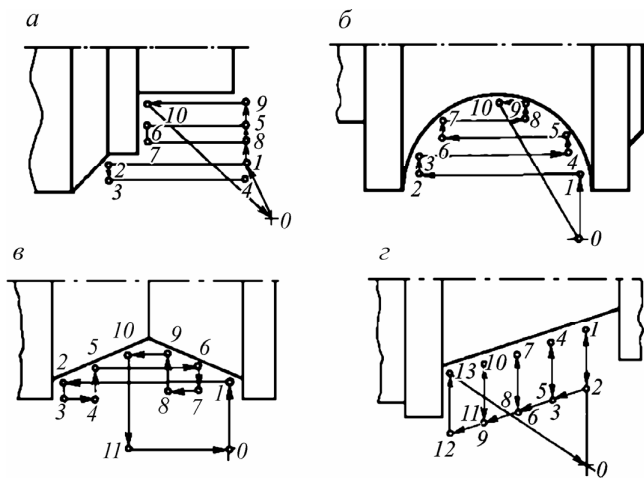


Рис. 1.5. Типовые схемы движения инструмента:
а – «петля»; б – «зигзаг»; в – «виток»; г – «спуск»

Схема «петля» используется при обработке заготовки резцами, которые работают в одном направлении. Схема «зигзаг» применяется в основном при обработке в обоих направлениях глубоких впадин чашечными резцами. Схема «виток» мало отличается от схемы «зигзаг», но имеет преимущество при обработке неглубоких и относительно пологих впадин чашечными резцами.

Схема «спуск» предназначена для работы канавочными резцами (рис. 1.6).

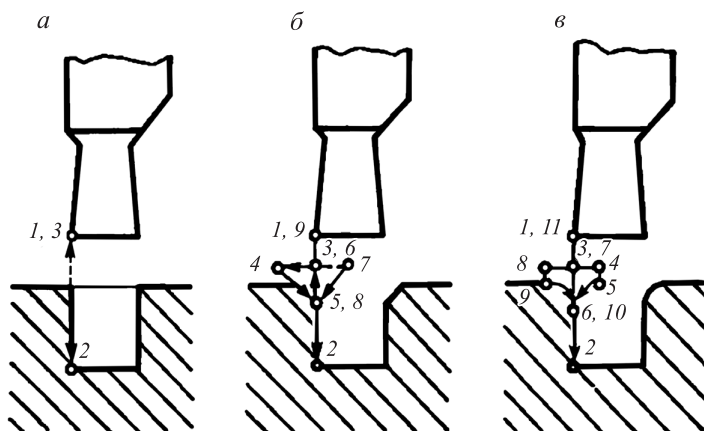


Рис. 1.6. Схема обработки канавок:
а – простой прямоугольной; б – с фасками; в – с закруглениями

Контурную зону составляют линии, эквидистантные к основному контуру детали. Главное ее назначение состоит в формировании контура детали или при необходимости чистовой обработки в обеспечении равномерного припуска. Участки врезания и выхода резца из зоны резания при обработке контуров детали строятся так же, как и при фрезерной обработке.

Канавки сложной формы обрабатываются по типовым схемам за несколько переходов. Окончательный профиль детали получают при чистовом переходе. Критерием для выбора схемы ее обработки служит глубина канавки $h = 0,5(D_2 - D_1)$ и ее ширина B (рис. 1.7, а). При $h < 5$ мм и $B < 30$ мм предварительную обработку ведут с продольной подачей канавочным резцом (рис. 1.7, б), если $B > 30$ мм – проходным резцом (рис. 1.7, в). При $h > 5$ мм и $B < 30$ мм применяют канавочные резцы и работают методом ступенчатого врезания (рис. 1.7, г).

При $B > 30$ мм сначала обрабатывают канавку шириной около 10 мм, затем оставшийся материал убирают подрезным резцом (рис. 1.7, *д*, *е*). Окончательную обработку во всех случаях проводят канавочными резцами по контуру (рис. 1.7, *ж*, *з*). Аналогично обрабатывают внутренние канавки.

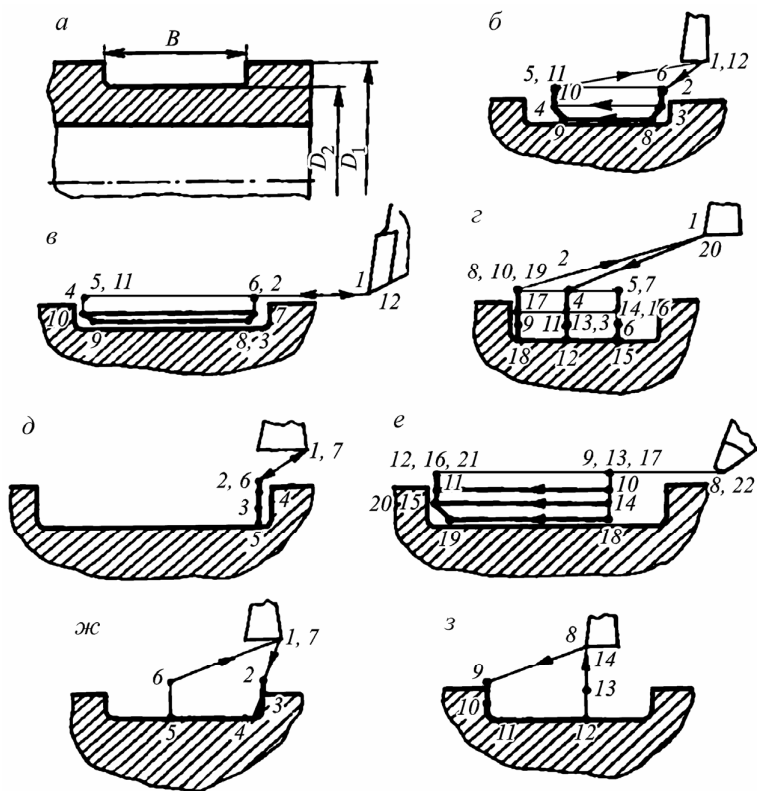


Рис. 1.7. Схема обработки сложной формы

Торцовые канавки (рис. 1.8, *а*) обрабатывают канавочными резцами. При ширине канавки $B = 0,5(D_2 - D_1) < 60$ мм и глубине $h < 3$ мм обработку ведут по схеме, представленной на рис. 1.8, *б*, если $h > 3$ мм – по схеме, представленной на рис. 1.8, *в*, *г*. Окончательную обработку торцовых канавок производят двумя канавочными резцами (отличаются только положением формообразующей вершины) (рис. 1.8, *д*, *е*).

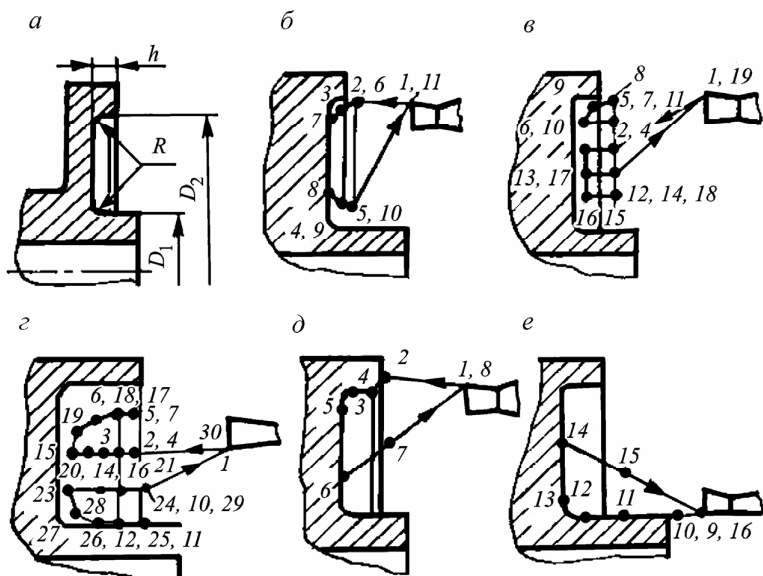


Рис. 1.8. Схема обработки торцовых канавок

Широкие канавки, у которых угол наклона фаски равен 30° , можно обрабатывать контурным резцом (рис. 1.9). В этом случае канавки относятся к основным поверхностям.

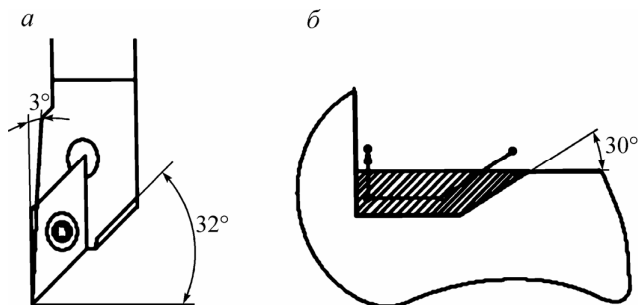


Рис. 1.9. Схема обработки канавки контурным резцом:
а – резец; б – схема перемещения

Канавки можно обрабатывать различными резцами соответственно по разным траекториям перемещения. Поэтому, если необходимо обработать стандартную угловую канавку для выхода шлифовального круга иarezьбовую канавку, то можно ограничиться использованием одного резца – резца для

обработки угловых канавок, а нестандартную прямоугольную иarezьбовую канавки можно выполнить одним прорезным резцом. Это сокращает количество используемых режущих инструментов.

При обработке прямоугольных канавок для определения требуемого числа рабочих ходов необходимо учитывать ширину канавки b и резца B . С целью равномерного износа двух вершин канавочного резца первый ход осуществляют вблизи середины канавки. Число последующих рабочих ходов находят из соотношения

$$(b - B)/(B - 0,5),$$

где 0,5 – величина перекрытия резцом срезаемого слоя, равная радиусу вершины резца. Частное от деления округляют до ближайшего большего целого числа.

Более длинные канавки ($b > 9B$) эффективнее обрабатывать двумя резцами. Обработку осуществляют сначала контурным резцом (рис. 1.10), которым при последнем рабочем ходе выполняют чистовое подрезание боковой стороны канавки и протачивают фаски.

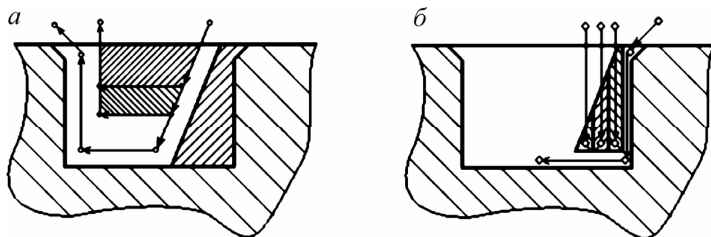


Рис. 1.10. Схема перемещения инструмента при обработке наружных прямоугольных канавок ($b > 9B$):

a – траектория контура резца; b – траектория прорезного резца

Затем остаток припуска срезают прорезным резцом, протачивающим в последнем чистовом рабочем ходе фаску и вторую боковую сторону канавки. При необходимости прорезной резец зачищает дно канавки.

Типовые технологические схемы многопроходной обработки крепежных резьб представлены на рис. 1.11. Их строят исходя из того, что форма резьбового резца соответствует профилю обрабатываемой резьбы. Многопроходная обработка состоит из черновых рабочих ходов для выборки резьбовой впадины и чистовых рабочих ходов с небольшой глубиной резания или без нее.

При построении технологических схем многопроходной обработки крепежных резьб исходят из того, что форма режущего резца соответствует профилю обрабатываемой резьбы (рис. 1.11). Обработка состоит из черновых рабочих ходов для выборки резьбовой впадины и зачистных рабочих ходов при небольшом припуске или без него.

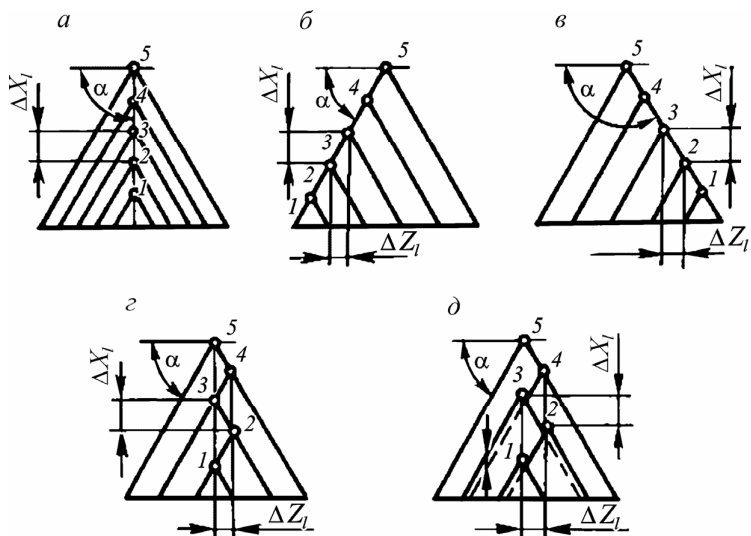


Рис. 1.11. Схемы многопроходной обработки крепежных резьб

При заглаблении резца перпендикулярно к оси вращения детали (рис. 1.11, а) в резании участвуют одновременно две его режущие кромки. Стружка при этом имеет корытообразную форму, в результате чего повышается ее жесткость и увеличивается нагрузка на резец. Заглабление резца вдоль одной из сторон профиля (рис. 1.11, б, в) обеспечивает лучшее стружкообразование, но приводит к неравномерному изнашиванию его режущих кромок (в резании участвует одна режущая кромка). При нарезании резьбы по схеме, изображенной на рис. 1.11, г, заглабление резца осуществляется поочередно вдоль правой и левой сторон профиля. В результате обе кромки резца изнашиваются равномерно.

Резьбонарезание с образованием зазора l между рабочими ходами (рис. 1.11, д) исключает трение ненагруженной кромки резца, благодаря чему значительно повышается его стойкость.

Разделение припуска на черновые рабочие ходы осуществляется с учетом требований к параметрам режима резьбонарезания. Наиболее часто глубину резания t принимают одинаковой на всех черновых рабочих ходах:

$$t = h/k,$$

где h – глубина впадины резьбы; k – число черновых рабочих ходов. Однако такое разделение припуска приводит к увеличению сечения стружки на каждом последующем рабочем ходе и, как следствие, к увеличению нагрузки на резец. Поэтому допустимую глубину рабочего хода выбирают из условия прочности резца на последнем черновом рабочем ходе. В результате на предшествующих рабочих ходах возможности станка и инструмента используются не полностью.

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете способы установки заготовок на станке?
2. Какова последовательность обработки заготовки детали?

1.6. Разработка ТП обработки на фрезерных станках

Базирование и установка заготовок. При базировании детали для обработки на фрезерных станках следует учитывать нижеследующие требования.

1. Если деталь обрабатывается не полностью, то в качестве черновой базы следует использовать поверхность, которая остается необработанной. Если деталь обрабатывается полностью, то в качестве черновой базы рекомендуется использовать поверхность, имеющую наименьший припуск на обработку. После однократного использования черновой базы необходимо переходить к использованию чистовой или получистовой базы. Вторичное использование черновой базы недопустимо.

2. В качестве технологической базы следует стремиться использовать конструкторскую и измерительную базы (принцип совмещения баз) или назначать в технологическом процессе минимальное число баз (принцип единства баз).

3. Схема силового замыкания, особенно при выборе чистовых баз, должна обеспечить минимально необходимое усилие закрепления и деформацию заготовки детали под действием сил закрепления.

4. Технологические базы, кроме обеспечения неизменного положения обрабатываемых поверхностей детали относительно установочных и направляющих поверхностей, должны удовлетворять условиям совмещения направления координатных осей детали с осями координат станка и расположения нулевой точки инструмента («нуля детали») в заданной точке системы координат станка.

На операциях фрезерования заготовку чаще всего устанавливают таким образом, чтобы базовые установочные и направляющие поверхности были параллельны координатным осям станка или перпендикулярны к ним.

В отдельных случаях применяют способ установки по специально нанесенным взаимно перпендикулярным разметочным рискам, размещенным в плоскости, перпендикулярной к оси шпинделя станка. Установка по рискам, нанесенным на необработанной поверхности, обеспечивает точность 0,6 мм на 1000 мм длины, а установка по рискам, нанесенным на обработанной поверхности, закрашенной раствором медного купороса, – до 0,3 мм.

Иногда для базирования и закрепления заготовок используют метод технологических (искусственных) базовых и крепежных отверстий. На установочной поверхности заготовки детали сверлят и нарезают резьбу в двух и более отверстиях. В эти отверстия ввинчиваются специальные установочно-крепежные пальцы. На столе станка закрепляется координатная плита, в которой выполнены отверстия, оборудованные гидрозажимом. Заготовка устанавливается на координатной плите так, чтобы каждый палец входил в соответствующее отверстие. Включением гидросистемы осуществляется зажим пальцев и тем самым закрепление заготовки. Положение плиты и, следовательно, детали строго определено в координатной системе станка.

Элементы контура детали. При программировании фрезерных операций так же, как и при токарной обработке, элементы контура обрабатываемых заготовок деталей могут быть разделены на основные и дополнительные. К числу дополнительных в данном случае относят сопрягающие поверхности с постоянными и переменными радиусами сопряжений.

При плоской обработке, когда одновременно используется не более двух координатных осей, внутренние сопряжения постоянного радиуса формируются за счет соответствующей конфигурации инструмента. Для обеспечения технологично-

сти детали такие сопряжения должны выполняться с одинаковым, типовым для данного контура или детали радиусом.

Кроме того, все многообразие элементов деталей, обрабатываемых фрезерованием, можно разделить на две группы: элементы, поверхности которых получаются проходом фрезы вдоль контура, и элементы, поверхности которых требуют многопроходной обработки заготовки.

В зависимости от числа одновременно управляемых координат различают плоскую и объемную обработки контуров и поверхностей детали. Плоская обработка предполагает проведение рабочих ходов параллельно одной из координатных плоскостей. Объемная обработка ведется по трем координатам.

Выбор последовательности переходов. Для технологической операции фрезерования поверхностей деталей на станке с ПУ характерно наличие большого количества переходов, определяемых в зависимости от элементов контура детали, а также параметров и условий обработки. Поэтому при проектировании фрезерной операции следует устанавливать конструктивные зоны, которые связаны с особенностями конструкции детали. К конструктивным зонам детали относят внутренние полости и контуры, различные окна, карнизы и выборки, наружные контуры и т.д.

В общем случае последовательность переходов при фрезеровании назначают, учитывая необходимость обеспечения требуемой точности обработки и сокращения продолжительности вспомогательных переходов. Операции фрезерования начинают с черновой обработки внешних и внутренних поверхностей большой протяженности, а затем проводят чистовую обработку этих поверхностей. Далее обрабатывают большие, а затем мелкие отверстия.

Для каждого установка заготовки в приспособлении необходимо выявить:

- последовательность обработки по конструктивным зонам;
- вид обработки в каждой из зон (черновая, чистовая);
- требуемые типоразмеры режущего инструмента для обработки отдельных элементов детали;
- совокупность элементов детали, находящихся в данной зоне и обрабатываемых общим инструментом;
- обработку наружного контура и примыкающих к нему поверхностей.

Последовательность обработки по зонам в значительной степени зависит от конструкции детали. Так, для фрезерной обработки при наличии ребер в штампованной заготовке, как указывалось выше, наиболее целесообразно вначале до обработки контуров детали обработать торцы ребер, при этом ребра будут более жесткими. Затем желательнее обработать внутренние контуры детали и заключенные в них плоскости, начиная обработку от центра и постепенно приближаясь к периферии. При обработке внутренних контуров можно вырезать окна или технологические отверстия, через которые с помощью накладных прижимов осуществляется крепление детали для последующей операции.

Переходы для обработки плоскостей и пазов на станках с ПУ в зависимости от качества точности на заданные размеры и требуемой шероховатости поверхностей можно назначать в соответствии с данными, приведенными в табл. 1.3 и 1.4.

При фрезеровании концевыми фрезами обработка проводится за одну (черновую) или две (черновую и получистовую) стадии.

Таблица 1.3

Параметры переходов при обработке плоскостей

Переход	Квалитет точности	Шероховатость поверхности Ra, мкм
Фрезерование торцевой фрезой:		
черновое	14–11	6,3...12,5
получистовое	11–12	6,3...1,6
чистовое	10	1,6...0,8

Таблица 1.4

Параметры переходов при обработке пазов

Переход	Допуск на размер ширины паза, мм	Шероховатость поверхности Ra, мкм
Фрезерование концевой или шпоночной фрезой:		
черновое	14...11	6,3
чистовое	9	1,6
Фрезерование дисковой фрезой	14...11	6,3

Типовые схемы переходов при фрезерной обработке.

При программировании фрезерной обработки областей (зон) используют типовые схемы технологических переходов, определяющих правила построения траектории инструмента.

При фрезеровании можно выделить открытые, полуоткрытые и закрытые плоскости.

Открытая плоскость – поверхность, границы которой не являются препятствием для ввода и вывода инструмента на всех ее участках. Обработка открытых плоскостей производится торцевой фрезой по схеме «зигзаг» при черновом фрезеровании или по схеме «петля» при чистовом фрезеровании.

Полуоткрытая плоскость – поверхность, при обработке которой ограничены перемещения инструмента, т.е. на одном или двух участках такой поверхности можно вводить и выводить инструмент на уровне обрабатываемой плоскости. Обработка полуоткрытой плоскости производится по схеме «лента» концевой фрезой.

Закрытая плоскость – поверхность, при обработке которой ограничены перемещения инструмента по всем направлениям. При обработке закрытой плоскости инструмент вводят в зону резания либо сверху, либо врезанием. Закрытые плоскости обрабатываются по схеме «виток» или «спираль» концевой фрезой.

Обработку плоских поверхностей (плоскостей) ведут преимущественно концевыми и торцевыми фрезами. В зависимости от расположения обрабатываемых плоскостей относительно граничащих с ними элементов детали различают открытые, полуоткрытые и закрытые плоскости. Граница открытой плоскости не является препятствием для ввода и вывода инструмента на всех ее участках. Полуоткрытая плоскость имеет границу, на одном из участков которой можно вводить и выводить инструмент на уровне плоскости. Закрытая плоскость ограничена со всех сторон стенками (инструмент вводят в зону резания либо сверху, либо врезанием).

Обработка открытых плоскостей ведется по схеме «зигзаг» при черновом фрезеровании (рис. 1.12, *а*) и по схеме «петля» при чистовом фрезеровании (рис. 1.12, *б*). Для обработки полуоткрытых плоскостей применяется схема «лента» (рис. 1.12, *в*). Закрытые плоскости обрабатываются по схеме «виток» (рис. 1.12, *г*).

Для обработки закрытой плоскости, ограниченной окружностью, лучшей траекторией, обеспечивающей равномерное снятие припуска, является архимедова спираль. Такая траектория может быть получена на станке с поворотным столом при обработке плоскости, ограниченной окружностью с

центром, совпадающим с осью вращения стола (столу сообщается равномерное вращательное, а фрезе равномерное поступательное движение). Однако совмещение центра окружности с осью вращения стола всегда связано с дополнительными затратами времени, особенно при обработке деталей с большим количеством таких плоскостей. Поэтому на станках с линейно-круговой интерполяцией обработку закрытой плоскости, ограниченной окружностью, ведут по спирали, образованной сопряженными дугами окружностей. Такие спирали строят с двумя и четырьмя полюсами.

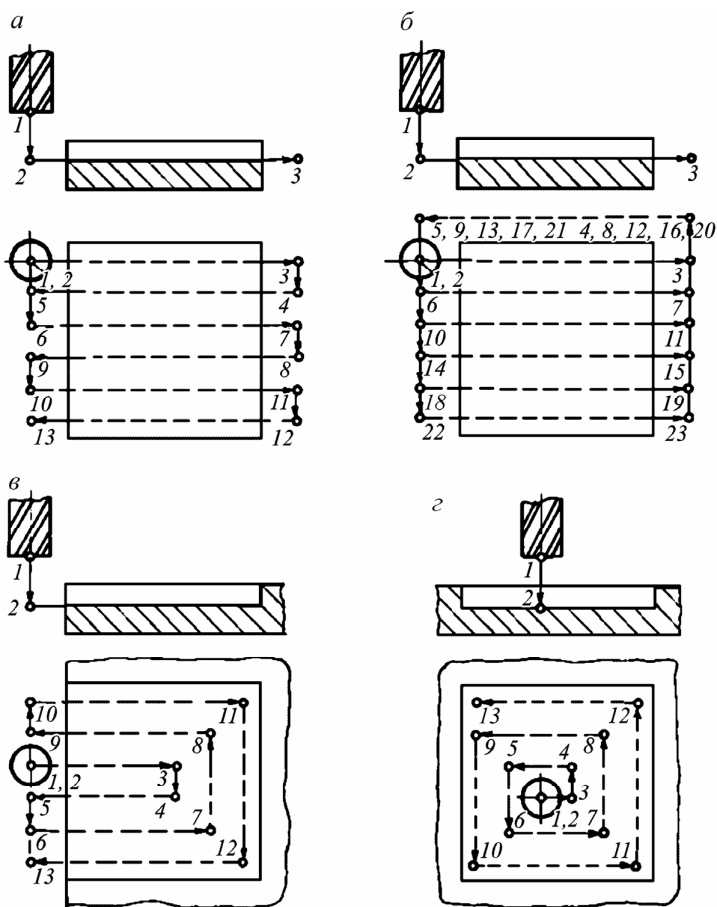


Рис. 1.12. Типовые схемы обработки плоскостей

Двухполюсная спираль (рис. 1.13, а) образуется из сопряженных дуг полуокружностей, центры которых поочередно находятся в полюсах A и B . Полюс A располагается в центре окружности R_k , ограничивающей закрытую плоскость.

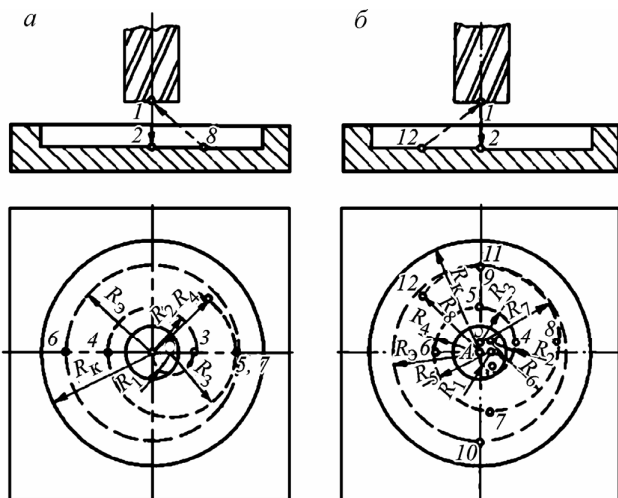


Рис. 1.13. Схемы обработки закрытой плоскости, ограниченной окружностью

Полюс B находится от полюса A на расстоянии, равном половине шага h спирали, который выбирают из условия ее сопряжения с окружностью R_3 , эквидистантной окружности радиуса R_k ($R_3 = R_k - D/2$, где D_ϕ – диаметр фрезы). Значение h находят из выражения $h = R_k - a/R_3$, где a определяют из условия $R_3 / (0,6D_\phi) \geq a \geq R_3 / (0,8/D_\phi)$ и меньшее его значение округляют до большего целого числа.

Спираль, изображенная на рис. 1.13, а, образована дугами полуокружностей радиусов R_1 и R_3 с центрами в полюсе B и дугой полуокружности радиуса R_2 с центром в полюсе A . Начинается спираль в центре окружности радиуса R_k .

Четырехполюсная спираль (рис. 1.13, б) образуется из сопряженных четвертей окружностей с центрами в полюсах A , B , C и D . Полюсы располагаются в вершинах квадрата со стороной, равной четверти шага спирали. Квадрат полюсов строят так, чтобы его стороны были параллельны осям окружности радиуса R_k , а одна из вершин (полюс A) совпала с центром этой окружности. Шаг спирали выбирают так же, как и при построении двухполюсной спирали.

Схемы обработки пазов концевыми, торцовыми и дисковыми фрезами показаны на рис. 1.14.

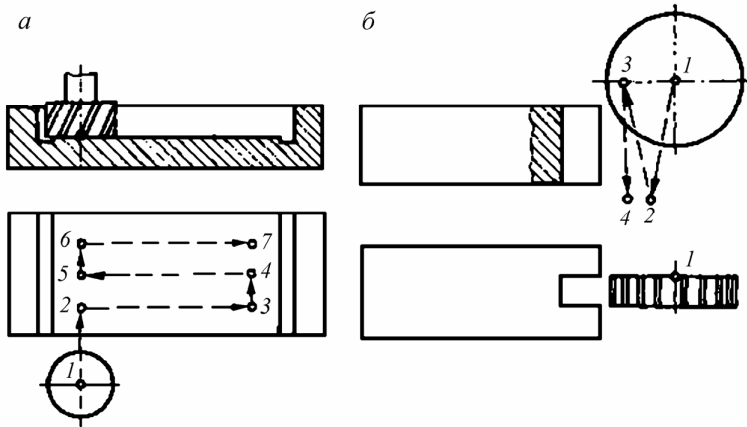


Рис. 1.14. Схемы обработки пазов

Фрезерование полуоткрытой плоскости паза торцевой фрезой ведут, как правило, после предварительной обработки его боковых сторон концевой фрезой. Пазы, полученные концевой фрезой, превращают обрабатываемую плоскость в открытую и позволяют использовать при торцовом фрезеровании схемы «зигзаг», «петля» и «елочка» (рис. 1.14, а). Последняя схема реализуется также при обработке сквозного паза трехсторонней дисковой фрезой (рис. 1.14, б).

Существует две основные схемы формирования траектории движения фрезы при фрезерной обработке: зигзагообразная и спиралевидная.

Зигзагообразная схема (рис. 1.15) характеризуется тем, что инструмент в процессе обработки совершает движение в противоположных направлениях вдоль параллельных строчек с переходом от одной строки к другой вдоль границы области. Эта схема достаточно распространена, но имеет ряд недостатков. Один из недостатков – переменный характер фрезерования: вдоль одной строки инструмент работает в направлении подачи, а вдоль следующей – против, что ведет к изменению сил резания и качества обработки. Другой недостаток этой схемы – повышенное число изломов на траектории инструмента. Это отрицательно сказывается на динамике резания и ведет к увеличению времени обработки, так как необходимо выполнять многочисленные операции по разгону и торможению привода подачи станка с ПУ.

Зигзагообразная схема имеет несколько разновидностей, связанных с порядком обработки границ: без обхода границ (рис. 1.15, *а*), с проходом вдоль границ в конце обработки области (рис. 1.15, *б*), с предварительным проходом вдоль границ (рис. 1.15, *в*).

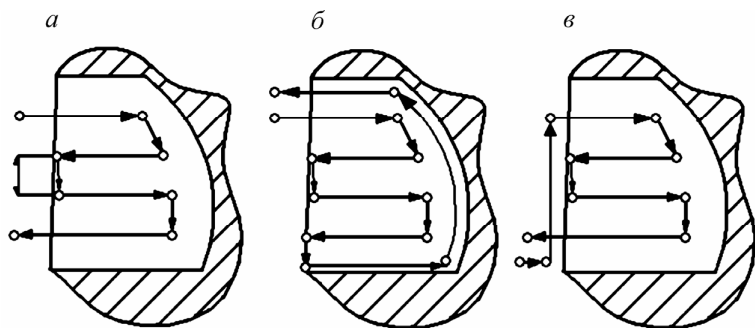


Рис. 1.15. Схемы зигзагообразных фрезерных переходов

Спиралевидная схема отличается от зигзагообразной тем, что обработка ведется круговыми движениями инструмента, совершаемыми вдоль внешней границы области на разном расстоянии от нее (рис. 1.16, *а*, *б*). В отличие от зигзагообразной, спиралевидная схема обеспечивает более плавный характер обработки, так как направление фрезерования (по подаче или против нее) неизменно и нет дополнительных изломов траектории.

Спиралевидная схема имеет две разновидности: первая характеризуется движением инструмента от центра области к периферии (рис. 1.16, *а*), а вторая – от границы области к ее центру (рис. 1.16, *б*). Каждая из рассмотренных разновидностей спиралевидной схемы имеет два типа: с движением инструмента в направлении по часовой стрелке или против нее при наблюдении со стороны шпинделя.

Одинаковый характер фрезерования можно выдерживать также с помощью схемы Ш-образного типа (рис. 1.16, *в*). Согласно этой схеме инструмент после выполнения прохода вдоль строки отводится на необходимое расстояние от обработанной поверхности и на ускоренном ходу возвращается назад. Ш-образная схема имеет те же разновидности, что и зигзагообразная. Существенный недостаток этой схемы – большое число вспомогательных ходов.

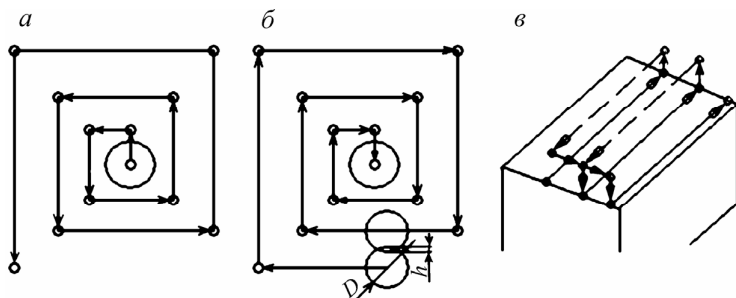


Рис. 1.16. Схемы фрезерных переходов:
а, б – спиралевидные; *в* – Ш-образная

При построении траектории инструмента на черновых переходах необходимо знать расстояние между соседними проходами фрезы, так как оно определяет глубину резания.

Максимально допустимая величина этого расстояния (см. рис. 1.15, *а*) зависит от геометрических параметров используемого инструмента:

$$t_{\max} = D - 2r - h_1,$$

где D – диаметр фрезы; r – радиус скругления у торца; h_1 – перекрытие между рабочими ходами (рис. 1.16, *б*), обеспечивающее отсутствие гребешков.

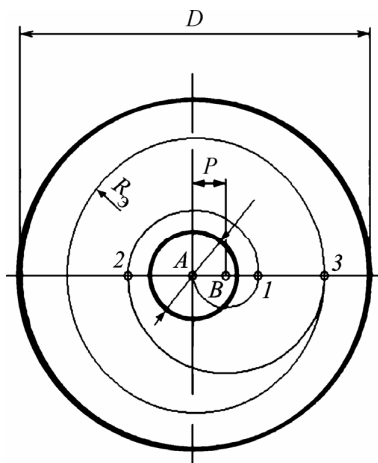


Рис. 1.17. Двухполюсная спираль фрезерных переходов

Определенные трудности при программировании представляет спиралевидная схема, которая в идеальном случае должна иметь форму архимедовой спирали. Практически такую спираль реализовать очень сложно, поэтому обычно обработка ведется по двух- или четырехполюсной спирали (рис. 1.17).

Такая спираль строится путем сопряжения дуг, имеющих общие центры в виде полюсов A и B (рис. 1.17).

Исходными данными к расчету параметров фрезы являются: D – диаметр обрабатываемой поверхности;

d_{ϕ} – диаметр фрезы. Радиус эквидистанты определяется по формуле

$$R_3 = \frac{D - d_{\phi}}{2}.$$

Далее вычисляется коэффициент a :

$$\frac{R_3}{0,6d_{\phi}} \geq a \geq \frac{R_3}{0,8d_{\phi}}.$$

Коэффициент a принимается как меньшее целое из полученного интервала (например, $5,7 \geq a \geq 3,4$, принимаем $a = 4$).

Определяем шаг спирали:

$$h = R_3/a.$$

Расстояние между полюсами

$$P = h/2.$$

После того как определены параметры спирали, выполняем ее построение: наносим первый полюс A в центр обрабатываемой окружности, второй полюс B располагаем на расстоянии P от первого. Выполняем построение первой дуги: началом служит полюс A , а центром – полюс B ; ведем ее до пересечения с осевой, проходящей через полюса (рис. 1.17, точка I). Строим следующую дугу: в качестве центра берем противоположный полюс, а началом дуги является окончание предыдущей (рис. 1.17, полюс A и точка I). Построение проводим до тех пор, пока спираль не выйдет на эквидистанту.

При программировании фрезерной обработки важно выбрать способ врезания инструмента в металл. Наиболее простой способ – это врезание с подачей вдоль оси инструмента. Однако этот способ, во-первых, не пригоден для фрез, имеющих технологические центровые отверстия, во-вторых, из-за того, что фрезы работают плохо на засверливание. Для использования этого способа рекомендуется предварительно обработать места врезания сверлом (рис. 1.18, a).

К технологичному способу относят врезание при движении инструмента вдоль одной из строк с постепенным его снижением (рис. 1.18, б). Этот способ также применяют при движении инструмента по окружности или вдоль границы обрабатываемой области.

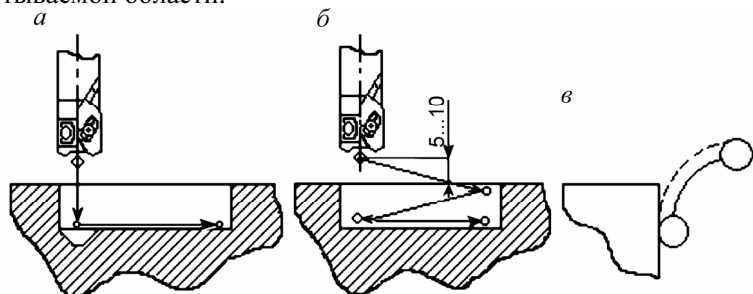


Рис. 1.18. Схемы способов врезания фрезы

При черновой обработке детали врезание чаще производят в случае чистовой обработки контуров, как правило, врезание осуществляется по дуге окружности, касательной к контуру в точке, с которой должно быть начало движения инструмента вдоль контура (рис. 1.18, в). Такой способ обеспечивает наиболее плавное изменение сил резания и минимальную погрешность обработки в упомянутой точке; он наиболее удобен с точки зрения ввода в управляющую программу коррекции на радиус инструмента.

Обработку контуров ведут, как правило, концевыми фрезами. Траектория перемещения при этом состоит из участков подвода фрезы к обрабатываемой поверхности, прохода ее вдоль обрабатываемого контура и отвода от обработанной поверхности. Участок подвода фрезы к обрабатываемой поверхности включает участок врезания.

При чистовой обработке детали участок врезания должен быть построен таким образом, чтобы значение силы резания нарастало и плавно приближалось к значению силы, действующей на рабочем участке обрабатываемого профиля. Для этого ввод инструмента в зону резания осуществляется по касательной к обрабатываемому контуру.

При черновой обработке детали врезание чаще производят по нормали к контуру. Аналогично строят участки вывода фрезы из зоны резания.

Типовые схемы плоской обработки контуров и примеры построенных на их основе типовых единичных циклов приведены на рис. 1.19 и 1.20.

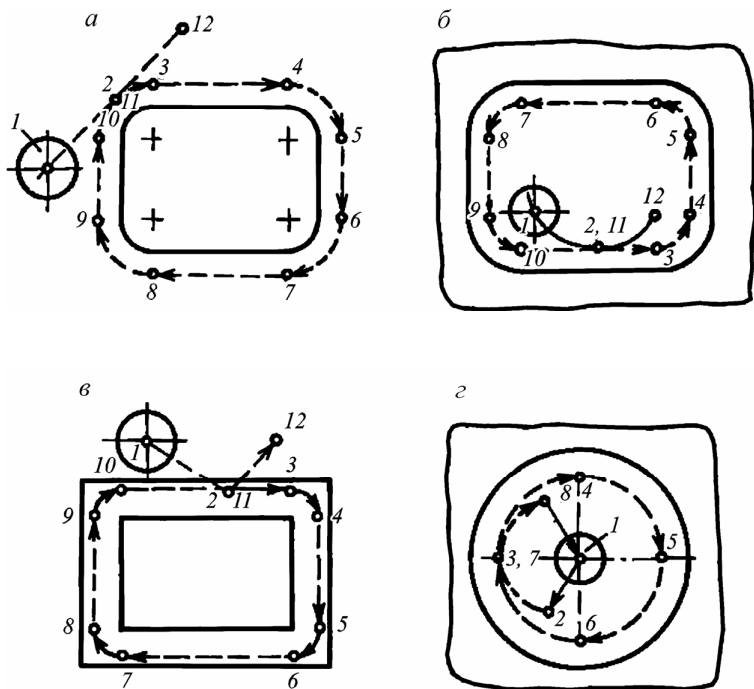


Рис. 1.19. Схемы обработки контуров:
а, в – наружного; б, г – внутреннего

При обходе контура детали траектория перемещения инструмента может иметь участки с резким изменением направления движения. Таким участкам вследствие упругих деформаций инструмента и динамических погрешностей привода подач станка, как правило, могут соответствовать искажения контура. Исключения искажения контура или уменьшения его величины добиваются путем изменения припуска на обработку, предыскажения траектории инструмента, регулирования подачи. Часто применяются различные сочетания указанных приемов.

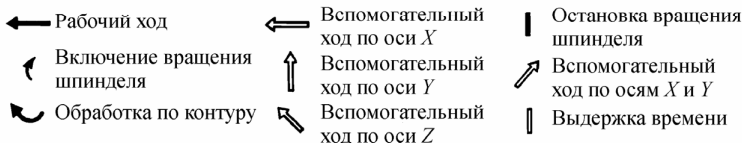
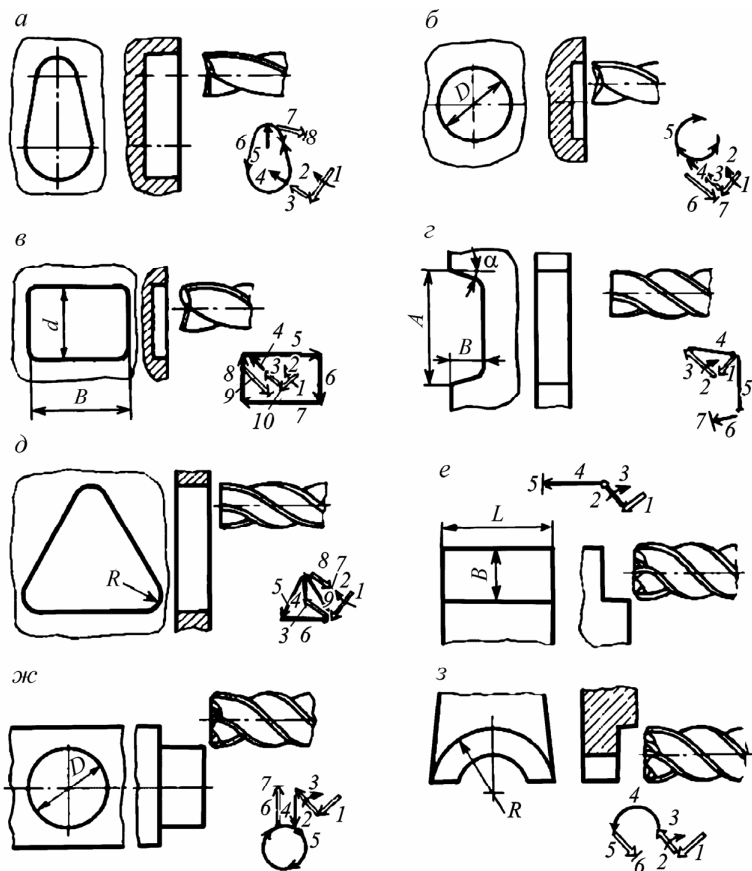


Рис. 1.20. Типовые циклы контурного фрезерования:

a – *д* – карманов и окон шпоночными и концевыми фрезами; *e* – *з* – уступов, бобышек концевыми фрезами

Контрольные вопросы

1. Какие требования необходимо учитывать при базировании детали на фрезерных станках?
2. Как устанавливается последовательность переходов?
3. Какие вы знаете типовые схемы переходов при фрезерной обработке?

1.7. Разработка операций обработки отверстий

Базирование и способы установки заготовок. Базирование заготовки при сверлильно-расточной обработке аналогично базированию при фрезерной обработке. Выбор базовых поверхностей во многом определяется формой заготовки детали. Заготовки типа дисков и втулок базируются по обработанному центральному отверстию и торцу. Корпусные детали базируются на предварительно обработанные плоскости в координатный угол или используют плоскость и два отверстия. Допускается использовать в качестве базовых отверстий конструктивные отверстия детали.

При базировании деталей для выполнения операций обработки отверстий необходимо дополнительно учитывать следующие требования.

1. Для обеспечения точного выполнения межцентровых расстояний у двух или нескольких отверстий необходимо ориентировать заготовку так, чтобы одна из осей станка совпала с направлением размера. В этом случае ликвидируется погрешность позиционирования по взаимно перпендикулярной оси и точность обработки повышается.

2. При базировании корпусной заготовки детали необходимо в качестве базовой выбирать поверхность, позволяющую с одной установки обработать максимальное число поверхностей и отверстий.

Специфика выбора схемы установки заготовки детали на станке с ПУ заключается в увязывании баз детали с осями координат станка и с исходной (нулевой) точкой траектории движения. На сверлильных станках с ПУ, как правило, размерную увязку с исходной точкой в плоскости стола проводят с помощью оправок-ловителей, центроискателей, оправок с коническими центрами и др. Положение исходной точки назначают исходя из следующих условий: беспрепятственного закрепления и снятия детали; беспрепятственной смены инструмента (для станков, оснащенных револьверной головкой); сокращения машинно-вспомогательного времени на подвод инструмента к зоне обработки; обеспечения удобства и требуемой точности совмещения оси шпинделя с исходной точкой.

Выбор маршрута обработки отверстий. Выбор маршрута обработки отверстия проводится в зависимости от заданных чертежом параметров точности с учетом конструктивных осо-

бенностей (наличие плоского дна, резьбы, фаски или цековки) и заданного диаметра отверстия. В большинстве методик проектирование маршрута обработки отверстия на станках с ПУ осуществляется исходя из условий обеспечения диаметральной точности и шероховатости поверхности отверстия, а достижение заданной точности расположения оси либо совсем не учитывается, либо учитывается посредством назначения межосевого расстояния. Часто под маршрутом обработки отдельного отверстия понимают структуру многопереходной операции по его обработке.

Таким образом, при формировании структуры операции необходимо назначать переходы, обеспечивающие в первую очередь достижение заданной точности расположения оси $T_{p.o.}$, затем точности формы FR и далее точности размера IT и шероховатости R . При такой приоритетной последовательности обеспечения параметров точности в структуре операции назначается минимальное количество переходов и при достижении точности расположения оси отверстия легко обеспечиваются другие параметры точности, что повышает производительность П обработки. Тогда приоритетную последовательность обеспечения заданных параметров точности ПТ обработки отверстий можно записать следующим образом:

$$ПТ (П) = T_{p.o.} > FR > IT > R,$$

где знак «>» означает предпочтение или приоритет.

Если в технологическом процессе обработки заготовки детали предусмотрена операция термической обработки, в результате выполнения которой ухудшаются показатели предшествующего перехода по точности размера, формы, расположения и шероховатости, то в выбранный вариант маршрута обработки после термообработки следует ввести дополнительный переход, такой же, который был выполнен перед термообработкой.

При наличии в отверстии цековки или фаски, переходы цекования или зенкования включаются в любой из вариантов маршрута обработки отверстий.

При обработке отверстий диаметром от 25 до 100 мм вводится переход рассверливания.

Переходы зенкерования и развертывания с подрезкой дна следует назначать при наличии в отверстии плоского дна.

Для повышения точности отверстий по расположению оси рекомендуется вводить перед сверлением отверстий переход

центрирования (особенно для отверстий диаметром до 15 мм и позиционном допуске менее 0,2...0,3 мм).

Выбор маршрута обработки отверстия с резьбой можно проводить с использованием сведений, представленных в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Схема маршрута обработки отверстий с резьбой

Переход	Диаметр резьбы D_p , мм		
	M6 – M36	M36 – M52	M12 – M52
Сверление			
Рассверливание			
Зенкование: черновое получистовое			
Зенкование			
Нарезание резьбы			
Степень точности			
ГОСТ 16093–81	7		
	8		

Координатные перемещения. При обработке отверстий на сверлильных станках с ПУ перемещения инструмента вдоль оси шпинделя (ось Z) разделяют на перемещения, связанные с подводом инструмента к обрабатываемой заготовке детали для врезания, непосредственного резания и перебегом инструмента, выполняемые с различными подачами.

Величины подвода $l_1 = 2$ мм и перебега l_2 определяются с учетом обеспечения минимальных холостых перемещений с рабочей подачей и плавного ввода инструмента в отверстие и вывода из него, характера предыдущей обработки (наличие зацентровки, диаметр предварительного отверстия), геометрии инструмента. Длина l обрабатываемого отверстия определяется по чертежу детали.

На рис. 1.21 представлена схема для расчета перемещений инструмента по оси Z .

Величина подвода $l = 2$ мм, если входная поверхность отверстия обработана, в противном случае $l_1 = (t + 6)$ мм, где t – припуск на последующую обработку. Величина перебега l_2

определяется по следующим формулам: при сверлении сквозных отверстий $l_2 = (0,3D + 2)$ мм, при зенкерования $l_2 = (k + 2)$ мм, где k – длина заборного конуса, и при развертывании $l_2 = (k + 2 + 0,4 l_k)$ мм, где l_k – длина калибрующей части развертки.

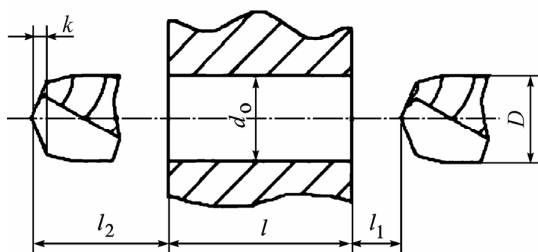


Рис. 1.21. Схема для расчета перемещений инструмента по оси Z

Координатные перемещения в плоскости стола (оси X, Y) определяются согласно чертежу детали.

Обработка системы отверстий. Обработку системы отверстий (число отверстий больше двух) в детали можно производить по двум основным вариантам.

При последовательном варианте (рис. 1.22, а) каждое отверстие системы обрабатывают полностью по всем переходам при одном позиционировании стола относительно шпинделя. После полной обработки одного отверстия осуществляется перемещение стола для обработки следующего отверстия и т.д.

При параллельном варианте (рис. 1.22, б) одним инструментом обрабатывают одинаковые отверстия в системе путем последовательного перемещения стола с заготовкой детали. Затем инструмент меняют и в той же последовательности обрабатывают эти отверстия системы другим инструментом.

Если системы отверстий располагаются на нескольких сторонах детали, то по завершении обработки всех отверстий на одной стороне заготовку поворачивают и отверстия системы по одному из вариантов обрабатываются на другой стороне.

При выборе варианта обработки систем отверстий предпочтение отдают тому варианту, у которого при одинаковом основном времени будет обеспечено минимальное время на вспомогательные перемещения и обеспечивается требуемая точность обработки. Время вспомогательных перемещений определяется сменой инструмента и позиционированием рабочих органов станка.

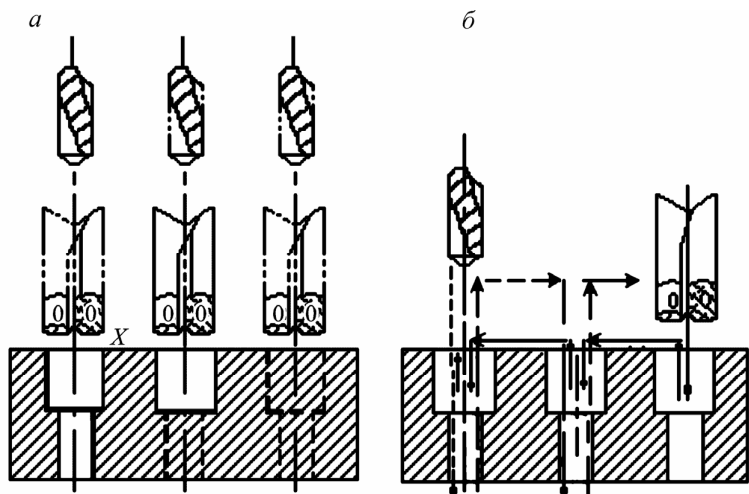


Рис. 1.22. Варианты обработки системы отверстий:
a – последовательный; *б* – параллельный

Для обработки отверстий 11-го и 12-го квалитетов несколько производительнее является второй вариант, так как позиционирование стола происходит за более короткое время, чем смена инструмента. При обработке отверстий 7–9-го квалитетов или отверстий с допусками на межосевые расстояния менее 0,2 мм предварительные переходы (центрование, сверление, зенкерование и цекование) выполняют по второму варианту, а окончательные (зенкерование под развертывание, развертывание и нарезание резьбы) – по первому. Ступенчатые отверстия следует обрабатывать по первому варианту.

Анализ работы станков с ПУ показывает, что смена инструмента и поворот стола являются более сложными элементами цикла работы станка, чем позиционирование стола и салазок. Поэтому из эксплуатационных соображений следует работать с меньшим числом смен инструментов и меньшим числом поворотов стола, тем более что можно говорить лишь об условно фиксированном положении стола, так как практически во всех современных станках с ПУ смена инструмента сопровождается перепозиционированием стола. Исходя из этих соображений, предпочтительным следует считать обработку систем отверстий по второму варианту.

Контрольные вопросы

1. Как производится базирование и каковы способы установки заготовок на сверлильно–расточных станках?
2. Какова последовательность маршрута обработки отверстий?
3. В чем сущность обработки системы отверстий?

1.8. Особенности разработки операций для многоцелевых станков

Особенности обработки деталей на многоцелевых станках с ПУ. На многоцелевых (сверлильно-фрезерно-расточных) станках с ПУ наиболее часто обрабатывают корпусные, плоские детали и детали сложной конфигурации. Такие детали можно рассматривать как сочетание элементарных поверхностей, что облегчает формализацию разработки ТП и программирование их обработки.

Из элементарных поверхностей на корпусных деталях чаще всего выделяют отверстия, плоскости, пазы, карманы, окна и т.п.

Отверстия корпусных деталей делят на основные, предназначенные для базирования устанавливаемых в корпусе деталей, вспомогательные, в том числе крепежные, и свободные, которые служат для удобства обработки, монтажа, смазки и ремонта. Основные отверстия могут иметь канавки, фаски и выточки. Они подразделяются на гладкие или ступенчатые, односторонние или двусторонние, располагающиеся в одной плоскости или соосно в нескольких параллельных стенках.

Обрабатываемые плоскости, пазы, окна и другие элементы корпусных деталей располагаются параллельно оси шпинделя, перпендикулярно к ней или под углом к оси шпинделя.

Многоцелевые станки (МС) заменяют фрезерные, сверлильные, расточные и в отдельных случаях токарные станки, так как они позволяют совместить операции фрезерования прямолинейных и криволинейных поверхностей, центрования, сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания, цекования, растачивания, раскатывания и накатывания отверстий, нарезания резьбы (метчиками, плашками, резцовыми головками, резцами), круговое фрезерование наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей и круговых пазов концевыми и дисковыми фрезами.

Плоскости фрезеруют торцовыми или концевыми фрезами, оснащенными твердосплавными СМП. Для получения малой

шероховатости поверхности при малых припусках используют торцовые фрезы из эльбора и минералокерамики.

Пазы, окна и уступы обычно обрабатывают концевыми фрезами, оснащенными твердосплавными пластинами. Для повышения точности обработки по ширине паза и сокращения номенклатуры инструментов диаметр фрезы должен быть несколько меньше ширины паза.

Для повышения стойкости, улучшения условий отвода стружки при обработке глухих пазов используют концевые фрезы с увеличенным углом наклона спирали с полированными канавками. Для облегчения врезания с осевой подачей применяют фрезы с особой заточкой торцовых зубьев. При увеличенных вылетах фрезы, обусловленных конфигурацией заготовки, используют фрезы с усилительным конусом. Уменьшение вибрации достигается у фрез с тремя и четырьмя зубьями благодаря различному расстоянию между ними (разношаговые фрезы).

Круговое фрезерование – новая операция обработки отверстий, которая применяется на фрезерных и МС с контурным и комбинированным устройством ПУ. В этом случае отверстия вместо растачивания можно обработать фрезерованием, для чего фрезе сообщают круговую подачу. Круговое фрезерование рекомендуется использовать для предварительной обработки отверстий длиной до 60...80 мм в литых заготовках (для снятия чернового припуска).

Технологические переходы, выполняемые на МС: сверление и нарезание резьбы; сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование, растачивание точных посадочных отверстий – гладких и ступенчатых.

Соосные отверстия в противоположащих стенках корпусных деталей обрабатывают на МС с поворотным столом консольно закрепленными инструментами последовательно, с поворотом заготовки вместе со столом станка на 180°. Достигаемая точность зависит от точности поворота делительного стола; погрешность деления не должна превышать половины поля допуска на отклонения взаимного расположения отверстий по чертежу детали.

При обработке отверстий осевым инструментом, если требования к точности невысоки, операцию выполняют в следующей последовательности: сначала обрабатывают все отверстия одним инструментом, затем следующим и т.д. Если требования к точности размера по диаметру и форме высокие,

отверстия стремятся обрабатывать полностью по отдельности со сменой инструмента у каждого отверстия и с перемещением шпинделя только по оси. В противном случае погрешность обработки будет увеличиваться за счет погрешности позиционирования подвижных узлов станка.

Для повышения стойкости спиральных сверл используют быстрое автоматическое изменение режима резания. Например, чтобы избежать поломки инструмента из-за скачкообразного изменения нагрузки, рабочую подачу уменьшают на выходе сверла из отверстия; в другом случае в программе меняют частоту вращения шпинделя, когда имеется литейная корка на входе в отверстие или выходе из него.

При обработке системы координированных отверстий широко применяют центрование отверстий короткими жесткими сверлами с углом $2\phi = 90^\circ$. При работе по литейной корке это позволяет решить и другие задачи: облегчить врезание и повысить стойкость сверл небольшого диаметра и вместе с тем снять фаску в начале отверстия, если она предусмотрена чертежом. Центрование целесообразно использовать для обработки отверстий диаметром до 15 мм в деталях из черных металлов.

Для черновой обработки отверстий в корпусных деталях эффективно применение инструментов, которые раньше назначались при сверлении глубоких отверстий, например двухкромочных сверл с механическим креплением трехгранных твердосплавных пластин. Использование таких сверл наряду с делением припуска по ширине среза и внутренним подводом СОТС позволяет в 3–5 раз повысить эффективность резания по сравнению со спиральными сверлами.

Большие возможности повышения производительности при обработке отверстий заключаются в использовании комбинированных инструментов разных типов. Например, можно использовать инструмент, сочетающий сверло и зенкер. Применяют и трехступенчатые инструменты, в которых передняя часть (первая ступень) изготовлена из инструментальной стали, а вторая и третья части, работающие с более высокими скоростями резания, оснащены твердосплавными пластинами. Такой инструмент работает по ранее просверленному отверстию. Вторая и третья ступени могут иметь различное назначение в зависимости от формы, размеров и расположения твердосплавных пластин.

Если рассматривать полную обработку заготовки детали на МС, то для достижения высокой эффективности всю обработку заготовки стремятся выполнить на одном станке за 1–2 установка. Однако в отдельных случаях из-за опасности искажения формы деталей вследствие перераспределения остаточных напряжений, имеющих в исходной заготовке, ТП разделяют на операции черновой (обдирочной) и последующей обработок. Черновую обработку выполняют на мощных, жестких станках (с ПУ или универсальных), затем заготовки направляют на термообработку для снятия внутренних напряжений. Дальнейшую механическую обработку выполняют на многоцелевом станке.

Последовательность выполнения операций на МС. Последовательность переходов обработки точных плоских поверхностей и отверстий должна устанавливаться с учетом уменьшения влияния на точность обработки таких факторов, как геометрические неточности станка и его наладки, инструмента и его наладки на размер погрешностей базирования и закрепления заготовки, температурные и другие деформации элементов технологической системы, перераспределение напряжений и деформаций заготовки в процессе ее обработки и т.д.

Температурные деформации возникают обычно при выполнении в одной операции черновых фрезерно-расточных переходов, связанных со снятием больших припусков, с чистовыми переходами обработки точных поверхностей и основных отверстий. Поэтому перед чистовыми переходами рекомендуется удалить из внутренних полостей заготовки стружку, аккумулирующую основное количество теплоты, выделяющейся при резании, и убедиться в том, что температура заготовки находится в допустимых пределах.

Корпусные детали с высокими требованиями к точности обрабатывают в иной последовательности, чем рассмотренные выше. Вначале фрезеруют плоские поверхности, затем обрабатывают точные основные отверстия детали, крепежные и другие неосновные отверстия на всех сторонах. При такой обработке удастся уменьшить влияние температурных деформаций элементов технологической системы, и в первую очередь станка, на точность обработки.

На станках, оснащенных программно-управляемым планшуппортом, можно уменьшить число необходимых инструментов в магазине станка, объединить несколько переходов растачивания отверстий, обработки торцов и канавок, размеры которых близки в пределах радиального перемещения расточ-

ной оправки плансуппорта. В этом случае все переходы, которые выполняются одной расточной оправкой, установленной в плансуппорте, группируются в один переход и осуществляются последовательно с изменением по программе положения расточной оправки относительно оси вращения.

Если деталь, обрабатываемая на МС, подвергается промежуточной термообработке или имеет точные отверстия и плоскости, то в общем случае рекомендуется нижеследующая последовательность операций.

1. *Первая черновая операция:* обработка детали с 2–3 сторон (плоскости и отверстия большого диаметра); в качестве базы используют достаточно большие плоскости, обеспечивающие хорошую и надежную установку заготовки детали, возможность производительного снятия больших припусков.

2. *Вторая черновая операция:* обработка остальных сторон заготовки с установкой по обработанным в предыдущей операции поверхностям, создание технологических баз для последующей обработки.

3. *Первая чистовая операция:* обработка базовой и противобазовой плоскостей детали и всех элементов (пазов, уступов, отверстий), расположенных на этих плоскостях, в том числе основных отверстий.

4. *Вторая чистовая операция:* обработка остальных четырех сторон детали с установкой по обработанным в предыдущей операции базам, в том числе обработка основных отверстий, пазов и уступов, вспомогательных и крепежных отверстий. При повышенных требованиях к точности детали, превосходящих точностные возможности МС, выполняют получистовую обработку соответствующих плоскостей и отверстий с припуском под последующую обработку на станках с ручным управлением (шлифование, хонингование и т.п.).

Последовательность выполнения переходов на МС. Детали в виде набора разнообразных элементарных поверхностей, необходимость в черновых, получистовых и чистовых проходах при обработке каждой поверхности, значительное число инструментов в магазине усложняют выбор плана операций обработки детали на МС. К тому же этот выбор становится многовариантным. Например:

– можно заготовку полностью обработать сначала с одной стороны, затем переустановить ее;

– можно обработать заготовку сначала со всех сторон начерно, затем приступить к чистовой обработке;

– можно обработать сначала все плоскости, затем приступить к обработке отверстий.

Общий план операций корпусных деталей представлен в табл. 1.6.

Таблица 1.6

План операций обработки заготовок с использованием МС

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент
1	2	3
1	Черновое, получистовое, фрезерование внешних поверхностей	Фрезы торцовые
2	Сверление (рассверливание) отверстий диаметром свыше 30 мм в сплошных стенках: сквозное – основных отверстий, глухое – для ввода концевых фрез	Сверла
3	Фрезерование пазов, отверстий, окон, карманов	Фрезы концевые
4	Фрезерование внутренних поверхностей, перпендикулярных к оси шпинделя	Фрезы торцовые и концевые
5	Черновое зенкерование и растачивание основных отверстий в сплошных стенках после перехода № 2	Зенкеры, резцы расточные
6	Обработка дополнительных поверхностей (канавок, уступов, фасок и др.), расположенных в основных отверстиях и концентричных оси	Фрезы, резцы, зенковки
7	Обработка дополнительных поверхностей на внешних и внутренних плоскостях и на необрабатываемых поверхностях	Фрезы концевые, шпоночные
8	Обработка крепежных и других вспомогательных отверстий диаметром свыше 15 мм	Сверла, зенкера, зенковки, метчики
9	Снятие фасок	Фрезы угловые
10	Перезакрепление детали; проверка положения рабочих органов станка	
11	Окончательное фрезерование плоскостей	Фрезы торцовые
12	Обработка точных поверхностей основных отверстий	Резцы расточные, развертки
13	Обработка точных отверстий малого диаметра	Сверла, резцы расточные, развертки
14	Обработка точных и точно расположенных в отверстиях дополнительных поверхностей (канавок, выемок, уступов)	Резцы расточные, фрезы дисковые
15	Обработка дополнительных поверхностей (выемок пазов карманов прорезей), расположенных асимметрично относительно отверстий	Фрезы и резцы различного назначения
16	Обработка обратных фасок и других поверхностей, связанных с основными отверстиями	Фрезы дисковые, угловые, резцы канавочные, фасонные
17	Обработка крепежных и других отверстий малого диаметра	Сверла, зенкеры, зенковки, метчики

При решении задачи выбора варианта плана операции руководствуются следующими общими принципами:

- чем выше точность элемента конструкции детали, тем позже следует предусматривать его обработку;
- сначала следует планировать черновую обработку, затем чистовую;
- чем меньше время срабатывания исполнительного органа (смена инструмента, поворот стола и др.), тем чаще этот орган должен функционировать.

Контрольные вопросы

1. В чем особенности обработки деталей на многоцелевых станках с ПУ?
2. Какова последовательность выполнения операций на МС?
3. Как выполняются переходы на МС?

1.9. Виды технологической документации

Технологической документацией называется комплекс текстовых и графических документов, определяющих в отдельности или в совокупности ТП изготовления изделия и содержащих данные, необходимые для организации производства.

Государственным стандартом установлена Единая система технологической документации (ЕСТД), в которой определены правила ее разработки, оформления и комплектации, используемые всеми машиностроительными и приборостроительными предприятиями. Стандарты ЕСТД унифицируют обозначение и последовательность размещения информации в формах документов. Кроме того, стандарты не только предписывают форму бланков, но и характер записи, термины и определения, условные обозначения и др.

Технологическую документацию, используемую при разработке ТП и УП, можно разделить на справочную и сопроводительную.

Справочная документация. В состав справочной документации входят:

- классификаторы деталей по конструкторско-технологическим признакам;
- типовые технологические процессы;
- каталоги и картотеки универсальных станков и станков с ПУ, режущего, вспомогательного и измерительного инструментов, приспособлений и обрабатываемых материалов;

- нормативы режимов резания;
- таблицы допусков и посадок;
- инструкции по расчету, кодированию, записи, контролю и редактированию УП;
- методические материалы по определению экономической эффективности обработки на станках с ПУ.

Ряд справочных данных, используемых при разработке ТП на станках с ПУ, удобно представлять на специально разработанных картах.

Карта наладки станка с ПУ предназначена для записи его краткой технической характеристики. Формы этих карт разработаны для отдельных технологических групп станков. В карте станка с ПУ представлен схематический чертеж, на котором указывают обозначение осей координат и положительное направление перемещений рабочих органов.

Карта режущего инструмента предназначена для записи всех необходимых для программирования данных об инструменте. Формы карт разработаны для отдельных групп инструментов: резцов, фрез, сверл и других инструментов. В карте, кроме того, указывается эскиз, поясняющий расположение вершины инструмента и ориентацию его режущей части. На эскизе показывают возможные направления движения инструмента на рабочей подаче.

Карта оснастки используется для записи данных по зажимным приспособлениям (патронам, кулачкам, УСП и т.д.). Например, карту оснастки при обработке на станках токарной группы используют в основном для записи размеров патрона и зажимных кулачков, для определения положения заготовки относительно шпиндельного узла станка. При этом в карте приводят эскиз патрона с кулачками, установленными для зажима наружных и внутренних поверхностей заготовки, с обозначением записываемых в карте размеров. Аналогично составляются карты для тисков, координатных плит, универсально-сборных приспособлений и специальной оснастки, используемой при обработке на сверлильных, фрезерных и других станках с ПУ.

Карта обрабатываемого материала предназначена для записи технологических параметров, применяемых при выборе режимов резания. В наибольшем объеме содержание карт обрабатываемых материалов используют при компьютерной подготовке управляющих программ.

Сопроводительная документация. Сопроводительная технологическая документация разнообразна. Часть документации, например при разработке маршрутной технологии, не отличается от общепринятой при проектировании ТП для универсальных станков. Однако из-за необходимости разработки УП для станков с ПУ сопроводительная документация при выполнении отдельных этапов проектирования имеет некоторую специфику. Сопроводительная документация для станков с ПУ включает операционную карту и операционный эскиз детали, карты наладки станка и инструмента, операционную расчетно-технологическую карту с эскизом траектории инструментов, УП на программноносителе и ее распечатку, график траектории инструментов, полученный на этапе контроля УП и акт внедрения УП.

Для станков с ПУ разрабатывают:

- операционную карту механической обработки ГОСТ 3.1404–86, форма 2 или 3, 2а;
- карту эскизов ГОСТ 3.1105–84, форма 7 или 7а;
- карту наладки инструмента ГОСТ 3.1404–86, форма 4 или 4а.
- карту кодирования информации ГОСТ 3.1404, форма 5 или 5а.

Операционная карта предназначена для описания операций ТП изготовления детали с разделением на переходы и указанием оборудования, оснастки и режимов резания. Особенность операционной карты обработки на станке с ПУ: она содержит данные о взаимном расположении базовых поверхностей детали, приспособлений и инструмента при описании установов и переходов.

Карта наладки станка содержит все сведения, используемые при наладке станка для работы по УП. Формы карт наладки разработаны для отдельных станков с ПУ или для их технологических групп. Кроме сведений, необходимых для наладки станка, в карте приводят чертеж детали, поясняющий схему базирования заготовки.

Карту наладки инструмента используют при настройке инструмента вне станка и установке его на станке в соответствии с выбранной наладкой. В карту записывают координаты вершин всех инструментов наладки и показания прибора для их настройки вне станка.

Операционная расчетно-технологическая карта (ГОСТ 3.1404–86) предназначена для ручной подготовки УП. В эту карту в принятой для операции последовательности обработки записывают: координаты или приращения координат опорных

точек траектории; подачи; частоты и направления вращения шпинделя; номера корректоров и технологические команды, а также прилагают эскизы траектории движения инструментов. На них траекторию инструмента вычерчивают для всех переходов с нумерацией опорных точек, обозначением начала системы координат, а также точек, в которых выполняются технологические команды.

Распечатка УП выполняется на бумажной полосе устройством подготовки данных одновременно с подготовкой перфоленты.

Схема траектории инструментов вычерчивается на автономном или подключенном к компьютеру графопостроителе.

Акт внедрения УП является заключительным документом, в котором отражаются результаты пробной обработки одной или нескольких заготовок на станке с ПУ с использованием подготовленной УП. В акте отмечают соответствие параметров обработанных поверхностей требованиям чертежа, рациональность режимов резания и приводят данные хронометража. Если деталь ранее изготавливалась на станке с ручным управлением, то в акте обосновывают экономическую эффективность ее перевода на станок с ПУ. После этого акт служит основанием для изменения ТП.

Контрольные вопросы

1. Что входит в состав справочной документации?
2. Как используется карта оснастки?
3. Каково назначение сопроводительной документации?
4. Какова характеристика операционной карты?
5. Для чего используется карта наладки?

■ ГЛАВА 2 ■

Точность обработки на станках с ПУ

2.1. Общие сведения о погрешностях обработки поверхностей деталей на станках с ПУ

На точность обработки на станках с ПУ оказывает влияние:

- точность станка;
- точность системы управления;
- погрешность установки заготовки;

- погрешность наладки инструмента на размер;
- погрешность наладки станка на размер;
- размерный износ режущего инструмента;
- жесткость системы СПИЗ.

Точность станков с ПУ. Ее характеризуют следующие параметры:

- точность геометрических форм и относительного положения опорных поверхностей, являющихся базами заготовки и инструмента;
- точность движений по направляющим рабочих органов станка;
- точность расположения осей вращения и траекторий перемещений рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент, относительно друг друга и относительно базирующих поверхностей;
- точность и шероховатость обработанных поверхностей образца;
- точность линейного позиционирования рабочих органов;
- величина зоны нечувствительности, т.е. отставание в смещении рабочего органа при смене направления движения;
- точность возврата рабочего органа в исходное положение;
- стабильность выхода рабочего органа в заданную точку;
- точность обработки в режиме круговой интерполяции;
- стабильность положения инструментов после автоматической смены.

Точность линейного позиционирования рабочего органа станка. При проверке выявляют точность и стабильность, т.е. многократную повторяемость прихода рабочих органов в одно и то же положение. Стабильность важнее для достижения точности обработки. Точность линейного позиционирования рабочего органа станка зависит от класса точности станка, оси, по которой происходит перемещение, и длины перемещения. Допускаемая накопительная погрешность при одностороннем подходе к заданной координате составляет от 2 до 80 мкм.

Точность системы управления. Интерполятор вносит определенные погрешности в обработку. Для интерполяторов характерны некоторые отклонения погрешности в обработку. Для интерполяторов характерны некоторые отклонения обрабатываемой траектории от заданной. Отклонение (геометрическая погрешность) зависит от угла наклона траектории к координатным осям и не превышает цены импульса (дискретности) на участке любой протяженности.

Геометрическая погрешность интерполяции для современных станков с ценой единичных импульсов 0,001...0,002 мм является величиной малой, не оказывающей существенного влияния на точность обработки.

В режиме интерполяции появляются циклические ошибки в передаче движения приводами подач. Эти ошибки возникают от осевых биений внутришаговых ошибок ходовых винтов, накопленных ошибок в зубчатых колесах редукторов и передач к датчикам обратной связи, несоосности валов в кинематической цепи двигатель привода подач – редуктор – ходовой винт – датчик.

При одновременном перемещении рабочих органов в режиме интерполяции по нескольким осям неравномерность движения даже по одной из координат приводит к погрешности обработки траектории и волнистости обработанной поверхности.

Погрешности установки заготовки. Погрешность установки определяется суммой погрешности базирования и закрепления заготовки. Погрешность базирования возникает вследствие несовмещения установочной базы с измерительной. Для станков с ПУ имеется возможность достижения более высокой точности, когда за один установ обрабатывают измерительные базы и все остальные поверхности, размеры которых отсчитаны от этих баз.

Погрешности наладки инструментов на размер. Современные приборы для наладки инструментов на размер имеют высокую разрешающую способность: цена отсчета координат шкал – 0,001 мм, увеличение проектора – до 30 раз. Однако наладка инструмента всегда производится с некоторыми отклонениями. Эти отклонения определяются погрешностью самого прибора и погрешностью закрепления налаженного на размер инструмента на станке.

Погрешность положения вершины налаженного на размер инструмента включает:

- погрешность шкал отсчета прибора;
- погрешность отсчета размера по шкалам;
- неточность совмещения вершины инструмента с перекрестием экрана инструмента;
- несовмещение начала отсчета шкал и устройства для закрепления инструмента;
- неточность углового расположения на проборе устройства для закрепления инструмента;

- несовпадение нуля отсчета координат инструмента с теоретическим положением из-за неточностей расположения поверхностей, базирующих инструмент на станке;
- погрешность, возникающую от неправильного углового расположения на станке базирующих поверхностей;
- погрешность, возникающую в связи с деформациями элементов, участвующих в зажиме инструмента.

Погрешности наладки станка на размер. Наладка станка на размер заключается в согласованной установке налаженного на размер режущего инструмента, рабочих элементов станка и базирующих элементов приспособления в положение, которое с учетом явлений, происходящих в процессе обработки, обеспечивает получение требуемого размера с заданной точностью. Это взаимное положение элементов технологической системы определяют термином «установочный размер».

Погрешность наладки станка возникает вследствие того, что при отыскании нуля программы и установке инструмента невозможно расположить рабочие элементы станка и инструменты точно в расчетное положение.

В процессе наладки, чтобы определить установочный размер для каждого инструмента, наладчик использует метод пробных рабочих ходов, а в процессе дальнейшей обработки партии деталей – метод автоматического получения размеров.

Погрешность наладки станка равна разности предельных значений установочного размера и зависит от погрешности наладки инструмента на размер, установки нулевого положения программы, измерения пробных деталей при наладке и отклонений центра группирования пробных деталей относительно середины поля рассеяния в момент наладки.

Жесткость системы СПИЗ. Станок, приспособление, режущий инструмент и заготовка в процессе обработки представляют собой упругую систему. Под жесткостью упругой системы понимает ее способность оказывать сопротивление деформирующему действию внешних сил. При недостаточной жесткости под действием силы резания система СПИЗ деформируется, что вызывает погрешность формы и размеров обрабатываемой заготовки. Таким образом, точность обработки в большой степени зависит от жесткости системы СПИЗ.

Жесткость станка зависит от конструктивного исполнения (от предварительного натяга отдельных механизмов, от качества сборки).

В процессе обработки заготовки погрешности форм и пространственные отклонения при каждом последующем ходе инструмента будут уменьшаться. Целесообразно на каждом последующем ходе уменьшать величину снимаемого припуска.

Чем выше жесткость станка, тем за меньшее число рабочих ходов может быть достигнута требуемая точность. Станки с ПУ имеют на 40–50% более высокую жесткость по сравнению с универсальными станками.

При обработке цилиндрической поверхности радиальная составляющая отжимает резец от детали и является причиной погрешности. При обработке криволинейного участка отжатие инструмента вызовет сила, действующая по нормали к поверхности обработки.

Тепловые деформации и деформации от внутренних напряжений заготовок. Тепловые деформации возникают в результате действия следующих факторов:

- выделения тепла двигателями, гидравлической системой и движущими частями станка;
- образования тепла в процессе резания;
- непостоянства температуры помещения, в котором находится станок.

Тепловые деформации частей станка в начальный период работы протекают весьма интенсивно, затем их интенсивность уменьшается, и по истечении некоторого времени величина деформации стабилизируется. Изменение взаимного положения рабочих органов станка значительно влияет на точность станка. Поэтому следует предусмотреть прогрев станка до начала обработки деталей, избегать продолжительных остановов, сохранять определенный ритм чередования работы и перерывов на смену заготовок.

Тепло, выделяемое в зоне резания, воздействует на инструмент и заготовку, а через отходящую стружку – на элементы станка. Поэтому следует:

- использовать смазочно-охлаждающие жидкости;
- после черновой обработки с интенсивным тепловыделением чистовую обработку начинать после охлаждения заготовки;

– при обработке на многоцелевых станках нескольких заготовок предусмотреть выдержку времени на стабилизацию температуры;

– высокоточные станки, предназначенные для обработки точных деталей, установить в термоконстантные помещения.

Для обеспечения высокой точности обработки необходимо:

– черновые ходы отделить от чистовых;

– между черновыми и чистовыми операциями выполнять естественное или искусственное стирание.

Точность позиционирования рабочих органов определяется не только точностью самого станка, но и зависит от типа системы ПУ (конструкции, места установки ИП (инструмент – приспособление), точностных параметров ИП и т.д.). Так, при использовании шагового привода погрешность перемещения рабочих органов станка определяется погрешностью отработки шаговым двигателем командных импульсов, погрешностями гидроусилителя, зубчатой передачи и передачи «винт – гайка», а также погрешностями рабочего органа станка.

При применении следящего привода подачи с замкнутой схемой управления наблюдается два вида погрешностей, снижающих точность перемещений рабочих органов:

- погрешности элементов привода подачи и рабочего органа, не охватываемые системой обратной связи;

- погрешности результатов измерения перемещения или угла поворота рабочего органа станка измерительным преобразователем.

Первая группа погрешностей появляется в основном при использовании систем обратной связи с круговым ИП. Преобразователи устанавливаются на ходовом винте или измеряют перемещение рабочего органа через реечную передачу. В первом случае система обратной связи не учитывает погрешности передачи «винт – гайка» (накопленную погрешность по шагу ходового винта; зазоры в соединении «винт – гайка» и в опорах винта; упругие деформации ходового винта, его опор и соединения «винт – гайка»; тепловые деформации ходового винта и др.), а также погрешности рабочего органа (отклонения от прямолинейности и параллельности перемещений; зазоры в направляющих; упругие деформации рабочего органа и др.). Во втором случае на точность измерений влияют погрешности реечной передачи (накопленная погрешность по шагу рейки, ее тепловые деформации, зазоры в зацеплении и др.).

Погрешность результатов измерения угла поворота или перемещения рабочего органа станка обуславливается погрешностью ИП, вызванной погрешностями его изготовления и установки на станке, погрешностями, которые появляются в процессе эксплуатации ИП и станка. Так, при эксплуатации линейных ИП может меняться величина зазора между его подвижными и неподвижными элементами.

Точность станков с ПУ повышается путем рациональной компоновки и конструирования основных базовых деталей и механизмов, применения в приводах подач высокомоментных электродвигателей постоянного тока, синхронных и асинхронных двигателей с водяным охлаждением, беззачерпных механизмов и устройств, имеющих высокий КПД, направляющих с малыми потерями на трение, стабилизации или компенсации отдельных погрешностей станка предвыскажением программы управления, введением корректирующей программы в память системы ПУ при применении дополнительных обратных связей.

Влияние температурных деформаций на точность станков с ПУ снижается путем их компенсации (предварительным нагревом до стабилизации теплового поля и температурных деформаций); уменьшением количества тепла, выделяющегося при работе станка; снижением чувствительности станка к изменению температуры нагрева деталей и узлов станка.

Количество тепла, выделяемое в станке, можно уменьшить двумя путями:

- выносом тепловыделяющих механизмов (насосных установок, приводных двигателей, масляных баков, гидроаппаратуры и др.) из станины или других базовых деталей станка;

- использованием конструкций с небольшим тепловыделением, что достигается применением шпиндельных подшипников с меньшим тепловыделением; использованием соответствующего смазочного материала; сокращением длины кинематических цепей. Зубчатые и клиноременные передачи рекомендуется размещать так, чтобы потоки воздуха уносили часть выделяемого тепла.

Уменьшение «чувствительности» станка к изменению его тепловых полей достигается изготовлением деталей станка из материалов с малым коэффициентом линейного расширения, теплоизоляцией источников тепла, созданием термосимметричной конструкции станка и его механизмов. Влияние температурных деформаций может быть уменьшено соответ-

ствующим взаимным расположением фиксирующих элементов, например упорных подшипников в шпинделе (в передней или задней опоре), места крепления шпиндельной бабки на станине и др.

Эффективным методом снижения температурных деформаций является охлаждение узлов станка, включая его активные элементы (подшипники шпинделя, муфты, тормоза, электродвигатели и др.) и пассивные элементы, переносящие тепло (масла и охлаждающие жидкости), путем создания естественного или искусственного потока воздуха, отвода тепла с помощью охлаждающих устройств и др.

При обработке заготовок деталей на станках с ПУ точность диаметральных размеров зависит от погрешности наладки инструмента вне станка, погрешностей изготовления прибора для наладки инструмента, оправок, конусного отверстия в шпинделе станка. Обычно применение инструмента, настроенного вне станка, обеспечивает получение диаметральных размеров по 8–9-му качеству. При более высоких требованиях к точности необходима подналадка инструмента на станке.

Погрешность формы в продольном сечении отверстия определяется отклонением от прямолинейности перемещений шпинделя или стола станка в осевом направлении, упругими и температурными деформациями технологической системы, размерным износом инструмента, уводом инструмента.

Погрешность формы отверстия в поперечном направлении определяется периодическими смещениями инструмента и заготовки в процессе обработки (за один оборот), обусловленными изменением параметров режима (в первую очередь глубины резания из-за неточности заготовки), параметров станка (кинематических погрешностей, неравномерной жесткости) и технологической оснастки (например, неодинаковой жесткости кулачков патрона).

Погрешности воспроизведения на детали контура, заданного программой управления, складываются из многих факторов как конструктивных, определяемых принципом действия устройства ПУ, приводов, конструкций элементов станка, так и технологических, обусловленных режущим инструментом, приспособлением, режимом обработки материалом детали и т.д.

К типовым конструктивным погрешностям обработки, свойственным станкам с ПУ, относят:

- скоростную погрешность следящего привода;

- погрешность, возникающую в связи с неравенством и непостоянством коэффициентов усиления приводов подач по разным координатам перемещения станка, а также с изменением их при изменении подачи; такие явления имеют место, например, при нелинейности (несимметричности, синусоидальности) статической характеристики фазового дискриминатора в рабочей зоне;

- погрешность вследствие зазоров в кинематических цепях станка, не охваченных обратной связью;

- погрешность в результате колебания приводов, которая приводит к ухудшению качества обработки в основном из-за появления неровностей на обрабатываемой поверхности, шаг которой зависит от скорости подачи, так как частота колебаний привода сохраняется примерно постоянной;

- погрешность вследствие периодической внутришаговой погрешности датчиков обратной связи, главным образом фазовых; эта погрешность выражается в появлении волны на обрабатываемой поверхности, шаг которой зависит от цены оборота фазы приводов и от угла наклона обрабатываемого контура детали к направлениям перемещений рабочих органов по координатам станка.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к точности обработки на станках с ПУ?
2. Как повышается точность станков с ПУ?
3. Как влияют температурные деформации на точность станков с ПУ?
4. Каковы типовые конструктивные погрешности обработки на станках с ПУ?

2.2. Методика определения погрешности линейного позиционирования станков с ПУ

Под погрешностью позиционирования $\Delta x_{\text{поз}}$ понимается отклонение действительного положения (например, x_i) рабочего органа станка от заданного x : $\Delta x_{\text{поз}} = x_i - x$. В ГОСТ 370–81Е принята следующая методика определения погрешности позиционирования. По каждой из осей, по которым проверяют погрешность $\Delta x_{\text{поз}}$, измерения проводят в j -х точках, расположенных произвольно с интервалами $L_j \approx 0,008l$, где l – длина измеряемого перемещения. В каждом направлении перемещения по оси отдельно осуществляют не менее пяти измерений

($i = 1, 2, 3, 4, 5$). Среднее отклонение от заданного положения рабочего органа в каждой точке j

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_{ij};$$

размах отклонений

$$R = \Delta x_{ij \max} - \Delta x_{ij \min}.$$

Средний размах определяют как среднее арифметическое значений в данной и соседней точках:

$$\bar{R}_j = \frac{1}{3}(R_{j-1} + R_j + R_{j+1}).$$

В крайних точках учитывают только одну точку, например

$$\bar{R}_1 = \frac{1}{2}(R_1 + R_2).$$

Затем вычисляют оценку среднего квадратического отклонения:

$$S_j = \frac{\bar{R}_j}{d_n},$$

где d_n – коэффициент, определяемый в зависимости от числа повторных подходов в заданное положение; при $n = 5$ имеем $1/d_n = 0,4299$; при $n = 10$ $1/d_n = 0,3249$.

Распределение принимают нормальным; тогда ширину поля рассеяния отклонений от заданного положения при повторном позиционировании в одном направлении с вероятностью 99,73% определяют как $\omega = 6S_j$.

Точность одностороннего повторного позиционирования (рис. 2.1)

$$R_{\max} = (6S_j)_{\max}.$$

Точность одностороннего позиционирования

$$M = (\Delta \bar{x}_j + 3S_j)_{\max} - (\Delta x_j - 3S_j)_{\min}.$$

Точность двустороннего позиционирования

$$M_{ar} = (\Delta \bar{x}_{ja} + 3S_{ja})_{\max} - (\Delta x_{jr} - 3S_{jr})_{\min},$$

где a, r – индексы направления позиционирования.

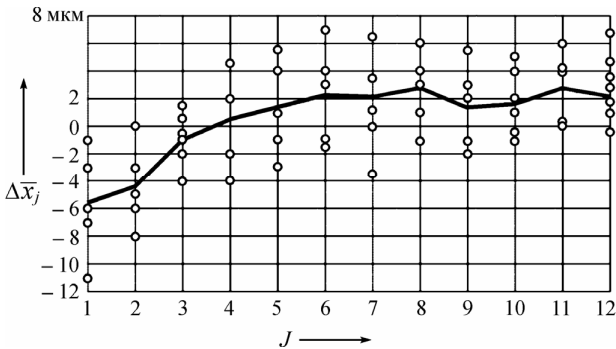


Рис. 2.1. График отклонений от заданного положения рабочего органа станка при определении точности линейного позиционирования

Значения M и M_{gr} определяют для тех случаев, когда зависимости $(\Delta\bar{x}_j + 3S_j)$; $(\Delta x_{ja} + 3S_{ja})$ и $(\Delta\bar{x}_j - 3S_j)$; $(\Delta x_{jr} - 3S_{jr})$ соответственно принимают наибольшие и наименьшие значения (с учетом знака указанных величин); значения j при этом, как правило, не совпадают.

Величина $\Delta x_{\text{поз}}$ зависит от погрешностей устройства ПУ, привода подач, измерительных преобразователей, геометрических погрешностей станка и т.п. Погрешность позиционирования обусловлена действием как систематических, так и случайных отклонений. В приводах подач токарных и фрезерных станков с ПУ с ходовым винтом и круговым датчиком обратной связи систематические отклонения обусловлены накопленной погрешностью винта, непараллельностью направляющих (систематические отклонения первого рода), внутришашковой погрешностью винта, погрешностью датчика обратной связи (систематические отклонения второго рода, повторяющиеся за каждый оборот винта). Для указанного привода систематические погрешности являются доминирующими (в 3–10 раз больше случайных).

Контрольные вопросы

1. Как определяются погрешности линейного позиционирования станков с программным управлением?
2. Чем обусловлена погрешность позиционирования?

2.3. Способы наладки станков с ПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы

Достижение заданной точности расположения обработанных на станке с ПУ поверхностей относительно баз заготовки даже с допустимым отклонением $\pm 0,05$ мм связано с необходимостью точной выверки положения установочных элементов приспособления или баз заготовки. С этой целью осуществляют наладку нулевого положения. Комплекс приемов наладки учитывает способ установки заготовки для обработки, вид используемого при наладке инструмента, конструктивные особенности станка. Ориентацию заготовки на столе станка или в приспособлении проводят по трем плоскостям; по плоскости и двум установочным пальцам (один из которых срезаемый); по цилиндрической поверхности и угловому упору.

Чаще всего наладку нулевого положения осуществляют по цилиндрической поверхности (пальцу или отверстию в плите, пальце) и по боковым поверхностям. При этом в зависимости от требуемой точности используют центр (рис. 2.2, а), оптическое устройство для установки по боковой поверхности, контрольную оправку (рис. 2.2, б), центроискатель (рис. 2.2, в).

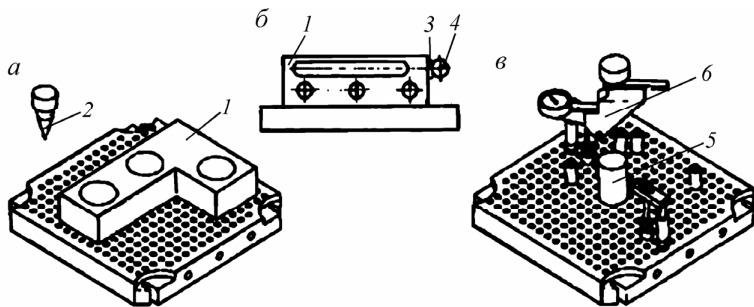


Рис. 2.2. Способы наладки нулевого положения:

а – по боковой поверхности с помощью центра; б – по боковой поверхности с помощью контрольной оправки; в – по пальцу с помощью центроискателя; 1 – заготовка; 2 – центр; 3 – мерная плитка; 4 – контрольная оправка; 5 – установочный палец; 6 – центроискатель

В комплекс приемов по наладке нулевого положения по боковым поверхностям входит: установка органов управления станком и УПУ в положение для осуществления наладки; установка центроискателя или контрольной оправки, оптического устройства в шпиндель станка; совмещение оси шпинделя с базой заготовки или приспособления, или определение

расстояния между боковой поверхностью и шпинделем, или контрольной оправкой с помощью мерных плиток; ввод фактического положения исполнительных органов станка; снятие контрольных приспособлений. Наладку нулевого положения по отверстию осуществляют в такой же последовательности, только в этом случае с необходимой точностью ось шпинделя совмещают с осью отверстия.

В качестве примера можно рассмотреть последовательность наладки вертикального обрабатывающего центра компании «Ледвелл».

Обычно инструменты, используемые при обработке, имеют различные геометрические параметры, т.е. их режущие кромки находятся в различных точках пространства. Операция, во время которой мы сообщаем станку, где именно находятся эти точки, называется привязкой инструмента.

Для привязки могут использоваться различные ручные и автоматические приспособления. В качестве примера рассмотрим датчик касания TS-27 и лазерный датчик NC-3 фирмы «Ренишев» (рис. 2.3 и 2.4).

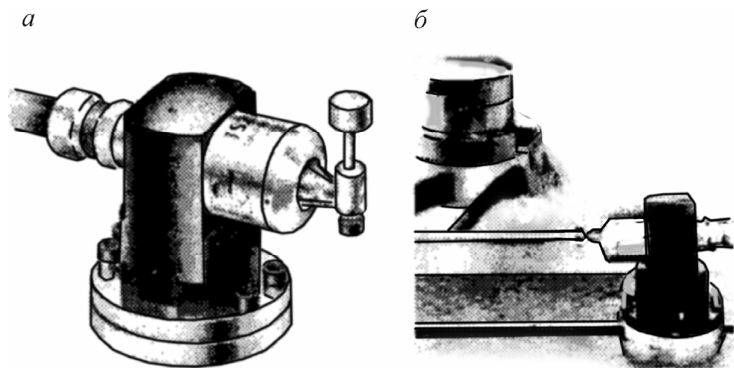


Рис. 2.3. Измерительный датчик TS-27:
а – общий вид; б – измерение диаметра торцевой фрезы

После установки любого датчика на столе станка следует его откалибровать. Это осуществляется для того, чтобы сообщить системе ПУ координаты центра датчика в плоскости XU и задать начальный нулевой уровень по оси Z .

Для калибровки датчика TS-27 (рис. 2.3) необходим инструмент и шлифованный валик с минимальным биением диаметром 10...20 мм. Инструмент подводится примерно к точке

на 10 мм выше датчика соосно с ним и запускается программа (обычно каждая система ПУ имеет встроенные программы по привязке и измерению инструмента с помощью датчика, поставляемого как опция к станку). Когда станок выполнит операцию, необходимо заменить инструмент на валик, подвести его в ту же точку и запустить программу дальше.

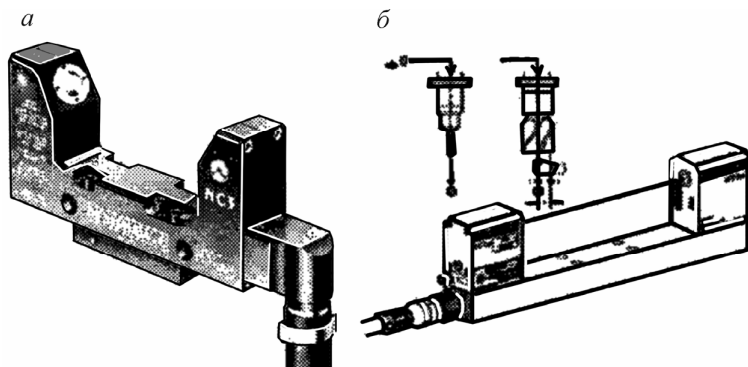


Рис. 2.4. Лазерный датчик NC-3:
а – общий вид; б – схема измерения

Для калибровки датчика NC-3 (рис. 2.4) необходим только шлифованный валик диаметром 30...50 мм. Его подводят к точке, которая находится приблизительно посередине датчика и на 10 мм выше лазерного луча, и запускают программу.

После калибровки датчика выполняют последовательно привязку всех инструментов, которая заключается в последовательном соприкосновении инструмента с измерительной системой датчика в процессе исполнения специальной программы.

После привязки инструмента обычно выполняется привязка к нулю детали. При написании программы обработки программист принимает за точку отсчета какую-то реальную или мнимую точку (центр симметрии и т.п.) детали. После установки заготовки на станок оператор сообщает станку, где находится эта нулевая точка, т.е. задает локальную систему координат. Это можно сделать, используя либо фрезу, либо специальные ручные и автоматические датчики.

Порядок привязки нуля детали следующий. С помощью вращающейся фрезы либо датчика (например, РМ-20 (рис. 2.5)) необходимо коснуться одной стороны детали (рис. 2.6). Далее поступает команда станку, что шпиндель находится в нулевой

точке на одной из осей (в зависимости от стороны детали), при этом при необходимости следует учесть диаметр датчика. Затем необходимо коснуться второй стороны детали и повторить действия. Процесс привязки нуля детали можно автоматизировать с помощью измерительной головки, устанавливаемой в шпиндель станка (рис. 2.7).

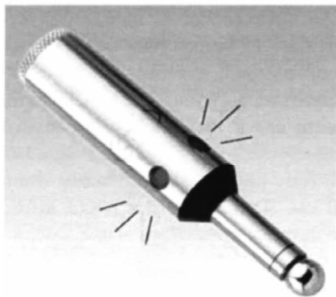


Рис. 2.5. Датчик касания РМ-20

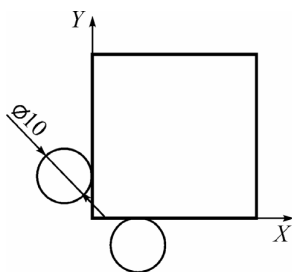


Рис. 2.6. Пример привязки нуля детали

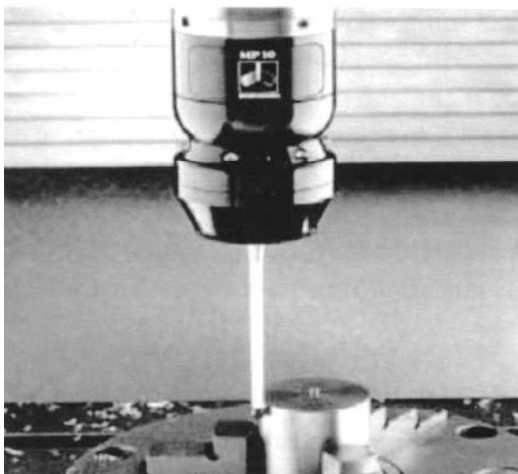


Рис. 2.7. Автоматическая измерительная головка

Обмен информацией между головкой и системой ПУ осуществляется по инфракрасному или радиоканалу в зависимости от модели. Подобные датчики можно использовать не только для установки начала системы координат, но и для измерения различных элементов детали (отверстие, бобышка, паз, выступ).

Контрольные вопросы

1. Как производится наладка нулевого положения по цилиндрической поверхности?
2. Какие приспособления используются для привязки?

2.4. Рекомендации по эксплуатации станков с ПУ

На основе обобщения опыта эксплуатации станков с ПУ установлено, что если при их внедрении штучное время обработки сокращается на 50% по сравнению с обработкой на станках с ручным управлением, то, несмотря на дополнительные затраты, обеспечивается общее сокращение расходов. Наибольший экономический эффект обеспечивает обработка заготовок деталей на станках с ПУ, изготовление которых на станках с ручным управлением связано с использованием дорогостоящей технологической оснастки (кондукторов, копиров, фасонных режущих инструментов и т.д.), большими затратами времени на наладку технологической системы по сравнению с оперативным временем.

На станках с ПУ целесообразно изготавливать детали сложной конфигурации, при обработке которых необходимо одновременное перемещение рабочих органов станка по нескольким осям координат (контурная обработка), детали с большим числом переходов обработки (эффект обеспечивается в том числе из-за уменьшения брака). На станках с ПУ достаточно легко и с меньшими затратами можно откорректировать программу управления, поэтому на этом оборудовании можно изготавливать детали, конструкция которых часто меняется. На этих станках могут работать операторы более низкой квалификации, чем на универсальных станках с ручным управлением.

Для станков с ПУ разработаны рекомендации по повышению эффективности их использования, учитывающие особенности конструкции станков и устройств ПУ. Наиболее общие рекомендации нижеследующие.

Целесообразно использовать многоместные приспособления, обеспечивающие обработку нескольких одинаковых или разных по конструкции деталей (особенно это важно при использовании ГПС, так как на приспособлении могут быть закреплены и изготовлены за один цикл комплекты деталей для одного изделия.

На станках с ПУ следует применять промежуточные плиты с точно обработанными отверстиями или пазами, что сокращает время наладки и переналадки оборудования на новую деталь, кроме того, это предохраняет от изнашивания рабочие поверхности стола и т.д.

Необходимо учитывать время позиционирования, смены инструмента, поворота стола, что позволит правильно назначать последовательность обработки отверстий (с учетом реальных затрат времени одним инструментом обрабатывают ряд отверстий одного диаметра или каждое отверстие обрабатывают полностью со сменой инструмента).

Рекомендуется, когда это возможно, вначале выполнять переходы, требующие наибольшей частоты вращения шпинделя (например, вначале целесообразно сверлить отверстие малого, а затем большого диаметра); следует избегать частых скачкообразных изменений частот вращения шпинделя.

Так как станки с ПУ имеют высокую стоимость, то следует, по возможности, использовать самые прогрессивные конструкции инструментов и назначать интенсивные режимы обработки. Целесообразно применять инструменты со сменными пластинами с покрытием (в том числе для сверления и развертывания), инструмент, оснащенный композитами. Комбинированный инструмент позволяет уменьшить затраты времени на смену, позиционирование стола и подобное, при этом уменьшается число инструментов, необходимое для обработки поверхностей детали, и нужное число гнезд в инструментальном магазине.

На станках с ПУ следует использовать инструмент высокой точности, небольшой длины, так как при этом можно добиться высоких режимов обработки (точность, стойкость и надежность инструмента). Весь инструмент необходимо настраивать вне станка.

На станке следует пользоваться устройством для контроля состояния режущей кромки. Состояние инструмента, используемого на финишных переходах, необходимо контролировать с целью оперативной его подналадки в процессе обработки, с этой же целью можно контролировать точность обработки детали.

В некоторых случаях целесообразно применять многошпиндельные приспособления и головки или столы, например на станке с горизонтальным шпинделем обрабатывать поверх-

ности, расположенные произвольным образом относительно основной базы детали.

Широкое применение современных высококачественных инструментов, разнообразных приспособлений, устройств контроля, диагностики, автоматической загрузки станков позволяет существенно повысить эффективность использования станков с ПУ.

Эффективность работы станков с ПУ может быть обеспечена при применении рациональной системы технического обслуживания. В течение месяца после сдачи в эксплуатацию станок с ПУ должен работать со средней нагрузкой и на средних частотах вращения и подачах. Примерно через 200 ч работы станков с ПУ следует остановить и произвести его осмотр и промывку, заполнить все резервуары, картеры и индивидуальные смазочные точки свежим смазочным материалом. С этого момента станки с ПУ обслуживаются по графику.

Станки с ПУ независимо от класса точности должны использоваться только для работ, ограниченных технологическим назначением станка, допустимыми нагрузками, размерами режущего инструмента. Заготовки, подлежащие чистовой обработке на станках с ПУ, не должны иметь ржавчины, окалины, пригаров формовочной земли. Базы заготовок, подлежащих обработке на прецизионных станках с ПУ (станки с ПУ классов П, В, А носят общее название прецизионных), должны быть предварительно обработаны с установленной шероховатостью.

Станки с ПУ высокого класса точности не следует использовать для обработки деталей, которые по точности, заданной чертежом, могут быть обработаны на станках более низкого класса точности. Предварительную обработку отверстий, подлежащих растачиванию на координатно-расточных станках с ПУ, следует проводить на сверлильных, фрезерных и расточных станках нормальной точности с оставлением необходимого припуска под последующую обработку. Детали, обрабатываемые непосредственно на столах координатно-расточных станков с ПУ, следует устанавливать на специальные мерные, закаленные, шлифованные и доведенные прокладки толщиной не менее 25 мм. Перед установкой заготовки на стол прокладки и базы заготовки должны быть проверены и тщательно протерты.

Для предупреждения преждевременного изнашивания направляющих или образования задиров на них, изнашивания

шпиндельных подшипников запрещается на станках с ПУ устанавливать заготовки, масса которых выше указанной в паспорте станка. Для обеспечения равномерного изнашивания столов рекомендуется небольшие заготовки закреплять на разных участках стола. На координатно-расточных станках с ПУ не следует обрабатывать заготовки, габариты которых превышают допустимые. Особенно нежелательна обработка заготовок на одностоечных станках, ширина которых превышает ширину стола, неравномерно расположенных (т.е. смещенных в одну сторону) на столе. Не допускается чрезмерно затягивать гайки крепления заготовки, размещать заготовки, детали и инструмент на столах и направляющих станков.

Не допускается работа на станках с ПУ изношенным инструментом и инструментом со сломанными режущими лезвиями. У инструментов, закрепляемых в револьверных головках станков, необходимо ежедневно проверять состояние поверхностей хвостовиков. Инструмент и принадлежности прецизионных станков с ПУ следует использовать только на том станке, для которого они были изготовлены.

Сохранение первоначальной точности станков с ПУ требует их периодического регулирования. Профилактическое регулирование выполняется по данным ежедневных и периодических осмотров и проверок геометрической и кинематической точности станков с ПУ в работе. Конструктивные решения, обеспечивающие сохранение точности, различны. Обычно в конструкции предусмотрены следующие регулировки, определяющие точность станков: восстановление прямолинейности перемещений столов, кареток, суппортов, салазок, траверс и шпиндельных бабок; устранение зазоров в салазках и столах; компенсация зазоров в цепях, связывающих движение шпинделя с перемещениями стола; устранение осевого и радиального биений шпинделей; устранение зазоров в винтовых парах и т.д.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные рекомендации для рационального использования станков с ПУ?
2. Какие мероприятия обеспечивают эффективность работы станков с ПУ?
3. Как можно обеспечить эффективность работы станков с ПУ?
4. В чем сущность использования станков с ПУ высокого класса точности?

Основы программного управления

3.1. Системы программного управления

При изготовлении деталей со сложными пространственными профилями в единичном и мелкосерийном производствах использование станков с ПУ является почти единственным технически оправданным решением. Это оборудование целесообразно применять и в случае, если невозможно быстро изготовить оснастку. В серийном производстве также целесообразно использовать станки с ПУ. В последнее время широко используют автономные станки с ПУ или системы из таких станков в условиях переналаживаемого крупносерийного производства.

Под *управлением станков* принято понимать совокупность воздействий на его механизмы, обеспечивающие выполнение технологического цикла обработки, а под *системой управления* – устройство или совокупность устройств, реализующих эти воздействия.

Программное управление (ПУ) – это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ПУ является дискретной, и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств.

Система программного управления (СПУ) – это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления ПУ станками. *Устройство программного управления (УПУ)* станками – это часть СПУ, выполненная как единое целое с ней и осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.

В международной практике приняты следующие обозначения: NC – ПУ, HNC – разновидность устройства *произвольного управления* с заданием программы оператором с пульта с помощью клавиш, переключателей и подобного, SNC – устройство ПУ, имеющее память для хранения всей управляющей программы во внутренней памяти, CNC – управление

автономным станком с ПУ, содержащее мини-ЭВМ или процессор, DNC – управление группой станков от общей ЭВМ.

Системы ПУ практически вытесняют другие типы систем управления.

По технологическому назначению и функциональным возможностям системы ПУ подразделяются на четыре группы:

- позиционные, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла;
- контурные (или непрерывные), управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;
- универсальные (комбинированные), в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок;
- многоконтурные, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка.

Примером применения систем ПУ первой группы являются сверлильные, расточные и координатно-расточные станки. Примером второй группы служат системы ПУ различных токарных, фрезерных и круглошлифовальных станков. К третьей группе относятся системы ПУ различных многоцелевых токарных и сверильно-фрезерно-расточных станков. К четвертой группе относятся бесцентровые круглошлифовальные станки, в которых системы ПУ управляют различными механизмами: правки, подачи бабок и т.д. Существуют позиционные, контурные, комбинированные и многоконтурные циклы управления.

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав ПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).

Программируемые контроллеры – это устройства управления электроавтоматикой станка. Большинство программируемых контроллеров имеют модульную конструкцию, в состав которой входят источник питания, процессорный блок и программируемая память, а также различные модули входов / выходов. Для создания и отладки программ работы станка применяют программирующие аппараты. Принцип работы контроллера: опрашиваются необходимые входы / выходы и полученные данные анализируются в процентном блоке. При этом решаются логические задачи, и результат вычисления передается на соответствующий логический или физический выход для подачи в соответствующий механизм станка.

В программируемых контроллерах используют различные типы памяти, в которых хранится программа электроавтоматики станка: электрическую перепрограммируемую энергозависимую память; оперативную память со свободным доступом; стираемую ультрафиолетовым излучением электрически перепрограммируемую.

Программируемый контроллер имеет систему диагностики: входов / выходов, ошибки в работе процессора, памяти, батареи, связи и других элементов. Для упрощения поиска неисправностей современные интеллектуальные модули имеют самодиагностику.

Программонеситель может содержать как геометрическую, так и технологическую информацию. Технологическая информация обеспечивает определенный цикл работы станка, а геометрическая характеризует форму, размеры элементов обрабатываемой заготовки и инструмента и их взаимное положение в пространстве.

Для станков с ПУ стандартизованы направления перемещений и их символика. Стандартом ISO-R841 принято за положительное направление перемещения элемента станка считать то, при котором инструмент или заготовка отходят один от другого. Координатами обозначают положение оси вращения шпинделя станка или заготовки, а также прямолинейные либо круговые движения подачи инструмента или заготовки. При этом обозначение осей координат и направление движений в станках устанавливается так, чтобы программирование операций обработки не зависело от того, что перемещается инструмент либо заготовка. За основу принимается перемещение инструмента относительно системы координат неподвижной заготовки.

Контрольные вопросы

1. Что такое программное управление станками?
2. Как подразделяются системы ПУ по технологическому назначению и функциональным возможностям?

3.2. Система координат станков с ПУ

Работа станков с ПУ тесно связана с системой координат. Оси координат располагают параллельно направляющим станка.

Обозначение осей координат и направление движений устанавливает ГОСТ 23597–79 таким образом, чтобы программирование обработки не зависело от того, что перемещается инструмент или заготовка. За основу принимается перемещение инструмента относительно системы координат неподвижной заготовки.

Стандартная система координат – правая прямоугольная система координат. В этой системе оси X , Y , Z показывают положительные перемещения инструментов относительно подвижных частей станка (рис. 3.1).

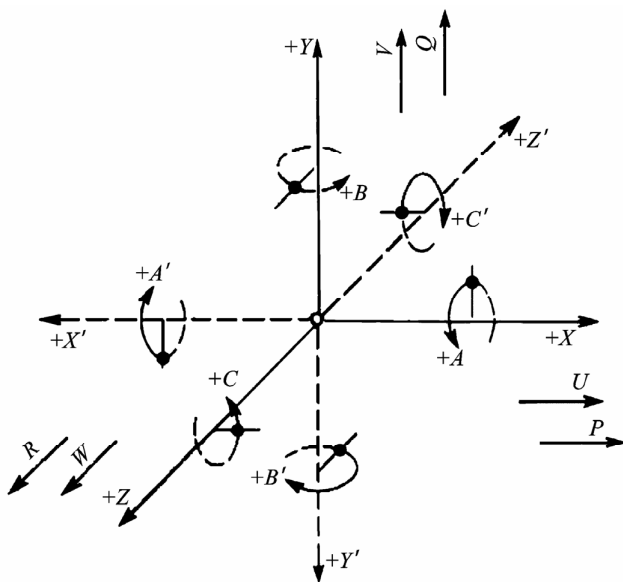


Рис. 3.1. Стандартная система координат

Положительные направления движения заготовки относительно неподвижных частей станка указывают оси X' , Y' , Z' , направленные противоположно осям X , Y , Z .

Положительными всегда являются такие движения, при которых инструмент и заготовка удаляются друг от друга.

Для обозначения направления перемещений двух рабочих органов вдоль одной оси используют вторичные оси:

U параллельно оси X ;

V параллельно оси Y ;

W параллельно оси Z .

При трех перемещениях в одном направлении применяют третичные оси:

P параллельно оси X ;

Q параллельно оси Y ;

R параллельно оси Z .

Круговые перемещения инструмента (например, угловое смещение оси шпинделя фрезерного станка) обозначают буквами:

A параллельно оси X ;

B параллельно оси Y ;

C параллельно оси Z .

Круговые перемещения заготовки (например, поворот стола) обозначают буквами:

A' вокруг оси X' ;

B' вокруг оси Y' ;

C' вокруг оси Z' .

У станков различных типов и моделей системы координат размещают по-разному.

Ориентация осей стандартной системы координат станка связывается с направлением движения при сверлении на сверлильных, расточных, фрезерных и токарных станках. Направление вывода сверла из заготовки принято в качестве положительного для оси Z . Ось Z всегда связывается с вращающимся элементом станка – шпинделем.

Ось X перпендикулярна к оси Z и параллельна плоскости установки заготовки. Если такому определению соответствуют две оси, то за ось X принимают ту, вдоль которой возможно большее перемещение узла станка. При известных осях X и Z ось Y определяется из условия расположения осей в правой прямоугольной системе координат.

В стандартной системе положительные направления осей координат определяются по правилу правой руки (рис. 3.2, *a*). Большой палец показывает положительное направления оси X , указательный – оси Y , средней – оси Z .

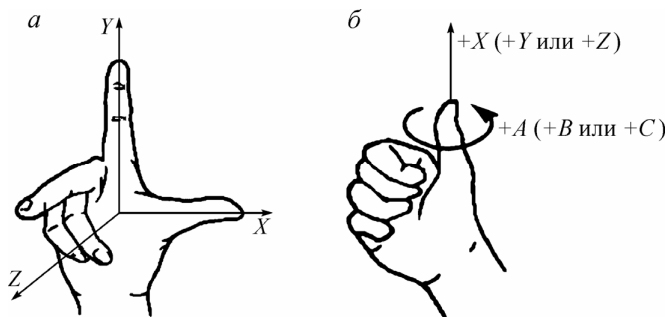


Рис. 3.2. Правило правой руки

Положительные направления вращений вокруг этих осей определяется другим правилом правой руки (рис. 3.2, б): если расположить большой палец по положительному направлению оси, то остальные согнутые пальцы укажут положительные направления вращения.

Начало стандартной системы координат станка СКС (рис. 3.3) обычно совмещают с базовой точкой узла, несущего заготовку. Причем узел должен находиться в таком положении, при котором все перемещения рабочих органов станка могли бы описываться положительными координатами. Точка, принятая за начало отсчета системы координат станка, называется нулевой точкой станка или нулем станка.

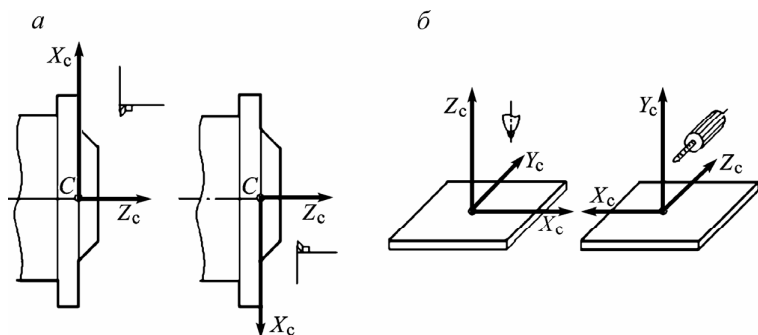


Рис. 3.3. Направление осей системы координат станков

Обычно в нулевую точку станка рабочие органы можно переместить путем нажатия кнопок на пульте управления станком или соответствующими командами управления программы. Точный останов рабочих органов в нулевом положении

нии по каждой из координат обеспечивается датчиками нулевого положения.

Базовые точки:

– для шпиндельного узла (рис. 3.3, *a*) – точка пересечения торца шпинделя с осью его вращения;

– для суппорта токарно-револьверного станка (рис. 3.3, *a*) – центр поворота резцедержателя в плоскости параллельно направляющим суппорта, проходящий через ось вращения шпинделя, или точка базирования инструментального блока;

– для крестового стола (рис. 3.3, *б*) – точка пересечения его диагоналей или специально настроенная точка, определяемая конструкцией приспособления;

– для поворотного стола – центр поворота на зеркале стола.

Базовой точкой может быть точное базовое отверстие в центре стола станка.

В паспортах станков с ПУ указаны:

- координаты, которые закреплены за конкретным рабочим органом;

- направления осей;

- начало отсчета по каждой из осей;

- пределы возможных перемещений.

При подготовке управляющей программы всегда исходят из того, что инструмент движется относительно неподвижной заготовки, т.е. при программировании принимают стандартную правую прямоугольную систему координат, в которой определены положения и размеры обрабатываемой детали, относительно которой перемещается инструмент. Принятое допущение корректируется системой устройства ПУ.

При разработке управляющей программы программист использует систему координат детали (СКД). При выборе СКД принимается направление осей таким же, как направление осей в СКС. Координатные плоскости СКД целесообразно совмещать или располагать параллельно базам детали. Координатные оси следует совмещать с возможно большим числом размерных линий или осей симметрии.

Аналогичные проблемы в процессе эксплуатации оборудования возникают при смене инструмента вследствие износа. Поэтому на станках с ПУ наряду с СКС и СКД существует система координат инструмента (СКИ).

Система координат инструмента предназначена для задания положения его режущего лезвия. Оси СКИ параллельны и направлены в ту же сторону, что и оси СКС. Инструмент рассматривают в сборе с державкой и вспомогательным инструментом. Указывают положение формообразующих элементов режущих кромок. У вращающегося инструмента указывают координаты точки пересечения с осью вращения. Связь систем координат при обработке детали на сверлильно-фрезерно-расточном станке представлена на рис. 3.3.

Использование конкретного вида оборудования с ПУ зависит от сложности изготавливаемой детали и серийности производства. Чем меньше серийность производства, тем большую технологическую гибкость должен иметь станок.

Примеры обозначения направлений движения в станках с ПУ приведены на рис. 3.4–3.7.

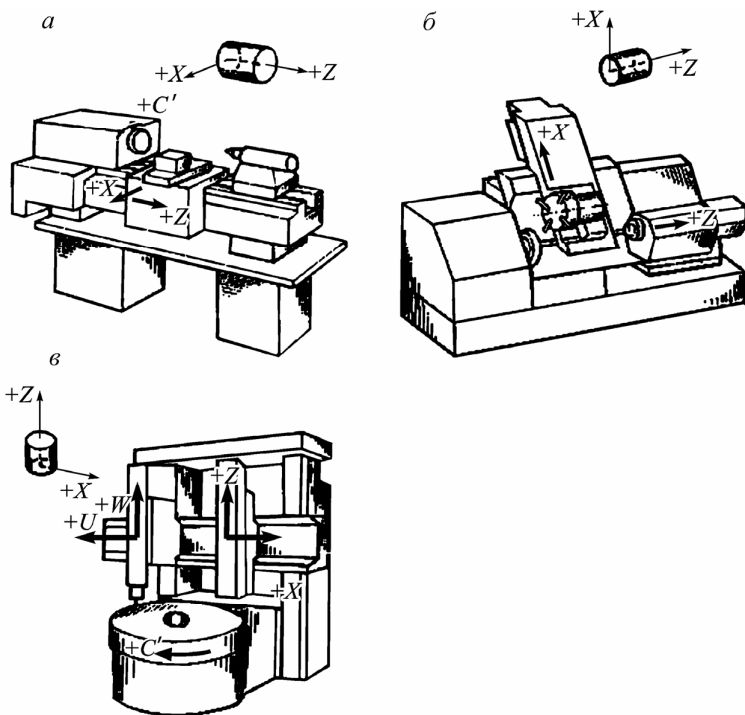


Рис. 3.4. Движения в токарных (а, б) и токарно-карусельных (в) станках с ПУ

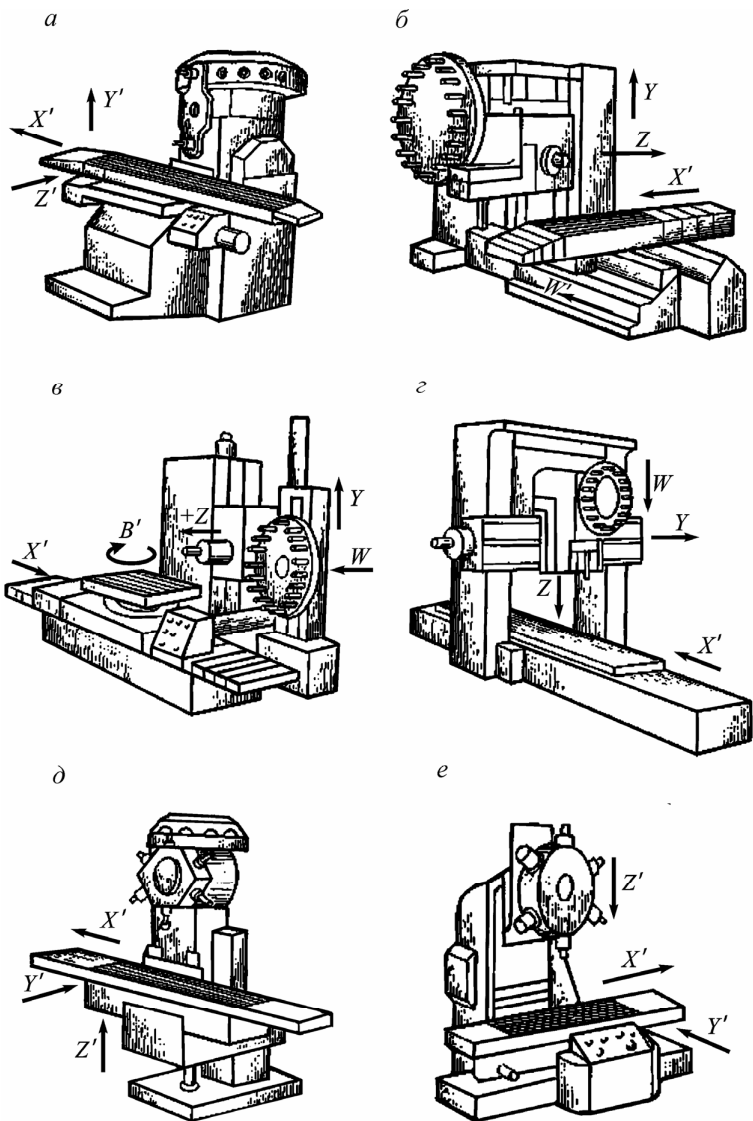


Рис. 3.5. Компонетки и движения многооперационных станков:
 а, б, в – с горизонтальным шпинделем; г, д, е – с вертикальным шпинделем

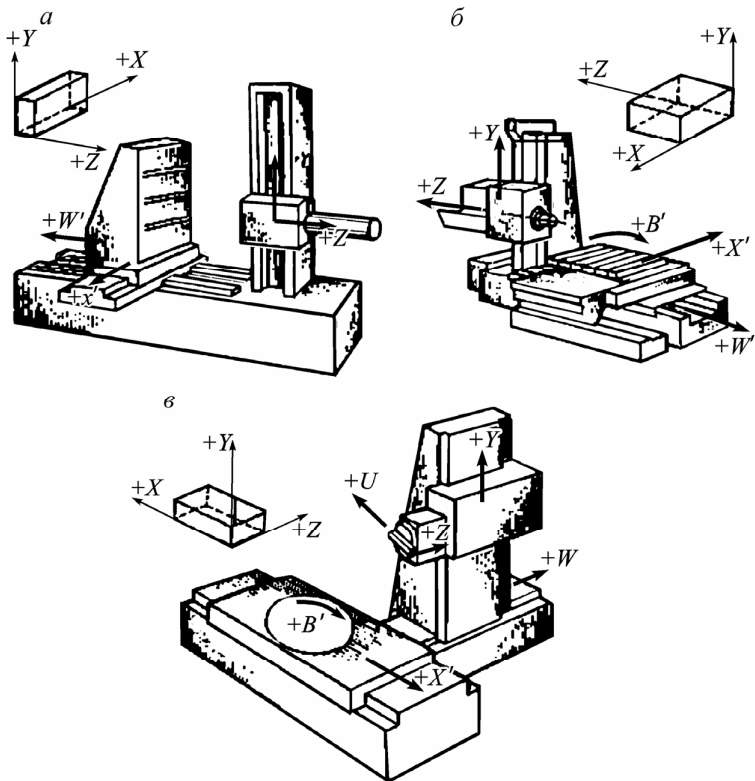


Рис. 3.6. Движения в горизонтально-расточных станках с ПУ:

a – с подвижной передней стойкой и крестовым столом; *б* – с неподвижной стойкой и крестовым поворотным столом; *в* – с продольно-подвижной передней стойкой и поперечно-подвижным поворотным столом

Принципиальная особенность станка с ПУ – это работа по управляющей программе (УП), на которой записаны цикл работы оборудования для обработки конкретной детали и технологические режимы. При изменении обрабатываемой на станке детали необходимо просто сменить программу, что сокращает на 80–90% трудоемкость переналадки по сравнению с трудоемкостью этой операции на станках с ручным управлением.

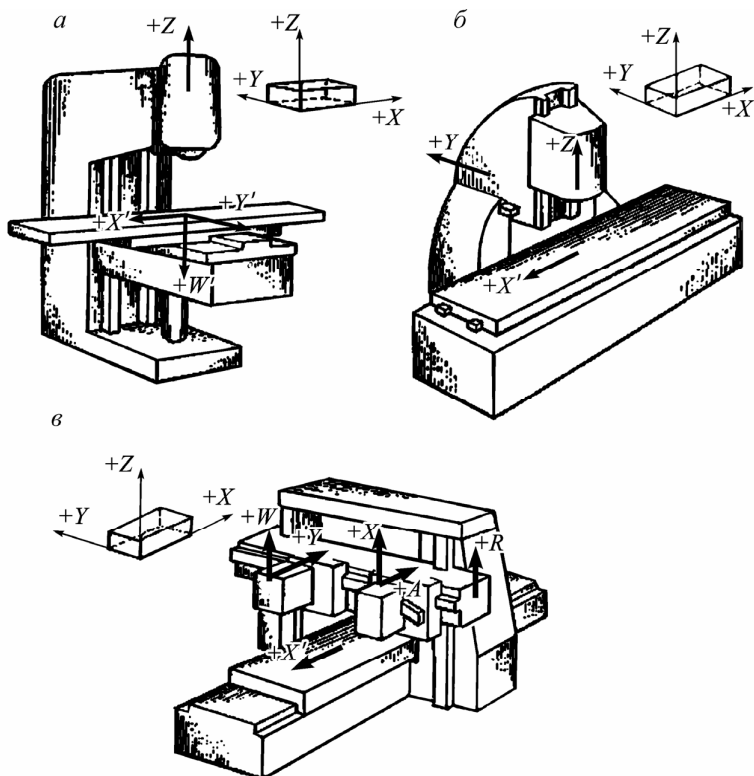


Рис. 3.7. Движения фрезерных станков с ПУ:
 а – вертикально-консольно-фрезерного; б – вертикально-продольно-фрезерного; в – двухстоечного продольно-фрезерного

Контрольные вопросы

1. Как располагаются оси координат в станках с ПУ?
2. Что необходимо учитывать при выборе нуля детали в станках с ПУ?
3. Каково назначение системы координат инструмента в станках с ПУ?

3.3. Система координат детали

Система координат детали – это система, в которой определены все размеры данной детали и даны координаты всех опорных точек контура детали.

Системы координат детали и программы (рис. 3.8) обычно совмещены и представляются единой системой, в которой

производится программирование и выполняется обработка детали. Система координат назначается технологом-программистом в соответствии с координатной системой станка.

Система координат детали выбирается с таким расчетом, чтобы выполнялись следующие условия: координатные плоскости XOY , XOZ , YOZ должны совмещаться или быть параллельны технологическим базовым поверхностям либо проходить через оси базовых цилиндрических поверхностей или быть перпендикулярны к ним.

Нуль детали (точка на детали, относительно которой заданы ее размеры) рекомендуется выбирать таким образом, чтобы не возникало трудностей при расчете координат. Например, для сверлильных, сверлильно-расточных станков нуль детали можно совместить с осью одного из отверстий или выбрать в левом нижнем углу детали. По оси Z нулевую точку рекомендуют совмещать с верхней плоскостью детали.

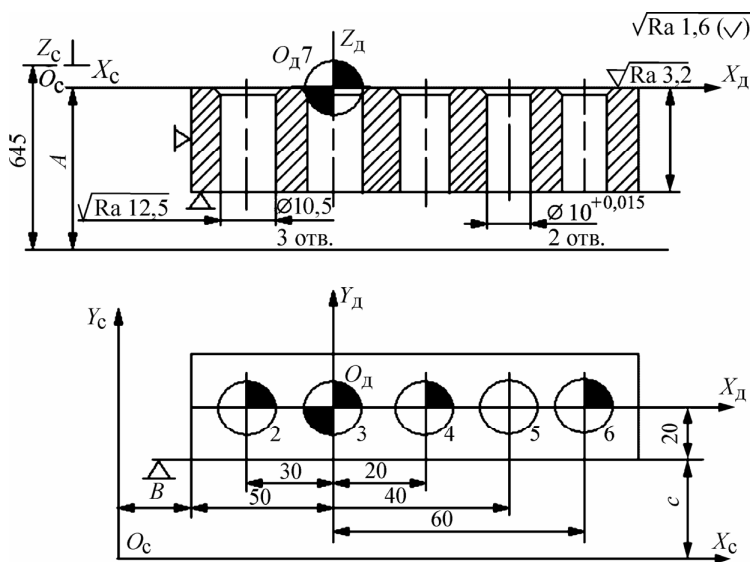


Рис. 3.8. Система координат деталей, обрабатываемых на многоцелевом станке

В системе координат детали (рис. 3.9) следует показать исходную точку – точку начала обработки. Она является первой точкой для обработки детали по программе. Часто исходную точку называют нулем программы. Положение исходной точки

ки выбирается перед составлением программы исходя из удобства отсчета размеров, размещения инструмента и заготовок. При этом следует стремиться к уменьшению величины холостых ходов.

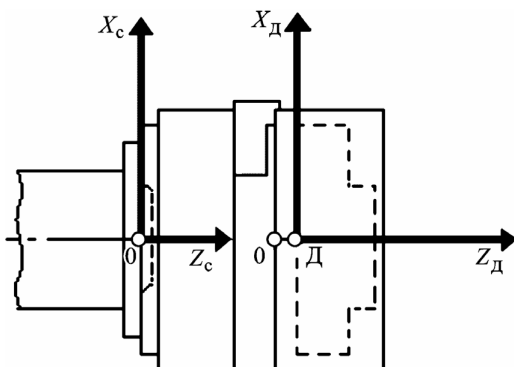


Рис. 3.9. Система координат детали при обработке на токарном станке

Плавающий ноль – свойство СПУ (УПУ) помещать начало отсчета перемещения рабочего органа в любое положение относительно нулевой точки станка.

Контрольные вопросы

1. Как располагаются оси координат в системе координат детали?
2. Что необходимо учитывать при выборе нуля детали в системе координат детали?
3. Каково назначение системы координат инструмента в системе координат детали?

3.4. Система координат инструмента

Система координат инструмента (рис. 3.10) предназначена для задания положения его настроечной точки относительно торца шпинделя или центра поворота инструментальной головки.

Оси системы координат инструмента параллельны соответствующим осям стандартной системы координат и направлены в ту же сторону. Начало системы координат инструментального блока выбирается с учетом особенностей его установки на станке.

Режущая часть инструмента показана на рис. 3.11, *а* – для резца, на рис. 3.11, *б* – для сверла. Она характеризуется положением его вершины и режущих кромок. Вершина инструмента задается радиусом закругления и координатами X и Z его настроечной точки. Положение настроечной точки относительно начала системы координат инструмента обеспечивается наладкой инструментального блока вне станка на специальном приспособлении.

Настроечная точка инструмента обычно используется в качестве расчетной при вычислении траектории инструмента.

Кроме нулевой точки, в ГОСТ 20523–80 даны определения следующих точек. Исходная точка станка определяется относительно его нулевой точки и используется для начала работы по управляющей программе. Фиксированная точка станка определяется относительно нулевой точки станка и используется для нахождения положения рабочего органа станка (как правило, фиксированная точка совпадает с нулем станка).

Если ограничиться только одной СКС при написании программ, то возникают проблемы при ее эксплуатации: смена приспособления станка в процессе производства приводит к изменению пространственного положения детали относительно нуля станка (вследствие неизбежного изменения линейных размеров приспособления и различного физического положения нуля станка различных производителей), что вызывает необходимость в пересчете всей геометрической информации, содержащейся в программе. Поэтому для решения вышеуказанных проблем вводится система координат детали (СКД).

Система координат детали служит для задания координат опорных точек обрабатываемых поверхностей (контура, профиля и т.д.). Опорными называют точки начала, конца, пересечения или касания геометрических элементов, из которых образованы контур детали и траектория движения инструмента на переходах обработки. Применяют правую прямоугольную, цилиндрическую и сферические системы координат.

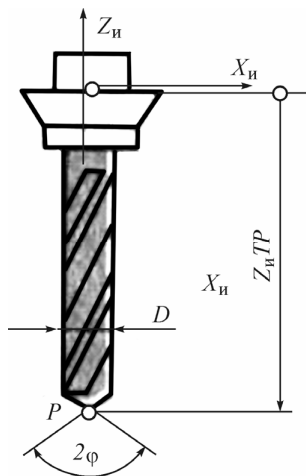


Рис. 3.10. Система координат детали, обрабатываемой на многоцелевом станке

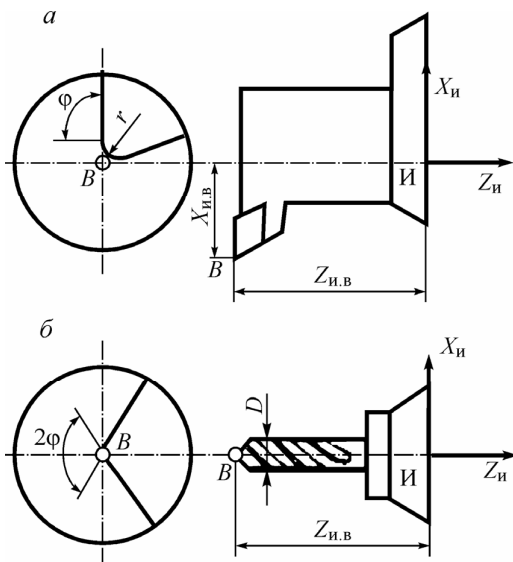


Рис. 3.11. Схема координат инструмента при обработке на токарном станке

Вместо трехобъемных систем координат в частных случаях используют прямоугольные и полярные двухкоординатные системы. Точку на детали, относительно которой заданы ее размеры, называют нулевой точкой детали (нулем детали). Нуль детали выбирается программистом произвольно – может быть любая точка как на детали, так и вне ее. Однако при выборе нуля детали следует учитывать следующие моменты:

- нуль должен по возможности совпадать с конструкторской базой (упрощается программирование, так как исключается необходимость в пересчете размерных цепей);

- нуль должен находиться на физической поверхности детали (не заготовки), которой можно было бы удобно коснуться инструментом (сокращается время на наладку станка – упрощается привязка СКД к СКС).

С учетом данных требований обычно на токарных станках в качестве нуля детали выбирают точку пересечения правого торца с осью вращения.

При разработке управляющей программы программист использует систему координат детали. При выборе СКД принимается направление осей таким же, как направление осей в СКС; координатные плоскости СКД целесообразно совмещать или располагать параллельно базам детали; координатные оси

следует совмещать с возможно большим числом размерных линий или осей симметрии.

Аналогичные проблемы в процессе эксплуатации оборудования возникают при смене инструмента вследствие износа. Поэтому на станках с ПУ наряду с СКС и СКД существует система координат инструмента (СКИ).

Система координат инструмента предназначена для задания положения его режущего лезвия. Оси СКИ параллельны и направлены в ту же сторону, что и оси СКС. Инструмент рассматривают в сборе с державкой и вспомогательным инструментом. Указывают положение формообразующих элементов режущих кромок. У вращающегося инструмента указывают координаты точки пересечения с осью вращения. Связь систем координат при обработке детали на сверлильно-фрезерно-расточном станке представлена на рис. 3.12.

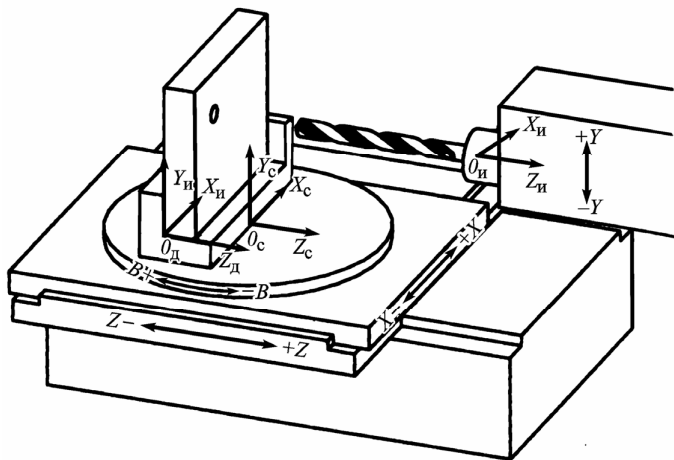


Рис. 3.12. Схема связи систем координат детали и инструмента сверлильно-фрезерно-расточного станка с ПУ

Использование конкретного вида оборудования с ПУ зависит от сложности изготавливаемой детали и серийности производства. Чем меньше серийность производства, тем большую технологическую гибкость должен иметь станок.

Контрольные вопросы

1. Как располагаются оси координат в станках в системе координат инструмента?
2. Что необходимо учитывать при выборе нуля детали в системе координат инструмента?

3.5. Методы программирования систем ПУ

Существуют три основных способа разработки управляющих программ: ручное программирование, программирование на стойке ПУ и программирование с помощью САМ-систем.

Ручное программирование. Данный способ программирования является весьма утомительным занятием. Однако все программисты-технологи обязаны иметь хорошее понимание техники ручного программирования независимо от того, действительно ли они ее используют. Если на предприятии используется несколько станков с ПУ, а изготавливаемые детали предельно просты или если станки используются для выполнения ограниченной номенклатуры изделий, то грамотный технолог-программист с великолепной техникой ручного программирования будет способен превзойти по производительности труда мощного программиста-технолога, использующего САМ-систему.

Как только обработка таких изделий запрограммирована, она вряд ли будет изменена когда-либо в будущем. В этом случае ручное программирование для ПУ наиболее экономически эффективно. Наконец, даже в случае применения САМ-системы нередко возникает потребность коррекции кадров УП вследствие обнаружения ошибок на этапе верификации. Также общепринятой является коррекция кадров УП после ряда первых пробных прогонов на станке с ПУ. Если для выполнения этих, часто элементарных, корректировок программист должен опять использовать САМ-систему, то это неоправданно удлинит процесс подготовки производства.

Программирование на стойке системы ПУ. Этот метод программирования стал весьма популярен в последние годы. Программы создаются и вводятся непосредственно на стойке системы ПУ, при этом используется клавиатура, дисплей, а также система графических пиктограмм и меню. Программист может немедленно верифицировать кадры УП путем графической имитации обработки на экране стойки. Системы диалогового-графического проектирования существенно различаются между собой. В большинстве случаев любая из них явля-

ется одноцелевой системой, предназначенной для автоматизации программирования определенного типа обработки на определенном оборудовании. Мало того, некоторые модели рассчитаны только на ручной ввод управляющей программы и тем самым не могут обеспечить технологию удаленного программирования с помощью САМ-системы. Однако более современные модели работают как в диалоговом режиме, так и имеют устройства для ввода G-кодов, сгенерированных другими САМ-системами.

В общем случае существуют предприятия, использующие ограниченное число наемных рабочих и выпускающие широкий ассортимент деталей. В таких фирмах один работник может выполнять разнообразные задачи, связанные с обслуживанием станков с ПУ. Например, на многих малых заводах оператор станка с ПУ занимается установкой заготовки, ее креплением, вводом УП, проверкой и оптимизацией УП, наконец, он фактически следит за обработкой. В этом случае метод программирования «у стойки с ПУ» весьма оправдан и более эффективен, чем оплата услуг некоего «удаленного» программиста-технолога.

Человек, выполняющий диалоговое проектирование УП, должен иметь более высокую оплату труда и мотивацию, ведь этот сотрудник вносит существенный вклад в успех предприятия. Имея такие стимулы, сотрудник может превзойти «обычного» программиста-технолога, неспешно разрабатывающего УП вдалеке от цеха.

Программирование с помощью САМ-систем. САМ-системы позволяют поднять программирование для станков с ПУ на более высокий уровень по сравнению с рутинным ручным программированием. Обобщая, можно утверждать, что САМ-системы облегчают труд технолога-программиста в трех главных направлениях. Во-первых, САМ-системы избавляют технолога-программиста от необходимости проводить математические вычисления вручную, во-вторых, позволяют создавать на одном базовом языке управляющие программы для различного оборудования с ПУ и, наконец, обеспечивают технолога типовыми функциями, автоматизирующими ту или иную обработку.

Для использования САМ-системы технолог-программист использует персональный компьютер или рабочую станцию. Компьютерная программа автоматически генерирует управ-

ляющую программу (G-код). Затем управляющая программа передается тем или иным способом в память стойки станка с ПУ. Оптимальная область применения таких систем — крупные предприятия, а также предприятия, выпускающие значительную номенклатуру постоянно изменяющихся деталей.

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете основные способы разработки управляющих программ?
2. В чем сущность программирования на стойке системы ПУ?
3. В чем преимущество программирования с помощью CAM-систем?

3.6. Кодирование и запись управляющих программ

Порядок составления УП начинается с изучения языка программирования, который регламентируется ГОСТ 20999–83 и имеет общее название ISO 7bit. Программа, написанная на данном языке, будет «понятна» любой системе ПУ независимо от производителя.

Структура управляющей программы. Работа системы управления станком осуществляется по управляющей программе (УП).

Управляющая программа (УП) – совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка для обработки конкретной заготовки.

Каждая управляющая программа должна начинаться символом «Начало программы» (%), после которого должен стоять символ «Конец кадра» (ПС или LF), а затем кадр с соответствующим номером. Для современных систем ПУ это требование необязательно.

Каждый кадр представляет собой последовательность слов (адресов). Первым словом любого кадра является номер кадра (N).

Каждое слово в кадре управляющей программы должно состоять из символа адреса (латинская прописная буква по табл. 3.1 и 3.2); математического знака «плюс» или «минус» (при необходимости); последовательности цифр.

Слова в управляющей программе должны быть записаны одним из двух способов:

- без использования десятичного знака (подразумеваемое положение десятичной запятой);
- с использованием десятичного знака (явное положение десятичной запятой).

Подразумеваемое положение десятичной запятой определено в характеристиках формата конкретного УПУ.

При записи слов с использованием десятичного знака могут быть опущены незначащие нули, стоящие до и (или) после знака.

Например: X.03 означает размер 0,03 мм по оси X; X 1030. означает размер 1030,0 мм по оси X.

Таблица 3.1

Значения символов адресов

Символ	Значение
A	Угол поворота вокруг оси X
B	Угол поворота вокруг оси Y
C	Угол поворота вокруг оси Z
D	Вторая функция инструмента
E	Вторая функция подачи
F	Первая функция подачи
G	Подготовительная функция
H	Не определен
I	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси X
J	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Y
K	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Z
L	Не определен
M	Вспомогательная функция
N	Помер кадра
O	Не определен
P	Третичная длина перемещения, параллельного оси X
Q	Третичная длина перемещения, параллельного оси Y
R	Перемещение на быстром ходу по оси Z или третичная длина перемещения, параллельного оси Z
S	Функция главного движения
T	Первая функция инструмента
U	Вторичная длина перемещения, параллельного оси X
V	Вторичная длина перемещения, параллельного оси Y
W	Вторичная длина перемещения, параллельного оси Z
X	Первичная длина перемещения, параллельного оси X
Y	Первичная длина перемещения, параллельного оси Y
Z	Первичная длина перемещения, параллельного оси Z

При записи слов с подразумеваемой десятичной запятой с целью сокращения количества информации рекомендуется опускать нули, стоящие перед первой значащей цифрой (ведущие нули).

Допускается опускать последние нули (ведущие нули в этом случае опускать нельзя). При опускании как ведущих, так и последних нулей положение подразумеваемой десятичной запятой остается неизменным согласно характеристикам формата конкретного ПУ.

Значения управляющих символов и знаков

Символ	Наименование	Значение
ГТ	Табуляция	Символ, управляющий перемещением действующей позиции печати в следующую, заранее определенную знаковую позицию на той же строке. Предназначен для управления устройствами печати при распечатке управляющей программы. УПУ не воспринимается
ПС	Конец кадра	Символ, обозначающий конец кадра управляющей программы
%	Начало программы	Знак, обозначающий начало управляющей программы (используется также для остановки носителя данных при обратной перемотке)
(Скобка левая	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация не должна обрабатываться на станке
)	Скобка правая	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация должна обрабатываться на станке
+	Плюс	Математический знак
-	Минус	Математический знак
.	Точка	Десятичный знак
/	Пропуск кадра	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация до первого символа «Конец кадра» может обрабатываться или не обрабатываться на станке (в зависимости от положения органа управления на пульте управления УПУ). Когда этот знак стоит перед символами «Номер кадра» и «Главный кадр», он действует на целый кадр управляющей программы
:	Главный кадр	Знак, обозначающий главный кадр управляющей программы

Управляющую программу рекомендуется составлять таким образом, чтобы в кадре записывалась только та геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая меняется по отношению к предыдущему кадру.

Любая группа символов, не подлежащая обработке на станке, должна быть заключена в круглые скобки. Внутри скобок не должны применяться символы «Начало программы», «Главный кадр» и «Пропуск кадра».

Например, группа символов, заключенная в скобки, может быть выведена на дисплей и служить в качестве указаний оператору:

N020 T1 M6 (проверить в позиции № 1 сверло Ø 20 мм).

Управляющая программа должна заканчиваться символом «Конец программы» (M02) или «Конец информации» (M30).

Информация, помещенная после символа «Конец информации», не воспринимается УПУ.

Структура кадров. Информационные слова в кадре рекомендуются записывать в следующей последовательности: слово (или слова) «Подготовительная функция»; слова «Размерные перемещения», которые рекомендуется записывать в последовательности символов X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C; слова «Параметр интерполяции или шаг резьбы» I, J, K; слово (или слова) «Функция подачи», которое относится только к определенной оси и должно следовать непосредственно за словами «Размерное перемещение» по этой оси; слова «Функция подачи», относящиеся к двум и более осям, должны следовать за последними словами «Размерное перемещение», к которым они относятся; слова «Функция главного движения»; слово (или слова) «Функция инструмента»; слова (или слова) «Вспомогательная функция».

В пределах одного кадра управляющей программы не должны повторяться слова «Размерные перемещения» и «Параметр интерполяции или шаг резьбы». В пределах одного кадра управляющей программы не должны использоваться слова «Подготовительная функция», входящие в одну группу.

Структура слов. *Размерные перемещения.* Для указания линейных перемещений используются слова X, Y, Z, где под словом X указывается перемещение рабочего органа по оси X (аналогично для остальных слов). Если на станке имеется несколько суппортов, то для указания перемещений второго суппорта по осям используются адреса U, V, W соответственно, для третьего – P, Q, R.

Все линейные перемещения выражены в миллиметрах и их десятичных долях. Допускается линейные перемещения выражать в дюймах. В этом случае в управляющей программе должна быть записана подготовительная функция, указывающая единицу измерения.

Для указания угловых перемещений используются адреса A, B, C. Адрес A задает величину поворота вокруг оси X и т.д.

Все угловые размеры должны быть выражены в радианах (или в градусах). Допускается угловые размеры выражать в десятичных долях оборота.

Если УПУ допускает задание размеров в абсолютных значениях, положительных или отрицательных, в зависимости от начала системы координат, то математический знак («плюс» или «минус») является составной частью слова (слов) «Раз-

мерные перемещения» и должен предшествовать первой цифре каждого размера.

Если УПУ допускает задание размеров в приращениях, то математический знак («Плюс» или «Минус») должен предшествовать первой цифре каждого размера, указывая направление перемещения.

При задании размеров, как в абсолютных значениях, так и в приращениях, математический знак «Плюс» в словах «Размерные перемещения» допускается опускать.

Функции подачи и главного движения. Скорость подачи указывается с адресом F, скорость главного движения – с адресом S, и они должны кодироваться числом, количество разрядов которого должно быть указано в формате конкретного ПУ.

Выбор типа подачи должен осуществляться одной из следующих подготовительных функций, «Подача в функции, обратной времени» (G93); «Подача в минуту» (G94); «Подача на оборот» (G95).

Выбор вида функционирования главного движения (там, где это необходимо) должен осуществляться одной из следующих подготовительных функций: «Постоянная скорость резания» (G96); «Частота вращения в минуту» (G97).

Существует два основных метода указания величины подачи и скорости: путем указания кода (F50 – подача 0,5 мм/об) и в явном виде (F0,5).

Рекомендуется, чтобы основным методом кодирования был метод прямого обозначения, при котором для подачи должны использоваться следующие единицы измерения: миллиметры в минуту, миллиметр на оборот, подача радиан в секунду (градусы в минуту), – подача относится только к круговому перемещению; для скорости главного движения число обозначает скорость шпинделя в радианах в секунду (оборотах в минуту) – подача относится только к круговому перемещению; для скорости главного движения число обозначает скорость шпинделя в радианах в секунду (оборотах в минуту).

Допускается подачу и скорость задавать кодовым числом, причем большей подаче (скорости) должно соответствовать большее кодовое число. В паспорте станка в таком случае присутствует таблица, в которой указаны коды подач (скоростей) и соответствующие им величины подач (скорости). Метод кодового указания подачи (скорости) в современных станках не применяется. Его использование было вызвано наличи-

ем коробки скоростей в приводе, и соответственно код – это всего лишь номер скорости в коробке.

Функция инструмента. Слова «Функция инструмента» (Т) используются для выбора инструмента. Допускается использовать эти слова для коррекции (или компенсации) инструмента. В этом случае слова «Функция инструмента» будут состоять из двух групп цифр (Т 01 01). Первая группа цифр используется для выбора инструмента, вторая – для коррекции инструмента. Если для записи коррекции (компенсации) инструмента используется другой адрес, рекомендуется использовать символ D или H.

Количество цифр, следующих за адресами Т, D и H, должно быть указано в формате конкретного ПУ.

Кодирование подготовительных функций. Подготовительные функции указывают системе ПУ особенности выполняемых в данном и последующих кадрах перемещений. Перечень основных подготовительных функций представлен в табл. 3.3. (Особенности использования подготовительных функций в учебном пособии рассмотрены при изучении конкретных систем ПУ.)

Таблица 3.3

Кодирование подготовительных функций

Подготовительная функция	Функция действует		Наименование / Значение
	до следующей функции, обозначенной той же буквой	только в том кадре, где она записана	
1	2	3	4
G00	A		Быстрое позиционирование. Перемещение в запрограммированную точку с максимальной скоростью (например, с наибольшей скоростью подачи). Предварительно запрограммированная скорость перемещения игнорируется, но не отменяется. Перемещения по осям координат могут быть нескорректированы
G01	A		Линейная интерполяция. Вид управления, при котором обеспечивается постоянное отношение между скоростями по осям координат, пропорциональное отношению между расстояниями, на которые должен переместиться исполнительный орган станка по двум или более осям

1	2	3	4
			координат одновременно. При прямоугольной системе координат перемещение происходит по прямой линии
G02	A		Круговая интерполяция, движение по часовой стрелке. Вид контурного управления для получения дуги окружности, при котором векторные скорости по осям координат, используемые для образования дуги, изменяются устройством управления
G03	A		Круговая интерполяция, движение против часовой стрелки
G04		X	Пауза. Указание о временной задержке, конкретное значение которой задается в управляющей программе или другим способом. Применяется для выполнения тех или иных операций, протекающих известное время и не требующих ответа о выполнении
G05			Не определена
G06	A		Параболическая интерполяция. Вид контурного управления для получения дуги параболы, при котором векторные скорости по осям координат, используемые для образования этой дуги, изменяются устройством управления
G07			Не определена
G08		X	Разгон. Автоматическое увеличение скорости перемещения в начале движения до запрограммированного значения
G09		X	Торможение. Автоматическое уменьшение скорости перемещения относительно запрограммированной при приближении к запрограммированной точке
G10–G16			Не определены
G17	C		Выбор плоскости XY. Задание плоскости для таких функций, как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и др.
G18	C		Выбор плоскости ZX
G19	C		Выбор плоскости YZ
G20–G32			Не определены
G33	A		Нарезание резьбы
G34	A		Нарезание резьбы с увеличивающимся шагом

1	2	3	4
G35	A		Нарезание резьбы с уменьшающимся шагом
G36–G39			Постоянно не определены
G40	B		Отмена коррекции инструмента
G41	B		Коррекция на фрезу – левая. Коррекция на фрезу при контурном управлении. Используется, когда фреза находится слева от обрабатываемой поверхности
G42	B		Коррекция на фрезу – правая. Коррекция на фрезу при контурном управлении. Используется, когда фреза находится справа от обрабатываемой поверхности
G43	B		Коррекция на положение инструмента – положительная. Указание, что значение коррекции на положение инструмента необходимо сложить с координатой, заданной в соответствующем кадре или кадрах
G 44	B		Коррекция на положение инструмента – отрицательная. Указание, что значение коррекции на положение инструмента необходимо вычесть из координаты, заданной в соответствующем кадре или кадрах
G45–G52			Не определены
G53	P		Отмена заданного смещения. Отмена любой из функций G54–G59
G54	P		Заданное смещение 1. Смещение нулевой точки детали относительно исходной точки станка
G55	P		Заданное смещение 2
G56	P		Заданное смещение 3
G57	P		Заданное смещение 4
G58	P		Заданное смещение 5
G59	P		Заданное смещение 6
G60–G62			Не определены
G63		X	Нарезание резьбы метчиком
G64–G79			Не определены
G80	E		Отмена постоянного цикла. Функция, которая отменяет любой постоянный цикл
G81–G89	E		Постоянный цикл 1–9
G90	M		Абсолютный размер. Отсчет перемещения производится относительно выбранной нулевой точки

1	2	3	4
G91	M		Размер в приращениях. Отсчет перемещения производится относительно предыдущей запрограммированной точки
G92		X	Установка абсолютных накопителей положения. Изменение состояния абсолютных накопителей положения. При этом движения исполнительных органов не происходит
G93	K		Скорость подачи в функции, обратной времени. Указание, что число, следующее за адресом P, равно обратному значению времени в минутах, необходимому для отработки кадра
G94	K		Подача в минуту
G95	K		Подача на оборот
G96	L		Постоянная скорость резания. Число, следующее за адресом F, равно скорости резания в метрах в минуту. При этом скорость шпинделя регулируется автоматически с целью поддержания запрограммированной скорости резания
G97	L		Обороты в минуту. Число, следующее за адресом S, равно скорости шпинделя в оборотах в минуту
G98–G99			Не определены

Кодирование вспомогательных функций. Наряду с подготовительными функциями существуют и вспомогательные функции, служащие для управления электроавтоматикой станка. Перечень и назначение вспомогательных функций представлены в табл. 3.4. Область действия вспомогательных функций показана в табл. 3.5.

Таблица 3.4

Кодирование вспомогательных функций

Слово	Наименование	Значение
1	2	3
M00	Программируемый останов	Останов без потери информации по окончании отработки соответствующего кадра. После выполнения команд происходит останов шпинделя подачи, охлаждение и выключение охлаждения. Работа по программе возобновляется нажатием кнопки
M01	Останов с подтверждением	Функция аналогична M00, но выполняется только при предварительном подтверждении с пульта управления

1	2	3
M02	Конец программы	Указывает на завершение обработки управляющей программы и приводит к останову шпинделя, подачи и выключению охлаждения после выполнения всех команд в кадре. Используется для приведения в исходное положение УПУ и (или) исходное положение исполнительных органов станка
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	Включает шпиндель в направлении, при котором винт с правой нарезкой, закрепленный в шпинделе, входит в заготовку
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	Включает шпиндель в направлении, при котором винт с правой нарезкой, закрепленный в шпинделе, выходит из заготовки
M05	Останов шпинделя	Останов шпинделя наиболее эффективным способом. Выключение охлаждения
M06	Смена инструмента	Команда на смену инструмента вручную или автоматически (без поиска инструмента). Может автоматически отключать шпиндель и охлаждение
M07	Включение охлаждения № 2	Включение охлаждения № 2 (например, масляным туманом)
M08	Включение охлаждения № 1	Включение охлаждения № 1 (например, жидкостью)
M09	Отключение охлаждения	Отменяет M07, M08
M10	Зажим	Относится к работе с зажимным приспособлением подвижных органов станка
M11	Разжим	То же
M19	Останов шпинделя в заданной позиции	Вызывает останов шпинделя при достижении им определенного углового положения
M30	Конец информации	Приводит к останову шпинделя, подачи и выключения охлаждения после выполнения всех команд в данном кадре. Используется для установки в исходное состояние УПУ и (или) исходное положение исполнительных органов станка. Установка в исходное положение УПУ включает возврат к символу «Начало программы»
M49	Отмена ручной коррекции	Функция, указывающая на отмену ручной коррекции скорости подачи и (или) скорости главного движения и о возвращении этих параметров к запрограммированным значениям
M59	Постоянная скорость шпинделя	Поддержание постоянным текущего значения скорости шпинделя независимо от перемещения исполнительных органов станка и задействованной функции G96

Действие вспомогательных функций

Вспомогательная функция	Функция начинает действовать		Функция действует	
	до начала перемещения, запрограммированного в данном кадре	после выполнения перемещения в данном кадре	до отмены или замены соответствующей вспомогательной функции	только в том кадре, в котором она записана
M00		X		X
M01		X		X
M02		X		X
M03	X		X	
M04	X		X	
M05		X	X	
M06				X
M07	X		X	
M08	X		X	
M09		X	X	
M10	X		X	
M11	X		X	
M12–M18				
M19		X	X	
M20–M29				
M30		X		X
M31–M47				
M48		X	X	
M49	X		X	
M50–M57				
M58	X		X	
M59	X		X	
M60–M99	X		X	

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой управляющая программа?
2. Как рекомендуется записывать информационные слова в кадре?
3. Какие слова используются для линейных перемещений?
4. Что такое функция подачи и функция главного движения?
5. Для чего используется функция инструмента?

3.7. Формат кадра управляющей программы

Схема построения кадров обычно определена. Она зависит от конструктивных особенностей станка, модели ПУ, методики программирования и т.д. Поэтому каждый конкретный тип

ПУ характеризуется так называемым форматом, т.е. принятым (рекомендуемым) порядком расположения слов в кадре и структурой каждого слова в отдельности.

Явная десятичная запятая обозначается символом DS; символ «Табуляция», если он используется, обозначается точкой (.).

Если ПУ требует указания символа «Конец кадра», то он обозначается звездочкой (*) в конце формата.

Если абсолютные размеры всегда положительные, то между адресом и следующим за ним числом не ставят никакого знака, а если они или положительные, или отрицательные, то между адресом и следующим за ним числом ставят знак «плюс» (+) или «плюс–минус» (\pm).

За адресом безразмерных слов следует записывать одну цифру, показывающую количество цифр в слове. Если можно опустить нули, стоящие перед первой значащей цифрой, то за адресом безразмерных слов должны следовать две цифры, первая из которых ноль.

Пример записи формата:

% : / DS N03 G2 X + 053 Y + 053 Z + 042 F031 S04 T05 M2*

Данный формат указывает, что УПУ, для которого выполняется запись УП, воспринимает символы начала программы (%), главного кадра (:), пропуска кадра (/) и явную десятичную запятую (DS). Ведущие нули при записи кадров УП во всех словах (кроме слов с адресами G и M) разрешается опускать.

В приведенном формате N03 – трехзначный номер кадра. Это означает, что всего в программе можно привести кадры с номерами от N1 до N999. Если бы в формате было указано N3 (без нуля перед цифрой 3), то во всех кадрах, где необходимо, обязательно было бы написание нулей как значащих цифр: например N001, N002, ..., N099,

Элемент записи X + 053 – перемещение по оси X со знаком «плюс» или «минус». Числовое значение размерного перемещения указывают после знака, при этом знак «плюс» можно опускать. На целую часть значащего числа отводится пять разрядов, на дробную (после запятой) – три разряда. В рассматриваемом формате обязательно указание точки (запятой) для разделения целой и дробной частей (об этом говорит символ DS). Кроме того, могут не указываться первые нули в числе до запятой и последние в числе после запятой.

Слова в формате записываются также в определенной последовательности.

За адресом каждого слова «Размерное перемещение» следуют две цифры, первая из которых показывает количество разрядов перед подразумеваемой десятичной запятой, отделяющей целую часть числа от дробной, вторая – количество разрядов после запятой. Если можно опустить нули, стоящие перед первой и после последней значащих цифр в словах «Размерное перемещение», то за адресом этих слов должны следовать три цифры. Если опускаются нули, стоящие перед первой значащей цифрой, то нулем должна быть первая цифра. Если опускаются нули, стоящие после значащей цифры, то нулем должна быть последняя цифра.

Например, перемещение по оси X на величину 01280,500 мм в положительном направлении должно быть записано X1280.5 (с указанием точки без знака «плюс» и без крайних нулей). Если бы в формате кадра было указано, например, $X \pm 33$ и в начале формата не было символа DS, то это означало бы, что после адреса X необходимо обязательно писать знак «+» или «-» (т.е. «плюс» опускать нельзя), а значащие цифры следует указывать полностью (три) как до условной запятой, так и после нее. Так, если в кадре УП записано $X + 053280$, то это соответствует размерной величине 53,28 мм.

Элемент $Y + 053$ – перемещение по оси Y (здесь справедливо все сказанное о перемещении по оси X).

Элемент $Z + 042$ – перемещение по оси Z со знаком «плюс» или «минус». При записи знак «плюс» можно опускать, можно опускать также передние и последние (в дробном разряде) нули. На размерную информацию отводится четыре десятичных разряда до запятой и два после запятой, т.е. максимальное число, которое может быть записано по оси Z , составляет 9999,99 мм (четыре значащие цифры до запятой и две после запятой). Например, перемещение в положительном направлении по оси Z на величину 2000 мм должно быть записано в виде Z2000., на 200 мм – в виде Z200., на 20 мм – в виде Z20., на 2 мм – в виде Z2., на 0,2 мм – в виде Z2., на 0,02 мм – в виде Z02. Перемещение в отрицательном направлении на величину 50,00 мм запишется в виде $Z - 50.$, на 5,00 мм – в виде $Z - 5.$, на 0,50 мм – в виде $Z - .5$, на 0,05 мм – в виде $Z - .05$.

Элемент F031 – функция подачи, при этом подача указывается методом прямого обозначения. Значащие цифры – три слева от десятичной запятой и одна справа; нули после запятой и впереди можно опускать. Если бы в формате было ука-

зано, например, F2, то это предполагало бы указание подачи двумя кодовыми цифрами. Звездочка, завершающая запись формата, означает конец кадра.

Контрольные вопросы

1. Какова характеристика формата управляющей программы?
2. Как записываются слова в формате?

3.8. Порядок разработки УП

Прежде чем приступить непосредственно к написанию УП, необходимо проделать значительную предварительную работу, позволяющую в конечном итоге получить в кратчайшие сроки эффективную УП.

На первом этапе устанавливаются параметры заготовки, которую предстоит обработать: качественное состояние поверхностей (предварительно обработанные, литейная корка и т.п.), свойства материала заготовки (вид материала, его твердость), геометрические характеристики (величина размеров, допуска); затем устанавливаются параметры детали, требуемые после обработки (геометрические размеры с допусками, шероховатость поверхности, требования к форме и пространственному положению).

После получения полного представления о том, что предстоит сделать, приступают ко второму этапу: устанавливают, как и чем это будет достигаться. Затем устанавливают технологию обработки: определяют состав переходов предстоящей обработки, устанавливают порядок выполнения переходов, выясняют тип применяемых режущего и вспомогательного инструментов, их геометрические и механические характеристики; определяют режимы резания (подачу, скорость резания).

При выполнении данного этапа следует учесть ряд рекомендаций: инструмент следует подбирать такой, который обеспечивал бы обработку максимального числа поверхностей; режимы резания желательно определять не только для каждого инструмента, но и для каждой обрабатываемой элементарной поверхности. Учет этих требований позволит максимально использовать возможности станка и инструментов, что окупит затраты времени на разработку.

На третьем этапе определяют траектории перемещений каждого инструмента – строят схемы движения инструментов, определяют координаты точек (устанавливают положение нуля детали – Н.д., исходной точки – И.т., опорных точек) и порядок обхода их инструментом (рис. 3.13).

На четвертом, заключительном, этапе выполняют кодирование и запись УП, верификацию и отладку.

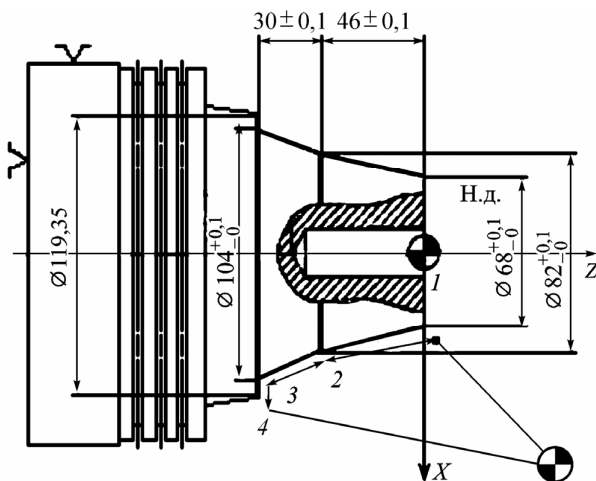


Рис. 3.13. Траектория перемещения инструмента

Номер точки	X	Z
Исходная точка	140	60
1	67,695	1
2	82	-46
3	104	-76
4	122	-76

Контрольные вопросы

1. В каком порядке производится разработка управляющей программы?
2. Какие параметры устанавливаются на первом этапе составления программы?

3.9. Использование САМ-систем при разработке УП

Современные САМ-системы позволяют осуществить автоматическую разработку УП для конкретного станка на основе геометрической модели, представленной в виде чертежа (то-

карная обработка) или трехмерной твердотельной или каркасной модели (все виды обработки).

Несмотря на то что возможности и «внешний вид» САМ-систем отличаются друг от друга, все же есть общее, что их объединяет, — это методология их использования. Сначала программист должен ввести общую информацию. Затем нужно описать параметры заготовки, а также технологической оснастки. Наконец, необходимо определить последовательность обработки. В общем случае последовательность действий при разработке УП с помощью САМ-системы можно представить в виде следующих шагов.

Шаг 1: общая информация. На этом шаге от программиста потребуется ввод информации о наименовании детали, ее шифра, даты генерации и имени управляющей программы. Нередко на этом шаге задаются габариты детали и размер экрана дисплея для того, чтобы настроить автоматическое масштабирование. Как правило, на этом этапе вводится информация о материале и форме заготовки.

Шаг 2: определение и уравнивание геометрии. Используя ряд методов определения разобщенной геометрии, программист постепенно описывает форму обрабатываемой детали. В САМ-системах с графическим вводом программист к тому же увидит на экране каждый элемент геометрии. Он имеет возможность выбора наиболее подходящего способа для построения разобщенной геометрии, описывающей форму обрабатываемой детали. Затем большинство САМ-систем предполагают проведение процедуры уравнивания для того, чтобы геометрия соответствовала фактической форме обрабатываемой заготовки детали, которую нужно обработать. Например, линия, выходящая за пределы экрана, ограничивается до отрезка. Уравниванию подвергается и каждая дуга окружности.

Шаг 3: формирование строки обхода. Большинство САМ-систем допускают импортирование геометрии детали, спроектированной в САД-системе. Это особенно полезно в случае деталей сложной формы. В этом случае технологу не нужно тратить усилия на повторное описание сложной геометрии. Однако имеются четыре немаловажных замечания, которые «портят» идеалистическую картину «сквозного проектирования-изготовления».

Во-первых, все элементы чертежа, созданного в CAD-системе, должны быть выполнены строго в одном масштабе. Известна практика подгонки отдельных размеров конструктором только для того, что бы сделать качественную прорисовку чертежа или просто ускорить черчение. Например, выбран масштаб 1 : 10. Конструкторы знают, что в этом случае мелкие детали чертежа будут не видны на прорисовке. Значит, надо изобразить мелкий элемент размером 1 мм как 10 мм. А размерную линию подписать как 1. В результате у технолога возникнет масса неприятностей и на поиск и коррекцию ошибочного элемента уйдет немало времени.

Во-вторых, из чертежа детали, сделанного конструктором, технологу нужно совсем немного информации. Если в САМ-систему импортируется полный чертеж, то технолог потратит немало времени на то, чтобы удалить лишние элементы геометрии, размеры, штриховки и пр. До тех пор, пока CAD-системы не оснастят простыми, удобными и мощными средствами фильтрации геометрии, технолог по-прежнему будет терять драгоценное время на «чистку».

В-третьих, важно уже в процессе проектирования соблюсти соглашение о местонахождении нулевой точки. Начало координат желательно расположить в нижнем левом углу чертежа (за исключением токарной обработки). В этом случае процесс импортирования чертежа в САМ-систему пройдет без запинки. В противном случае технологу опять потребуется время для устранения проблем.

В-четвертых, в большинстве САМ-систем предполагается, что геометрия детали будет описана в некотором формате, наиболее подходящем для программирования обработки. Яркий пример – токарная обработка, когда технологу приходится повторно рассчитывать весь контур детали вручную, так как конструктор не учел в чертеже размерные цепи детали.

Именно поэтому многие пользователи САМ-систем часто приходят к выводу, что проще заново переопределить чертеж в САМ-системе (для простых обрабатываемых деталей), чем импортировать рисунки из CAD-систем. Поскольку обрабатываемые детали становятся все более сложными и весьма трудно переопределить элементы чертежа, способность импортировать геометрию из CAD-системы в САМ-систему становится очень важной проблемой.

Шаг 4: определение процедуры обработки. Программист задает в САМ-системе способ обработки детали. САМ-системы предоставляют для этого немалое количество готовых решений. Многие САМ-системы включают интерактивные меню для задания параметров конкретного вида обработки. Программисту остается только ввести параметры, а САМ-система сама рассчитает траекторию обработки.

На этом шаге САМ-система визуализирует траекторию инструмента, предоставляя программисту возможность визуального анализа того, что может произойти на станке. Эта способность визуализировать УП прежде, чем она реально исполнится на станке, является одним из преимуществ САМ-систем. Также программист может ввести команду для генерации управляющей программы в виде G-кодов.

Шаг 5: сохранение УП. Независимо от того, каким образом была создана программа, заводские технологи всегда обеспокоены вопросами сохранения архивов УП и процедурами поиска в них. Даже в том случае, когда станок с ПУ выполняет одну и ту же программу, необходимо предварительно скопировать УП на случай возникновения сбоя при чтении в стойке станка.

Конечно, как только программа будет проверена на станке, пользователь захочет сохранить программу в ее эталонном виде для использования в недалеком будущем. Это может быть сделано несколькими способами.

Запоминающие устройства для хранения УП и организации поиска включают: устройства записи / чтения на магнитной ленте, устройство ввода / вывода на перфоленту, переносимые гибкие магнитные дискеты, устройства оперативной памяти, портативный компьютер и настольные компьютеры. Персональные компьютеры – наиболее популярный способ хранения, поиска и передачи управляющих программ.

Все современные системы с ПУ типа CNC укомплектованы RS-232-C портом. Также RS-232-C портом оборудованы все современные персональные компьютеры. Подключая кабелем эти два порта, пользователь может управлять процессом передачи данных от компьютера в ОЗУ системы с ПУ. Безусловно, для этого требуется специализированная программа, которая может как загружать, так и выгружать УП из

стойки ПУ. Большинство современных САМ-систем включают программы для загрузки УП. Более того, имеется масса решений по прямому управлению станков с ПУ от компьютеров. В этих случаях стойка с программным управлением уже практически не нужна.

Контрольные вопросы

1. Какова характеристика современных САМ-систем?
2. Какова последовательность действий при разработке УП с помощью САМ-системы?

3.10. Структура САМ-системы

Любая САМ-система включает три основных модуля.

1. Препроцессор – обеспечивает формирование геометрической информации об обрабатываемой детали. Такая информация может быть задана двумя основными способами: ручное задание с помощью графических средств САМ-системы и передача геометрической информации из САД-системы.

2. Процессор – обеспечивает автоматически или с взаимодействием с технологом-программистом разработку последовательности обработки, выбор режущего инструмента, расчет режимов резания, разработку траектории перемещений инструмента и расчет координат опорных точек. Результатом является формирование УП на промежуточном языке, называемом CLDATA.

3. Постпроцессор – обеспечивает перевод программы из промежуточного языка CLDATA на язык, понятный конкретному станку с ПУ с учетом всех его особенностей, в том числе и технических характеристик (учет диапазона подач, диапазонов скоростей, допустимого количества инструмента и особенностей его смены). Постпроцессоры являются одним из существенных элементов системы, определяющих ее успешное использование в производстве. Они подразделяются на следующие типы: индивидуальный, обобщенный, универсальные.

Контрольные вопросы

1. Какова характеристика процессоров?
2. В чем преимущества постпроцессирования?

Программирование токарной обработки на станках, оснащенных системой ПУ НЦ-31

4.1. Особенности программирования системы ПУ «Электроника НЦ-31»

Особенности программирования данной системы ПУ можно рассмотреть на примере использования станка 16К20Т1, внешний вид которого представлен на рис. 4.1, а его технические характеристики приведены в табл. 4.1.

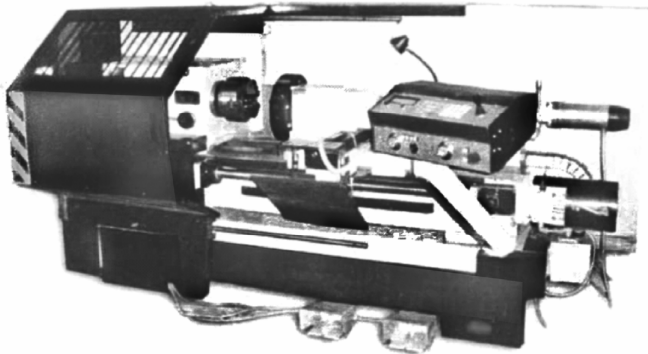


Рис. 4.1. Токарный станок 16К20Т1

Станок токарный программный с оперативной системой управления модели 16К20Т1 предназначен для токарной обработки в замкнутом полуавтоматическом цикле деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилями, включая нарезание крепежных резьб. Станок оснащен УПУ «Электроника НЦ-31» с вводом программы обработки изделия с клавиатуры или кассеты внешней памяти. Программа визуализируется на лампах цифровой индикации. Класс точности станка – П.

Станок используется в индивидуальном, мелкосерийном и серийном производствах с мелкими повторяющимися партиями деталей.

Основные технические характеристики станка 16K20T1

Характеристика	Значение
1	2
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия над станиной, мм	500
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм:	
над суппортом	220
над станиной	400
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия при 10 инструментах, мм	250
Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, мм	25
Наибольшая длина устанавливаемого изделия, мм:	
при установке в центрах	1000
без люнета	250
Наибольшая длина обработки, мм	905
Наибольшая длина обработки при 10 деталях (от торца детали), мм	150
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм	55
Частота вращения шпинделя (бесступенчатое регулирование), мин ⁻¹	20...2240
Пределы частоты вращения шпинделя, устанавливаемые вручную, мин ⁻¹ :	
диапазон 1	20...325
диапазон 2	63...900
диапазон 3	160...2240
Пределы программируемых подач, мм/об:	
продольных	0,01...2,8
поперечных	0,005...1,4
Минимальная и максимальная (максимально-рекомендуемая) скорости рабочей подачи, мм/мин (мм/об):	
продольной	10...2000(2,8)
поперечной	5...1000(1,4)
Скорость быстрых ходов, мм/мин, не менее:	
продольных	7500
поперечных	5000
Дискретность перемещений, мм:	
продольных	0,010
поперечных	0,005
Пределы шагов нарезаемых резьб, мм	0,01...40,95
Количество позиций автоматической поворотной головки	6
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Нм (кгм)	1000(100)
Мощность привода шпинделя, кВт	11
Предельные диаметры сверления, мм:	
по чугуну	23
по стали	25
Габарит станка, мм, не более	3250 × 1700 × × 1700
Масса станка, кг, не более	3800

Контрольные вопросы

1. В чем особенности программирования системы ПУ «Электроника НЦ-31»?
2. Каковы основные технические характеристики токарного станка 16К20Т1?

4.2. Формат кадра

Каждый кадр имеет индивидуальный номер и начинается с адреса N, далее пишется не более трех знаков, номер кадра (от 0 до 249). В кадре может содержаться только одно слово, которое состоит из адреса (X, Z, G, M, F, S, P или T), математического знака «-» (знак «+» по умолчанию не пишется) и цифрового значения. Применение десятичной точки в числовых значениях недопустимо.

Дополнительно в кадре могут присутствовать следующие символы:



– признак относительной системы отсчета;

 – признак ускоренного перемещения;

+45° или -45° – признак модификации;

* – признак совместного исполнения кадров.

4.3. Задание режимов резания

Скорость шпинделя задается адресом S с форматом S04, где «0» говорит о том, что незначащие нули могут быть опущены, а «4» – число знаков. После буквы S пишется цифра, которая представляет информацию о величине скорости шпинделя. На станке 16К20Т1 имеется три интервала частоты вращения шпинделя: первый диапазон 20...325 мм/об, второй диапазон 63...900 мм/об, третий диапазон 160...2240 мм/об. Интервалы переключаются вручную, информация о текущем интервале вводится с помощью соответствующей вспомогательной функции.

Скорость шпинделя может быть задана в метрах в минуту по подготовительной функции G96 с двумя параметрами P04 (табл. 4.2) и в оборотах в минуту по G97 без параметров.

Звездочка в кадрах 11 и 12 (табл. 4.2) говорит о том, что кадры 11, 12 и 13 выполняются как одно целое в один и тот же момент времени. Если в программе подготовительные функции G96 и G97 не встречаются, то по умолчанию используется задание частоты вращения шпинделя в миллиметрах на оборот.

Пример задания скорости шпинделя

Программа	Комментарий
...	
N11 G96*	Задание скорости шпинделя, м/мин
N12 P100*	Минимальная частота вращения 100 мин^{-1}
N13 P1000	Максимальная частота вращения 1000 мин^{-1}
N14 S100	Постоянная скорость резания 100 м/мин
...	
N23 S220	Скорость резания 220 м/мин
...	
N33 G97	Задание скорости резания, мин^{-1}
...	
N40 S445	Частота вращения шпинделя 445 мин^{-1}
...	

Подача F может задаваться в миллиметрах на один оборот шпинделя по подготовительной функции G95 и в миллиметрах в минуту – по G94. При задании подачи в миллиметрах в минуту в одном кадре формат F04, при совместном исполнении кадров – F062. При задании подачи в миллиметрах в минуту в одном кадре формат F042, при совместном – F064. Рассмотрим формат F064: «6» – количество знаков, «4» – количество дробных знаков (табл. 4.3).

Пример задания подачи

Программа	Комментарий
N11 G94	Режим минутной подачи
N12 F230	Подача 230 мм/мин
...	
N14 F100	Подача 100 мм/мин
...	
N23 G95	Режим оборотной подачи
...	
N33 F100	Подача 1 мм/об (формат F 042)
...	

Контрольные вопросы

1. Каким адресом задается скорость шпинделя?
2. Как задается подача на станке?

4.4. Вспомогательные функции

Перечень необходимых вспомогательных функций и их назначение указаны в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Вспомогательные функции

Вспомогательная функция	Назначение функции
M0	Останов управляющей программы
M1	Останов шпинделя с подтверждением
M3	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M4	Вращение шпинделя против часовой стрелки
M5	Останов шпинделя
M8	Включить охлаждение (подача СОТС)
M9	Отключить охлаждение
M30	Конец программы
M38	Включить первый диапазон
M39	Включить второй диапазон
M40	Включить третий диапазон

4.5. Программирование перемещений инструмента

Для задания перемещений используются адреса с форматом $X \pm 062$ и $Z \pm 062$. При задании координат в приращениях дополнительно в кадре указывается символ $\begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix}$. Если необходимо выполнить перемещения на ускоренном ходу, непосредственно перед адресом указывается \sim . Пример, когда необходимо осуществить перемещение инструмента при обработке конической поверхности, представлен на рис. 4.2 и в табл. 4.5.

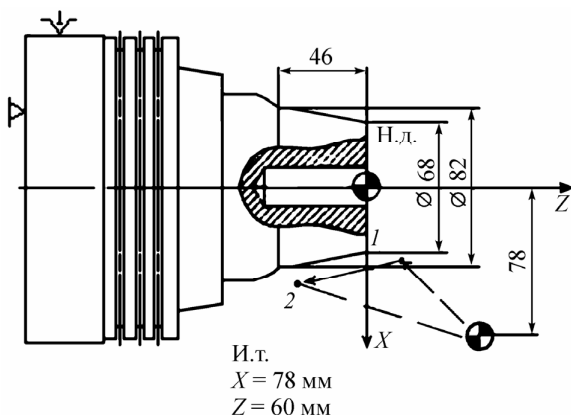












Рис. 4.2. Схема обработки конической поверхности

Пример программирования перемещений инструмента

Абсолютная система координат	Относительная система координат	Комментарий
1	2	3
N1 T1	N1 T1	Установка револьверной головки в позицию номер 1 – резец упорно-проходной с углом в плане 95°
N2 M8	N2 M8	Включение охлаждения
N3 M39	N3 M39	Включение второго диапазона
N4 S250	N4 S250	Частота вращения 250 об/мин
N4 M4	N4 M4	Вращение шпинделя против часовой стрелки
N5 G95	N5 G95	Подача, мм/об
N6 F40	N6 F40	Подача 0,4 мм/об
N7  X6760*	N7  X8840 	Перемещение инструмента из исходной точки в точку 1 на ускоренном ходу (2 мм по оси Z припуск на врезание)
N8 Z200	N8 Z-5800 	
N9 X8200*	N9 X1440 	Перемещение инструмента из точки 1 в точку 2 на рабочей подаче
N10 Z-4600	N10 Z-4600 	
N11  X15600*	N11  X7400 	
N12 Z6000	N12 Z10600 	Возврат инструмента в исходную точку на ускоренном ходу
N12 M09	N12 M09	Выключение охлаждения
N13 M30	N13 M30	Останов шпинделя, конец программы

Контрольные вопросы

1. Какие символы указываются в кадре при задании координат?
2. Как осуществляется перемещение инструмента при обработке конической поверхности?

4.6. Программирование обработки поверхности фасок

В случае если фаска под углом 45°, то эту фаску можно получить, применив признак фаски: +45° или -45°. Пример обработки поверхностей, представленных на рис. 4.3, приведен в табл. 4.6.

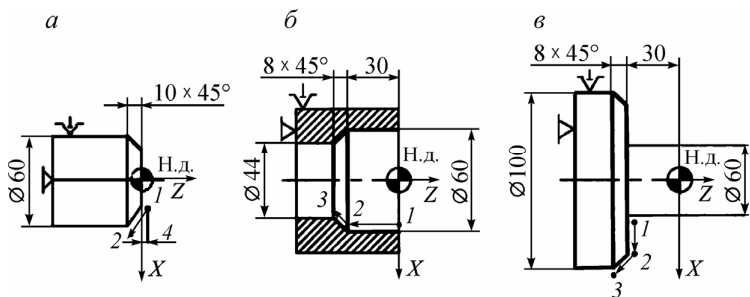


Рис. 4.3. Примеры обработки поверхностей фасок

Таблице 4.6

Примеры программирования фасок

Номер рисунка	Абсолютная система координат	Относительная система координат	Программирование использования символа $\pm 45^\circ$
Рис. 4.3, а	N7 -45° X6000 или N7 $+45^\circ$ Z -1000	N7 -45° X2800 или N7 $+45^\circ$ Z -1400	N7 X6000* N8 Z -1000 или N7 X2800 N8 Z -1400
Рис. 4.3, б	N7 Z -3000 N8 -45° Z -3800	N7 Z -3000 N8 -45° Z -800	N7 Z -3000 N8 Z -3800 * N9 X4400
Рис. 4.3, в	N7 X8400 N8 -45° X10000	N7 X4400 N8 -45° X16000	N7 X8400 N8 X10000* N9 Z -3800

Например: N7 -45° X6000 – в кадре не указана координата Z и она при получении фаски уменьшается (рис. 4.3, а), следовательно, знак « $-$ ».

Знак « $+$ » или « $-$ » перед символом « 45° » определяется следующим образом: в кадре, в котором планируется задать обработку поверхности фаски, указываем конечную точку только по одной координате (X или Z); анализируем перемещение инструмента по координате, которая не указана при обработке фаски: если перемещение осуществляется в положительном направлении, то знак « $+$ », в отрицательном – « $-$ ».

Контрольные вопросы

1. Как программируется обработка поверхности фасок?
2. Как определяется знак « $+$ » или « $-$ » перед символом « 45° »?

4.7. Программирование обработки с использованием подготовительных функций

Дуга. Для задания обработки дуги используются подготовительные функции G02 и G03 — круговая интерполяция по часовой стрелке и против нее.

Формат функции:

$$N_i \text{ G02(G03)*, Ni + 1 X } \pm 062 \left(\overset{\curvearrowright}{\text{---}} \right)^*, N_i + 2Z \pm 062 \left(\overset{\curvearrowright}{\text{---}} \right)^*, \\ N_i + 3P062^*, N_i + 4P062,$$

где i — текущий номер кадра.

Инструмент должен находиться в начальной точке будущей дуги, адреса X и Z задают координаты конечной точки дуги, параметры P задают расстояния от центра дуги по осям X и Z соответственно до начальной точки дуги по модулю. При выполнении обработки дуг необходимо помнить, что круговая интерполяция выполняется только в пределах одного квадранта.

Рассмотрим пример программирования обработки дуги для эскиза, представленного на рис. 4.4, текст программы приведен в табл. 4.7.

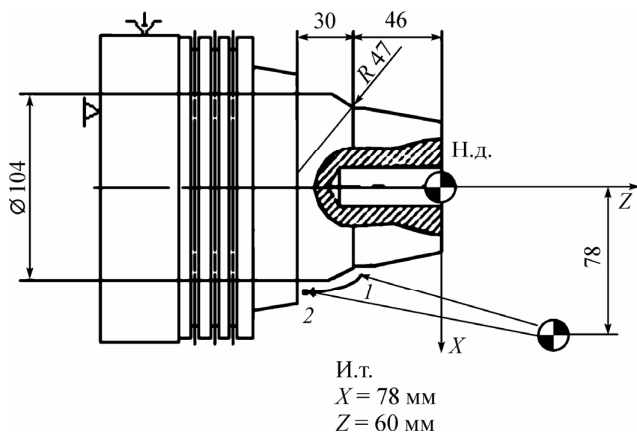



Рис. 4.4. Программирование обработки поверхности дуги

Галтель. При обработке галтелей используются подготовительные функции G12 — скругление по часовой стрелке и G13 — скругление против часовой стрелки.

Пример программирования обработки поверхности дуги

Абсолютная система координат	Относительная система координат	Комментарий
N1 T1	N1 T1	
...	...	
N7  X8200*	N7  X-7400  *	Перемещение инструмента в точку 1 на ускоренной подаче
N8 Z -4600	N8 Z -10600 	
N9 G02*	N9 G02*	Круговая интерполяция по часовой стрелке
N10 X10400*	N10 X2200  *	Координаты конечной точки дуги
N11 Z -7600*	N11 Z -3000 	
N12 P7200*	N12 P7200*	Координаты начальной точки дуги относительно ее центра
N13 P3000	N13 P3000	
N14  X15600*	N14  X5200  *	Возврат инструмента в исходную точку на ускоренной подаче
N15 Z6000	N15 Z13600 	
N12 M09	N12 M09	Выключение охлаждения
N13 M30	N13 M30	Конец программы

Формат функции:

$Ni\ G12(G13)^*, Ni + 1X \pm 062(\overset{\rightarrow}{\text{---}})^*, Ni + 2Z \pm 062(\overset{\rightarrow}{\text{---}}).$

Инструмент должен находиться в начальной точке будущей галтели, адреса X и Z задают координаты конечной точки галтели (могут быть заданы в относительной системе координат). В качестве примера рассмотрим программирование обработки поверхности галтели в соответствии с эскизом (рис. 4.5, табл. 4.8).

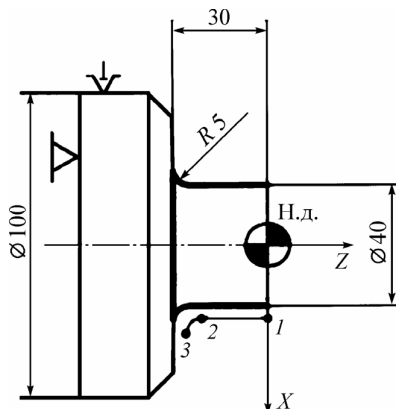





Рис. 4.5. Программирование обработки поверхности галтели

Пример программирования поверхности галтели

Абсолютная система координат	Относительная система координат	Комментарий
N7 Z –25000	N7 Z –25000 	Перемещение из точки 1 в точку 2 – начало галтели
N8 G13*	N8 G13*	Обработка галтели против часовой стрелки
N9 X5000*	N9 X1000 	Координаты конечной точки скругления по осям X и Z
N10 Z –3000	N10 Z –500 	

Программирование паузы. При программировании паузы выдержка времени задается функцией G04:

$$N_i G04^*, N_i + 1P052,$$

где параметром P задается величина паузы в секундах.

Программирование обработки повторяющихся элементов детали. Функция G25 позволяет выполнять повтор произвольного участка программы.

Формат функции:

$$N_i G25^*, N_i + 1P06^*, N_i + 2P05.$$

Первые три цифры при первом параметре задают номер начального кадра повторяемого участка программы, а последние три – номер конечного кадра. Второй параметр задает количество повторов. Рассмотрим применение функций G04 и G25 на примере обработки в соответствии с эскизом (рис. 4.6, табл. 4.9).

Нарезание резьб резцами. Для многопроходного нарезания резьбы используется подготовительная функция G31.

Формат функции:

$$N_i G31^*, N_i + 1X \pm 062 \left(\begin{array}{c} \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right)^*, N_i + 2Z \pm 062 \left(\begin{array}{c} \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right)^*, \\ N_i + 3F064^*, N_i + 4P062^*, N_i + 5P062^*, N_i + 6P062,$$

где X – наружный диаметр резьбы; Z – координата конечной точки резьбы; F – шаг резьбы; первый параметр P – глубина резьбы на радиус; второй параметр P – глубина резания за один проход на радиус; третий параметр P – конусность резьбы (разница диаметров).

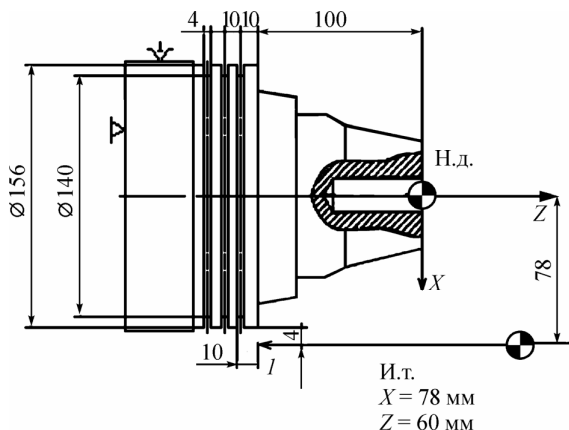












Рис. 4.6. Эскиз обработки поверхностей канавок

Таблица 4.9

Пример программирования повторяющейся обработки поверхностей канавок

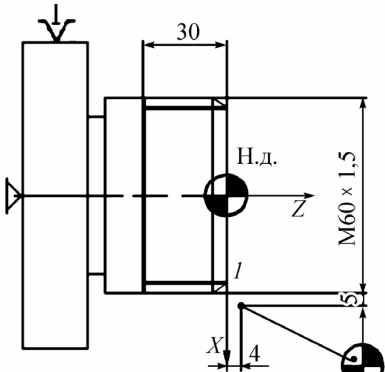
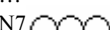
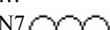




Абсолютная система координат	Относительная система координат	Комментарии
N1 T1	N1 T1	Канавочный резец шириной 4 мм
N2 M8	N2 M8	
N3 M39	N3 M39	
N4 S400	N4 S400	
N4 M4	N4 M4	
N5 G95	N5 G95	
N6 F40	N6 F40	
N7  X16400*	N7  X800  *	Подход к точке l
N8 Z -10200 	N8 Z -16200 	
N9 Z -1000 	N9 Z -1000 	Периодическое смещение по оси Z
N10 X14000	N10 X -2400 	Проточка канавки
N11 G04*	N11 G04*	
N12 P50	N12 P50	Пауза 0,5 с
N13 X16400	N13 X2400 	Выход резца
N14 G25*	N14 G25*	Выполнить повтор
N15 P9013	N15 P9013	С 9-го по 13-й кадр
N16 P2	N16 P2	2 раза
N17  X15600*	N17  X -800  *	Возврат в исходную точку
N18 Z6000	N18 Z19200	
N12M09	N12 M09	
N13 M30	N13 M30	

Перед началом обработки резьбы выбирается точка начала цикла: по оси X на 8...10 мм, по Z – на 2–3 шага резьбы от тела детали.

Пример программирования нарезания поверхности резьбы представлен в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Пример программирования нарезания поверхности резьбы

Эскиз	Абсолютная система координат	Относительная система координат
 <p>И.Т. $X = 50$ мм $Z = 40$ мм</p>	<p>...</p> <p>N7  X7000*</p> <p>N8 Z400</p> <p>N9 G31*</p> <p>N10 X6000*</p> <p>N11 Z -3000*</p> <p>N12 F15000*</p> <p>N13 P346*</p> <p>N14 P50</p> <p>...</p>	<p>...</p> <p>N7  X-3000</p> <p> *</p> <p>N8 Z -3600</p> <p> *</p> <p>N9 G31*</p> <p>N10 X-1000</p> <p> *</p> <p>N11 Z -3400</p> <p> *</p> <p>N12 F15000*</p> <p>N13 P346*</p> <p>N14 P50</p> <p>...</p>

Нарезание резьбы метчиками и плашками. Программирование нарезания резьбы с помощью метчика или плашки осуществляется с использованием функции G33 (табл. 4.11).

Формат функции:

$$\text{Ni}(\overleftarrow{\text{---}})G33^*, \text{Ni} + 1X \pm 062(\overleftarrow{\text{---}})^*,$$

$$\text{Ni} + 2Z \pm 062(\overleftarrow{\text{---}})^*, \text{Ni} + 3F064,$$

где X – координата смещение инструмента по оси X после выполнения цикла; Z – конечная точка резьбы; F – шаг резьбы.

Признак $(\overleftarrow{\text{---}})$ перед G33 указывает на необходимость синхронизации с нулевой меткой шпинделя. Точка начала цикла должна быть на оси Z на расстоянии 2–3 шага резьбы от торца.

Обработка отверстий. Для сверления глубоких отверстий предназначена функция G73 (табл. 4.12).

Пример нарезания поверхности резьбы метчиком

Эскиз	Абсолютная система координат	Относительная система координат
<p>И.т. X = 78 мм Z = 60 мм</p>	<p>...</p> <p>N7 X0*</p> <p>N8 Z400</p> <p>N9 G33*</p> <p>N10 X0*</p> <p>N11 Z-4000*</p> <p>N12 F20000*</p> <p>N13 X15600*</p> <p>N14 Z6000</p> <p>...</p>	<p>...</p> <p>N7 Z-15600</p> <p>N8 Z-5600 </p> <p>N9 G33*</p> <p>N10 X0 </p> <p>N11 Z-4400 </p> <p>N12 F20000*</p> <p>N13 X15600*</p> <p>N14 Z5600 </p> <p>...</p>

Пример программирования процесса сверления отверстия

Эскиз	Абсолютная система координат	Относительная система координат
<p>И.т. X = 78 мм Z = 60 мм</p>	<p>...</p> <p>N7 X0*</p> <p>N8 Z400</p> <p>N9 G73*</p> <p>N10 X0*</p> <p>N11 Z-54000*</p> <p>N12 F1000*</p> <p>N13 P500</p> <p>N14 X15600 </p> <p>N15 Z600</p> <p>...</p>	<p>...</p> <p>N7 Z-15600 </p> <p>N8 Z-5600 </p> <p>N9 G73*</p> <p>N10 X0 </p> <p>N11 Z-4400 </p> <p>N12 F1000*</p> <p>N13 P500</p> <p>N14 X15600 </p> <p>N15 Z5600 </p> <p>...</p>

Формат функции:

$Ni \text{ G } 73^*$, $Ni + 1X \pm 062 \left(\begin{array}{c} \rightarrow \\ \leftarrow \end{array} \right)^*$, $Ni + 2Z \pm 062 \left(\begin{array}{c} \rightarrow \\ \leftarrow \end{array} \right)^*$,
 $Ni + 3F064^*$, $Ni + 4P062$,

где X – смещение оси сверла по оси X после выполнения цикла; Z – конечная точка отверстия; F – рабочая подача в цикле; P – глубина сверления за один проход.

Требования к точке начала цикла те же, что и у функции G33.
Обработка канавок. Подготовительная функция G74 предназначена для нарезания торцовых канавок.

Формат функции:
















$$N_i \text{ } \overbrace{\text{---}}^{\text{---}} \text{ G74*}, N_i + 1X \pm 062 \left(\begin{array}{c} \text{---} \rightarrow \\ \text{---} \end{array} \right) *,$$

$$N_i + 2Z \pm 062 \left(\begin{array}{c} \text{---} \rightarrow \\ \text{---} \end{array} \right) *, N_i + 3F064*, N_i + 4P062,$$

где X – конечный диаметр канавки; Z – координата дна канавки; F – рабочая подача в цикле; P – шаг канавки, если P больше ширины резца, то канавка будет обработана за несколько рабочих ходов (табл. 4.13, рис. 4.6).

Таблица 4.13

Пример программирования процесса повторяющейся обработки

Абсолютная система координат	Относительная система координат	Комментарии
N1 T1	N1 T1	Канавочный резец шириной 4 мм
...	...	
N7  X16400*	N7  X800  *	Подход к точке 1
N8 Z-4800	N8 Z-10800 	
N9 G75*	N9 G75*	Обработка цилиндрической канавки
N10 X14000*	N10 X-2400 	Внутренний диаметр 140 мм
N11 Z-6800*	N11 Z-2000 	Ширина канавки 24 мм плюс 4 мм (ширина резца)
N12 P300	N12 P300	Шаг обработки 3 мм с текущей подачей
N13  X15600*	N13  X-800 	Возврат в исходную точку
N14 Z6000*	N14 Z10800 	
N15 T3	N15 T3	Смена инструмента
N16  X10000*	N16 X-5600 	Перемещение в точку 2
N17 Z400	N17 Z-5600 	
N18 G74*	N18 G74*	Обработка торцевой канавки
N19 X4800*	N19 X-5600 	Конечный диаметр 48 мм минус 4 мм (ширина резца)
N20 Z-500*	N20 Z-900 	Глубина канавки 5 мм
N21 P300	N21 P300	Шаг обработки 3 мм
...	...	

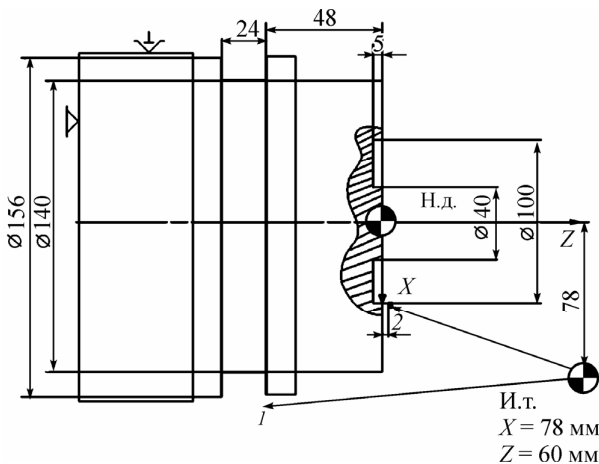


Рис. 4.7. Схема обработки канавок

Признак $\text{⌋} \rightarrow$ говорит о том, что перемещения по оси X в процессе исполнения цикла будут выполнены на ускоренной подаче.

Функция G75 предназначена для нарезания цилиндрических канавок:

$$\text{Ni} (\text{⌋} \rightarrow) \text{G75}^*, \text{Ni} + 1X \pm 062 (\text{⌋} \rightarrow)^*,$$

$$\text{Ni} + 2Z \pm 062 (\text{⌋} \rightarrow)^*, \text{Ni} + 3F064^*, \text{Ni} + 4P062,$$

где X – конечный диаметр канавки; Z – координата по оси Z исходной точки последней канавки или приращение по Z до указанной исходной точки последнего резания; F – рабочая подача в цикле; P – шаг канавки, если P больше ширины резца, то обработка будет выполнена за несколько рабочих ходов.

Признак $\text{⌋} \rightarrow$ говорит о том, что перемещения по оси Z в процессе исполнения цикла будут выполнены на ускоренной подаче. Рассмотрим пример нарезания канавок (табл. 4.13) в соответствии с эскизом рис. 4.6.

Многопроходная обработка. Функция G77 служит для организации многопроходной черновой обработки.

Формат функции:

$$\text{Ni} (\text{⌋} \rightarrow) \text{G77}^*, \text{Ni} + 1X \pm 062 (\text{⌋} \rightarrow)^*,$$

$$\text{Ni} + 2Z \pm 062 (\text{⌋} \rightarrow)^*,$$

$$\text{Ni} + 3F064^*, \text{Ni} + 4P062^*, \text{Ni} + 5P062,$$

где X – конечный диаметр обработки; Z – длина обработки; F – рабочая подача в цикле; первый параметр P – припуск,

удаляемый за один проход; второй параметр Р – ширина фаски (если есть) по оси Z.

В качестве примера рассмотрим деталь, представленную на рис. 4.7.

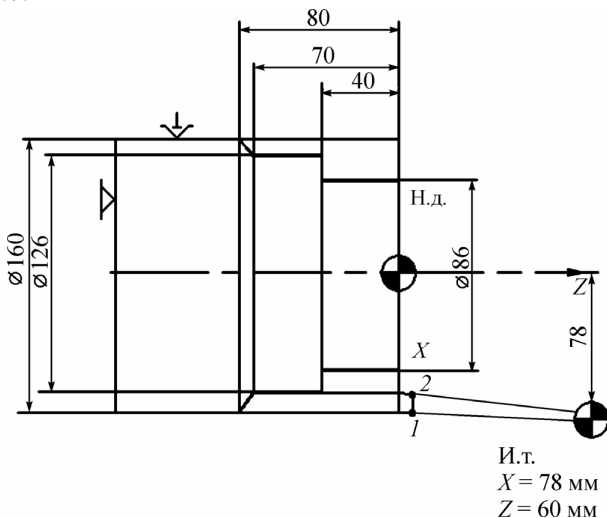












Рис. 4.8. Эскиз обрабатываемой детали

Обработку выполним за два рабочих хода: на первом обрабатываем диаметр 126 мм на длине 80 мм, на втором – 86 мм (табл. 4.14).

Таблица 4.14

Пример программирования многопроходной обработки

Абсолютная система координат	Относительная система координат	Комментарий
1	2	3
N1 T1	N1 T1	Упорно-проходной резец
...	...	
N7  X16000*	N7  X400	Подход к точке 1
N8 Z200	N8 Z-5800 	Припуск на врезание 2 мм
N9 G77*	N9 G77*	Многопроходное цилиндрическое точение
N10 X12600*	N10 X-3400 	Конечный диаметр 126 мм
N11 Z-8000*	N11 Z-8200 	Длина обработки 82 мм
N12 P1400	N12 P400	Припуск на один проход 4 мм, а так как адрес Р не указан, то с текущей подачей

1	2	3
N13 P ₂ 1000	N13 P ₂ 1000	Ширина конусной части 10 мм
N14  X12600	N16  -X340 	Перемещение в точку 2
N15 G77*	N18 G77*	
N16 X8600*	N10 X-4000 	Конечный диаметр 86 мм
N17 Z-400*	N11 Z-4200 	Длина обработки 42 мм
N18 P ₁ 400	N12 P400	Шаг обработки 4 мм
N19 P ₂ 0	...	Так как второй параметр не указан, то фаска на левом торце не выполняется

Контрольные вопросы

1. Какие подготовительные функции используются для задания обработки дуги?
2. Какие подготовительные функции используются при обработке галтелей?
3. В чем сущность программирования обработки повторяющихся элементов детали?
4. Какие подготовительные функции используются при нарезании резьб резцами?
5. В чем сущность программирования нарезания резьбы метчиками и плашками?
6. Какова характеристика подготовительной функции G74?
7. В чем сущность многопроходной обработки?

■ ГЛАВА 5 ■

Программирование токарной обработки на станках, оснащенных системой SINUMERIK 802D

5.1. Особенности программирования системы SINUMERIK 802D

Устройство ПУ SINUMERIK 802D предназначено для управления сложными станками и обрабатывающими центрами.

Тип системы – комбинированная с линейной и круговой интерполяцией. Система кодирования – ISO. Количество программируемых координат – 3 (X , Y , Z).

Имя программы. Каждая программа имеет свое собственное имя. Имя выбирается во времени составления программы при соблюдении следующих условий:

- первые два знака должны быть буквами;
- использовать только буквы, цифры или нижнее подчеркивание;
- нельзя использовать разделители;
- десятичная точка может использоваться только для маркировки расширения файла;
- максимально можно использовать 16 знаков.

Например: WELLE527.

Структура программы. Программа ПУ состоит из последовательности кадров (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Программа ПУ

Кадр	Слово	Слово	Слово	...	; Комментарий
Кадр	N10	G0	X20	...	; Первый кадр
Кадр	N20	G2	Z37	...	; Второй кадр
Кадр	N30	G91	; ...
Кадр	N40	
Кадр	N50	M2			; Завершение программы

Каждый кадр представляет собой шаг обработки.

В каждом кадре записаны команды в форме слов. Последовательность выполнения содержит специальные слова для завершения программы: M2.

Кадр управляющей программы (кадр) – составная часть УП, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды.

Каждый кадр содержит геометрические и технологические данные, необходимые для обработки одного элементарного участка детали (чаще всего между двумя соседними опорными точками).

Опорная точка – точка расчетной траектории, в которой происходит изменение либо закона, описывающего траекторию, либо условия протекания технологического процесса.

Кадр состоит из слов.

Слово УП (слово) – составная часть кадра УП, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки и (или) другие данные по выполнению управления.

Слово содержит:

- символ адреса (латинская прописная буква);

- математический знак «+» или «-» (при необходимости). Знак «+» можно не записывать;
 - последовательность цифр.
- Адрес – часть слова УП, определяющая назначение следующих за ним данных.

	Слово	Слово	Слово
	Адрес Число	Адрес Число	Адрес Число
Пример	G1	X-20.1	F300
Пояснение	Движение с линейной интерполяцией	Траектория или конечная позиция для оси X: -20.1 мм	Подача: 300 мм/мин

Рис. 5.1. Строение слова

Слово является элементом кадра и, в сущности, представляет собой управляющую команду (рис. 5.1). Слово состоит из:

- символа адреса: буквы;
- числового значения: последовательности чисел, которая для отдельных адресов может быть дополнена начальным знаком и десятичной точкой.

Положительный начальный знак («+») может не использоваться.

Несколько символов адреса. Одно слово может иметь несколько букв адреса. При этом числовое значение должно быть отделено знаком «=». Например: CR = 5.23. Кроме того, функции G могут быть также вызваны посредством символического имени. Например:

SCALE.

; Включение коэффициента масштабирования.

Расширенный адрес. При использовании адресов:

R – параметр вычисления;

H – функция H;

I, J, K – параметры интерполяции – промежуточная точка;

M – дополнительная функция M, касается только шпинделя;

S – частота вращения шпинделя (шпиндель 1 или 2).

Адрес может быть расширен от 1 до 4 цифр для получения большего числа адресов. Присвоение значения должно происходить посредством знака равенства («=»). Например: R10 = 6,234; H5 = 12,1; I1 = 32,67; M2 = 5S2 = 400.

Строение кадра (рис. 5.2). Кадр должен содержать все данные для выполнения рабочей операции. Обычно кадр состоит из нескольких слов и всегда заканчивается символом конца кадра «L_F» (первую строку). Он автоматически создается при переключении строк или при нажатии клавиши *Input*.

Последовательность слов. Если в кадре стоят несколько команд, то рекомендуется использовать следующую последовательность:

N ... G ... X ... Z ... F ... S ... T ... D ... M ... H ...

Указание по номеру кадров. Сначала следует выбрать номера кадров с размером шага 5 или 10. Это позволит в дальнейшем вставлять новые кадры и соблюдать возрастающую последовательность номеров.

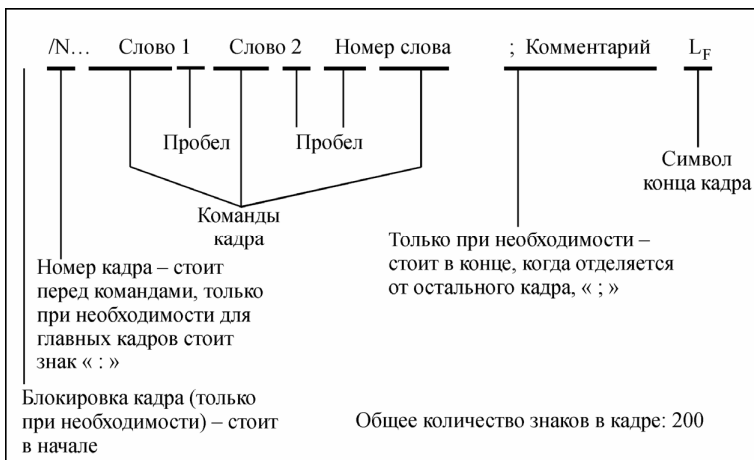


Рис. 5.2. Схема строения кадра

Блокировка кадра. Кадры программы, которые не должны запускаться при каждом выполнении программы, можно обозначить символом косой черты («/») перед словом номера кадра. Сама блокировка кадра активизируется во время управления (воздействие на программу: «SKP») или посредством адаптивного управления (сигнал). Один сегмент может быть выделен несколькими следующим друг за другом кадрами, обозначенными символом «/».

Если во время выполнения программы активна блокировка кадра, то все кадры программы, обозначенные символом « / », не запускаются. Все команды, имеющиеся в этих кадрах, не учитываются. Программа продолжается со следующего кадра без такого обозначения.

Комментарий, примечания. Команды в кадрах программы могут иметь комментарий (примечания). Комментарий начинается и заканчивается знаком « ; ». Комментарий отображается вместе с содержанием остального кадра в индикации актуального кадра.

Сообщения. Сообщения программируются в кадре. Сообщение отображается в специальном поле и остается активным до конца программы или пока кадр не будет выполнен с новым сообщением. Максимально могут отображаться 65 знаков текста сообщения MSG («DIES IST DER MELDETEXT»).

Элементы языка. Для программирования используются нижеследующие знаки, которые интерпретируются в зависимости от определений.

Буквы: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z.

Цифры: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Прописные и строчные буквы не различаются.

Специальные печатные символы:

- (Открывающая круглая скобка.
-) Закрывающая круглая скобка.
- [Открывающая квадратная скобка.
-] Закрывающая квадратная скобка.
- < Меньше.
- > Больше.
- : Главный кадр, конец метки.
- = Присвоение, знак равенства.
- / Деление, блокировка кадра.
- × Умножение.
- + Сложение, положительный начальный знак.
- Вычитание, отрицательный начальный знак.
- & Зарезервировано, не использовать.
- ` Зарезервировано, не использовать.
- \$ Системное обозначение переменных.
- ? Зарезервировано, не использовать.
- ! Зарезервировано, не использовать.
- “ Кавычки.

- _ Нижний штрих (относится к буквам).
- . Десятичная точка.
- , Запятая, разделитель.
- ; Начало комментария.
- % Резервировано, не использовать.

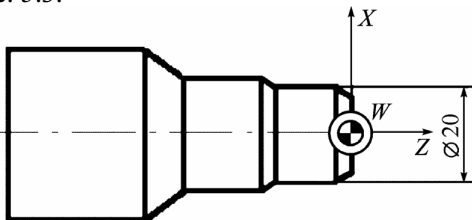
Специальные непечатные символы:

L_F Символ конца кадра.

Blank Разделитель между словами, знак пробела.

Tabulator Резервировано, не использовать.

Пример программирования (СПУ SINUMERIK 802D) приведен на рис. 5.3.



N10	; Фирма G&S № задания 12A71
N20	; Деталь насоса 17, № чертежа 123 677
N30	; Программа создана Н. Пиллок, отдел TV4
N40	; Главный кадр
MSG («RONTEIL SCHRUPPEN»)	
:50 G54 F4.7 S220 D2 M3	
N60 G0 G90 X100 Z200	
N70 G1 Z185.6	
N80 X112	; Пропуск кадра (выпадающий кадр)
/N90 X118 Z180	; Кадр может быть закоментирован
N100 X118 Z120	
N110 G0 G90 X200	
N120 M2	; Конец программы

Рис. 5.3. Пример программирования (СПУ SINUMERIK 802D)

Символ «:» – главный кадр. Главный кадр характеризует исходное состояние УП перед началом или возобновлением какой-либо обработки, устанавливает исходное состояние функций G и M.

В ряде случаев главный кадр в УП указывают сразу после смены очередного инструмента, определяя обработку каждым инструментом как отдельную часть программы. В главном кадре должна быть повторена информация, заданная ранее и необходимая для работы очередным инструментом.

Символ « / » – пропуск кадра (выпадающий кадр). При необходимости он может быть отработан на станке. При нажатии кнопки на пульте с символом « / » кадры программы, помеченные данным символом, выполняются.

Контрольные вопросы

1. Какие соблюдаются условия при выборе имени программы?
2. Какие знаки используются для программирования?

5.2. Кодирование управляющей программы

Список операторов СПУ SINUMERIK 802D указан в табл. 5.2–5.4.

Таблица 5.2

Список операторов СПУ SINUMERIK 802D

Адрес	Значение	Присвоение значений	Информация	Программирование
D	Номер коррекции инструмента	0...9, только целые числа без начального знака	Содержит данные коррекции для определенного инструмента T ...; D0 → значения коррекции = 0, максимально 9 номеров D для одного номера	D ...
F	Подача	0,001... 99999,999	Путевая скорость инструмента / детали, единица измерения в мм/мин или мм/оборот, в зависимости от G94 или G95	F ...
F	Время ожидания (кадр с G4)	0,001... 99999,999	Время ожидания в секундах	G4 F ... ; Собственный кадр
F	Изменение шага резьбы (кадр с G34, G35)	0,001... 99999,999	В мм/и ²	См. для G34, G35
Функции G / функции перемещения				
G	Функция G (условие траектории)	Только целые предварительно введенные значения	Функции G разделены на группы G. В одном кадре может быть описана только одна функция G из одной группы. Функция G может действовать модально (до вызова другой функции из этой группы) или она действует для кадра, в котором находится	G ... или символическое имя, например CIP

Список операторов СПУ SINUMERIK 802D

Адрес	Значение	Информация	Программирование
1	2	3	4
G0	Линейная интерполяция с ускоренным ходом	1. Команды движения	G0 X ... Z ...
G1*	Линейная интерполяция с подачей		G1 X ... Z ... F...
G2	Круговая интерполяция по часовой стрелке		G2 X ... Z ... I ... K ... F... – центр и конечная точка; G2 X ... Z ... CR = ... F ... – радиус и конечная точка; G2 AR = ... I ... K ... F... – угол раствора и центр; G2 AR = ... X ... Z... F... – угол раствора и конечная точка
G3	Круговая интерполяция против часовой стрелки		G3 ... – как для G2
CIP	Круговая интерполяция через промежуточную точку		CIP X ... Z ... П = ... K1 = ... F... ; П, K1 – промежуточная точка
CT	Круговая интерполяция, переход по касательной		N10 ... N20... CT Z ... X ... F... ; Окружность, переход по касательной к предыдущему отрезку пути – кадр № 10
G33	Нарезание резьбы с постоянным шагом	Действует модально	G33 Z ... K ... SF = ... – цилиндрическая резьба; G33 X ... I ... SF = ... – спиральная резьба; G33 Z ... X ... K ... SF = ... – коническая резьба, траектория по оси Z больше траектории по оси X; G33 Z ... X... I... SF = ... – коническая резьба, траектория по оси X больше траектории по оси Z
G34	Нарезание резьбы с уменьшающимся шагом		G33 Z ... K ... SF = – цилиндрическая резьба, постоянный шаг; G34 Z ... K ... F17,123 – шаг уменьшается с 17,123 мм/об ²
G35	Нарезание резьбы с увеличивающимся шагом		G33 Z ... K ... SF = – цилиндрическая резьба; G35 Z ... K ... F7,321 – шаг увеличивается с 7,321 мм/об ²
G331	Резьбовая интерполяция. Нарезание внутренней резьбы без компенсирующего патрона		N10 SPOS =... – шпиндель в режиме регулирования положения; N20 G331 Z ... K ... S ... – нарезание резьбы без компенсирующего патрона, например по оси Z.

1	2	3	4
			Правая или левая резьба определяется начальным знаком шага (например, K+): + как при M3; – как при M4
G332	Резьбовая интерполяция – обратный ход. Нарезание внутренней резьбы – отвод		G332 Z ... K ... – нарезание резьбы без компенсирующего патрона, например, по оси Z. Движение обратного хода ; Начальный знак шага как при G331
G4	Время ожидания	Время ожидания; действует по кадрам	G4 F ... – отдельный кадр, F: время ожидания в секундах; S: время ожидания ; Отдельный кадр, S: в оборотах шпинделя
G74	Движение к началу отсчета		G74 X1 = 0 Z1 = 0 – отдельный кадр (обозначение осей станка X1 = , Z1 =)
G75	Движение к фиксированной точке		G75 X1 = 0 Z1 = 0 ; Отдельный кадр (обозначение осей станка X1 = , Z1 =)
TRANS	Программируемое смещение нулевой точки	3. Запись памяти; действует по кадрам	TRANS X ... Z ; Отдельный кадр
SCALE	Программируемый коэффициент масштаба		SCALE X ... Z ... ; Коэффициент масштаба по направлению указанной оси, отдельный кадр
ROT	Программируемое вращение		ROT RPL = ... ; Поворот в актуальной плоскости G17 до G19, отдельный кадр
MIRROR	Программируемое отражение		MIRROR X0 ; Ось координат, у которой меняется направление, отдельный кадр
ATRANS	Аддитивное программируемое смещение		ATRANS X ... Z ... ; Отдельный кадр
ASCALE	Аддитивный программируемый коэффициент масштаба		ASCALE X ... Z ... ; Коэффициент масштаба по направлению указанной системы координат (X, Z)

1	2	3	4
AROT	Аддитивный программируемый поворот		AROT RPL = ... ; Аддитивный поворот в актуальной плоскости G17 до G19, отдельный кадр, RPL – угол поворота
AMIRROR	Аддитивное программируемое отражение		AMIRROR X0 ; Ось координат, у которой меняется направление, отдельный кадр ; Отдельный кадр
G25	Нижняя граница частоты вращения шпинделя или рабочего поля		G26 S ... ; Отдельный кадр G25X ... Z ... ; Отдельный кадр
G26	Верхняя граница частоты вращения шпинделя или рабочего поля		G26 S ... ; Отдельный кадр G26 X ... Z ... ; Отдельный кадр
G17	Плоскость X / Y (необходимо при центрированном сверлении, фрезеровании TRANSMIT)	6. Выбор плоскости	
G18*	Плоскость Z / X (нормальная токарная обработка)		
G19	Плоскость Y / Z (необходимо при фрезеровании TRACYL)		
G40*	Выключение коррекции радиуса инструмента	7. Коррекция радиуса инструмента; действует модально	
G41	Коррекция радиуса инструмента слева от контура		

1	2	3	4
G42	Коррекция радиуса инструмента справа от контура		
G500*	Выключение устанавливаемого смещения нулевой точки		
G54	1 – устанавливаемое смещение нулевой точки	8. Устанавливаемое смещение нулевой точки; действует модально	
G55	2 – устанавливаемое смещение нулевой точки		
G56	3 – устанавливаемое смещение нулевой точки		
G57	4 – устанавливаемое смещение нулевой точки		
G58	5 – устанавливаемое смещение нулевой точки		
G59	6 – устанавливаемое смещение нулевой точки		

1	2	3	4
G53	Покадровая блокировка устанавливаемого смещения нулевой точки	9. Блокировка устанавливаемого смещения нулевой точки; действует по кадрам	
G153	Покадровая блокировка устанавливаемого смещения нулевой точки, включая базовый фрейм		
G60*	Точный останов	10. Характеристика подвода; действует модально	
G64	Режим управления траекторией		
G9	Точный останов по кадрам	11. Точный останов; действует по кадрам	
G601*	Окно точного останова при G60, G9	12. Окно точного останова; действует модально	
G602	Окно грубого останова при G60, G9		
G70	Ввод размеров в дюймах	13. Ввод размеров, дюймы/мм; действует модально	
G71*	Ввод размеров в метрической системе		
G700	Ввод размеров в дюймах, также для подачи F		

1	2	3	4
G710	Ввод размеров в метрической системе, также для подачи F		
G90*	Ввод абсолютных размеров	14. Абсолютные / относительные размеры; действуют модально	G96 S ... LIMS = ... F ...
G91	Ввод относительных размеров		
G94	Подача F в мм/мин		
G95*	Подача шпинделя F в мм/об		
G96	Включение постоянной скорости резания при токарной обработке (F в мм / об, S в м/мин)		
G97	Выключение постоянной скорости резания при токарной обработке		
G450*	Переходная окружность	18. Угловая характеристика при коррекции радиуса инструмента; действует модально	
G451	Точка пересечения		
BRISK*	Скачкообразное ускорение	21. Профиль ускорения; действует модально	
SOFT	Ускорение с ограничением темпа		

1	2	3	4
FFWOF*	Выключение предварительного управления	24. Предварительное управление; действует модально	
FFWON	Включение предварительного управления		
WALIMON*	Включение ограничения рабочего поля	28. Ограничение рабочего поля; действует модально	; Действительно для всех осей, которые были активизированы посредством установочных данных, значение вводится согласно G25, G26
WALIMOF	Выключение ограничения рабочего поля		
DIAMOF	Ввод размера радиуса	29. Ввод размера радиуса / диаметра; действует модально	
DIAMON*	Ввод размера диаметра	47. Внешний язык ПУ; действует модально	
G290*	Режим SIEMENS		
G291	Внешний режим		

*Функции, обозначенные данным символом, действуют в начале программы (в поставляемой версии системы управления, если не запрограммировано что-либо другое и производитель станка сохранил стандартную настройку для технологии «Токарная обработка»).

Список операторов СПУ SINUMERIK 802D

Адрес	Значение	Присвоение значений	Информация	Программирование
1	2	3	4	5
H H0 = до H9999 =	Функция H	$\pm 0,0000001 \dots$ 9999,9999 (8 десятичных знаков) или с указанием экспонента \pm ($10^{-300} \dots 10^{+300}$)	Передача значения в PLC. Определение значения производителем станка	H0 = ... H9999 = Например, H7 = 23,456
I	Параметры интерполяции	$\pm 0,001 \dots$ 99999,999 Резьба 0,001 ... 2000,000	Относится к оси X, значение зависит от G2, G3 → центр окружности или G33, G34, G35, G31, G32 → шаг резьбы	См. G2, G3 и G33, G34, G35
K	Параметры интерполяции	$\pm 0,001 \dots$ 99999,999 Резьба 0,001 ... 2000,000	Относится к оси Z, также для адреса I	См. G2, G3 и G33, G34, G35
II =	Промежуточная точка для круговой интерполяции	$\pm 0,001 \dots$ 99999,999	Относится к оси X, ввод данных при круговой интерполяции посредством CIP	См. CIP
KI =	Промежуточная точка для круговой интерполяции	$\pm 0,001 \dots$ 99999,999	Относится к оси Z, ввод данных при круговой интерполяции посредством CIP	См. CIP
L	Подпрограмма, имя и вызов	7 десятичных знаков, только целые числа, без начального знака	Вместо свободно-го имени можно выбрать L1 ... L9999999; поэтому подпрограмма (UP) вызывается в отдельном кадре. Внимание: L0001 не равно L1, имя «LL6» зарезервировано для UP замены инструмента	L ... ; Отдельный кадр
M	Дополнительная функция	0 ... 99, только целые числа, без начального знака	Например, для запуска таких коммутационных операций, как «Включе-	M ...

1	2	3	4	5
			ние охлаждающего средства», максимум 5 функций М в одном кадре	
M0	Программируемый останов		Если в конце кадра стоит M0, то обработка прекращается, продолжение при нажатии клавиши START	
M1	Останов по выбору		Как для M0, но останов только при наличии специального сигнала (влияние на программу: «M01»)	
M2	Конец программы		Стоит в последнем кадре	
M30		–	Зарезервировано	
M17		–	Зарезервировано, не использовать	
M3	Правое вращение шпинделя			
M4	Левое вращение шпинделя			
M5	Останов шпинделя			
Mn = 3	Правое вращение шпинделя (для шпинделя n)		n=1 или = 2	M2 = 3 ; Правое вращение останова для шпинделя 2
Mn = 4	Левое вращение шпинделя (для шпинделя n)		n = 1 или = 2	M2 = 4 ; Левое вращение останова для шпинделя 2
Mn = 5	Останов шпинделя (для шпинделя n)		n = 1 или = 2	M2 = 5 ; Останов шпинделя для шпинделя 2
M6	Смена инструмента		Только если активизировано через машинный параметр с M6, иначе смена непосредственно с T-командой	
M40	Автоматическое переключение ступеней редуктора (для мастер-шпинделя)			
Mn = 40	Автоматическое переключение ступеней редуктора (для шпинделя n)		n = 1 или =2	M1 = 40 автоматическая ступень редуктора для шпинделя 1

1	2	3	4	5
M41 до M45	Ступень редуктора 1 до 5 (для мастер-шпинделя)			
Mn = 41 до Mn = 45	Ступень редуктора 1 до 5 (для шпинделя n)		n = 1 или = 2	M2 = 41 1-я ступень редуктора для шпинделя 1
M70, M19	–		Зарезервировано, не использовать	
M ...	Прочие M-функции		Со стороны системы управления функции не определены, поэтому производитель станков может их использовать	
N	Номер кадра – вспомогательный кадр	0 ... 99 999 999; только целые числа, без начального знака	Может использоваться для обозначения номеров кадров, стоит в начале кадра	N20
:	Главный кадр	0 ... 99 999 999; только целые числа, без адреса N	Особое обозначение кадров – вместо N ..., этот кадр должен содержать все команды для очередного комплексного шага обработки	:20
P	Количество прогонов подпрограммы	1 ... 9999; только целые числа, без начального знака	Стоит при многократном прогоне подпрограммы в кадре вызова	L781 P... ; Отдельный кадр N10 L871 P3 трехкратный прогон
R0 до R299	Параметры вычисления	$\pm 0,0000001 \dots 9999,9999$ (8 десятичных знаков) или с указанием экспонента $\pm (10^{-300} \dots 10^{+300})$		
Функции вычисления			Помимо 4 основных типов вычисления +, -, *, / существуют следующие функции	

1	2	3	4	5
SIN()	Синус	Значение в градусах		R1 = SIN (17,35)
COS()	Косинус	Значение в градусах		R2 = COS (R3)
TAN()	Тангенс	Значение в градусах		R4 = TAN (R5)
ASIN()	Арксинус			R10 = ASIN (0,35) R10: 20,487 град.
ACOS()	Арккосинус			R20 = ACOS (R2) R20: ... град.
ATAN 2()	Арктангенс 2		Из двух расположенных перпендикулярно друг к другу векторов вычисляется угол суммарного вектора. Угловым отношением всегда является второй указанный вектор. Результат в диапазоне $-180 \dots +180$ град.	R40 = ATAN2 (30,5 ... 80,1) R40: 20,8455 град.
SQRT()	Квадратный корень			R6 = SQRT (R7)
POT()	Возведение в квадрат			R12 = POT (R13)
ABS()	Модуль			R8 = ABS (R9)
TRUNC()	Целая часть			R10 = = TRUNC (R2)
LN()	Натуральный логарифм			R12 = LN (R9)
EXP()	Показательная функция			R13 = EXP(R1)
RET	Конец подпрограммы		Используется вместо M2 – для поддержания режима управления траекторией	RET ; Отдельный кадр
S ...	Частота вращения шпинделя (мастер-шпиндель)	0,001 ... 99999,999	Частота вращения шпинделя в мин^{-1}	S ...

1	2	3	4	5
S1 = ...	Частота вращения для шпинделя 1	0,001 ... 99999,999	Частота вращения шпинделя в мин ⁻¹	S1 = 725 Частота вращения 725 мин ⁻¹ для шпинделя 1
S2 = ...	Частота вращения для шпинделя 2	0,001 ... 99999,999	Частота вращения шпинделя в мин ⁻¹	S2 = 730 Частота вращения 730 об/мин ⁻¹ для шпинделя 2
S	Скорость резания при активной функции G96	0,001 ... 99999,999	Скорость резания в м/мин при G96, функция только для мастер-шпинделя	G96 S ...
S	Время ожидания в кадре с G4	0,001 ... 99999,999	Время ожидания в оборотах шпинделя	G4 S... ; Отдельный кадр
T	Номер инструмента	1 ... 32 000; только целые числа, без начального знака	Замена инструмента происходит непосредственно с помощью команды T или функции M6. Это устанавливается в станочных характеристиках	T ...
X	Ось	±0,001 ... 99999,999	Информация по траектории	X ...
Y	Ось	±0,001 ... 99999,999	Информация по траектории, например для TRACYL, TRANSMIT	Y ...
Z	Ось	±0,001 ... 99999,999	Информация по траектории	Z ...
AC	Абсолютная координата	–	Для определенной оси можно по кадрам ввести значение конечной точки и центра, отличных от G91	N10 G91 X10 Z = AC (20) Относительный размер X Абсолютный размер Z
ACC[Achs]	Коррекция ускорения в процентах	1 ... 200; целые числа	Коррекция ускорения для оси или шпинделя, значение в процентах	N10 ACC[X] = 80 Для оси X – 80% N20 ACC[S] = 50 Для шпинделя – 50%
ACP	Абсолютная координата,	–	Для определенной оси можно по кадрам ввести значе-	N10 A = = ACP(45,3) Подвод к абсо-

1	2	3	4	5
	подвод к позиции в положительном направлении (для круговой оси, шпинделя)		ние конечной точки посредством ACP (...), отличное от G90/G91, также используется при позиционировании шпинделя	лотной позиции оси A в положительном направлении N20 SPOS = = CAN (33,1) Позиционирование шпинделя
ACN	Абсолютная координата, подвод к позиции в отрицательном направлении (для круговой оси, шпинделя)	–	Для определенной оси можно по кадрам ввести значение конечной точки посредством CAN (...), отличное от G90/G91, также используется при позиционировании шпинделя	N10 G1 X ... Z ... N11 X ... ACN = ... или в нескольких кадрах N10 G1 X ... Z ... N11 ACN = ... N12 X ... Z ... ACN = ...
ANG	Угол для ввода прямой в отрезок контура	$\pm 0,00001$... 359,99999	Значение в градусах, возможность ввода прямой при G0 или G1, известна только координата конечной точки плоскости или она не известна при программировании контура в нескольких кадрах	Смотри G2; G3
AR	Угол для круговой интерполяции	0,00001 ... 359,99999	Значение в градусах, возможность определения окружности при G2/G3	N10 CALL VARNAME имя переменной
CALL	Непрямой вызов цикла	–	Специальная форма цикла, нет параметра передачи, имя цикла определяется в переменных, предназначенных только для использования внутри цикла	N10 X ... Z ... CHF = ... N11 X ... Z ...
CHF	Фаска, общее использование	0,001 ... 99999,999	Вставляет фаску между двумя кадрами контура с указанием значения длины	N10 X ... Z ... CHR = ... N11 X ... Z ...

1	2	3	4	5
CHR	Фаска, в отрезке контура	0,001 ... 99999,999	Вставляет фаску между двумя кадрами контура с указанием значения ширины	См. G2; G3
CR	Радиус для круговой интерполяции	0,001 ... 99999,999 Отрицательный знак для выбора окружности: больше половины	Возможность определения окружности при G2/G3	
CYCLE ...	Цикл обработки	Только предварительно заданные числа	Для вызова цикла обработки нужен отдельный кадр, необходимо ввести значение для предусмотренных параметров передачи. Специальный вызов цикла с помощью функции MCALL или CALL	
CYCLE 82	Сверление, цекование			N5 RTP = 110 RFP = 100 ... присвоит значение N10 CYCLE82 (RTP, RFP, SDIS, DP, DTB ...)
CYCLE83	Глубокое сверление		CYCLEG83 (RTP, RFP, SDIS, DP, DRR, FDP ...)	N10 CYCLE83 (110, 100, ...) или передавать значение напрямую, отдельный кадр
CYCLE840	Нарезание резьбы с компенсирующей оправкой			N10 CYCLE840 (...) ; Отдельный кадр
CYCLE84	Нарезание резьбы без компенсирующей оправки			N10 CYCLE84 (...) ; Отдельный кадр
CYCLE85	Развертывание			N10 CYCLE85 (...) ; Отдельный кадр

1	2	3	4	5
CYCLE86	Растачивание			N10 CYCLE86 (...) ; Отдельный кадр
CYCLE88	Сверление с остано- вом			N10 CYCLE88 (...) ; Отдельный кадр
CYCLE93	Выточка			N10 CYCLE93 (...) ; Отдельный кадр
CYCLE94	Выточка DIN76 (формы E и F), чис- товая обработка			N10 CYCLE94 (...) ; Отдельный кадр
CYCLE95	Точение с торца			N10 CYCLE95 (...) ; Отдельный кадр
CYCLE97	Резьбонарезание			N10 CYCLE97 (...) ; Отдельный кадр
DC	Абсо- лютная коорди- ната, подвод непосред- ственно к позиции	–	Для круговой оси можно ввести значение конечной точки с помощью DC (...), отличное от G90/G91, также используются при позиционировании шпинделя	N10 A = DC (45,3) Непосредственный подвод к позиции оси A N20 SPOS = = DC(33,1) Позиционирование шпинделя
DEF	Команда опреде- ления		Определить локаль- ную переменную пользователя типа BOOL, CHAR, INT, REAL непо- средственно в начале программы	DEF INT VAR11 = = 24 VAR12 2 переменных типа INT Имя устанавливает пользователь
FXS[Achse]	Наезд на жесткий упор	= 1: вклю- чить = 0: вы- ключить	Ось: использовать идентификатор оси станка	N20 G1 X10 X25 FXS[Z1] = 1 FXST[Z1] = 12,3 FXSW[X1] = 2
FXST[Achse]	Момент закреп- ления, наезд на жесткий упор	> 0,0 ... 100,0	В процентах, мак- симально 100% от максимального момента привода. Ось: использовать идентификатор оси станка	N30 FXST[Z1] = = 12,3
FXSW[Achse]	Ширина окна для жесткого упора	> 0,0	Единица измере- ния: мм или град. Ось: использовать идентификатор оси станка	N40 FXSW[Z1] = = 2,4

1	2	3	4	5
GOTOB	Команда перехода назад	–	С помощью метки осуществляется переход к маркированному кадру по направлению к началу программы	N10 LABEL1: N100 GOTOB LABEL1
GOTOF	Команда перехода вперед	–	С помощью метки осуществляется переход к маркированному кадру по направлению к концу программы	N10 GOTOF LABEL2 ... N130 LABEL2 ...
IC	Координата в относительном размере	–	Для определения оси можно по кадрам ввести значение конечной точки и центра, отличных от G90	N10 G90 X10 Z = = IC (20) Z – относительный размер X – абсолютный размер
IF	Условие перехода	–	При выполненном условии происходит переход к кадру Label., еще в одном кадре возможны: команда / кадр / несколько IF-команд. Операторы сравнения: = равно, > больше, > = больше или равно < = меньше или равно <> неравно < меньше	N10 IF R1 > > 5 GOTOF LABEL3 ... N80 LABEL3: ...
LIMS	Верхняя граница частоты вращения шпинделя при G96, G97	0,001 ... 99999,999	Ограничивает частоту вращения шпинделя при включенной функции G96 – постоянная скорость резания и G97	См. G96
MEASA	Измерение с удалением остатка траектории	+1 –1	= +1: Вход измерения 1, возрастающий фронт = –1: Вход измерения 1, падающий фронт	N10 MEAS = IG1 X ... Z ... F ...

1	2	3	4	5
MEAW	Измерение без удаления остатка траектории	+1 -1	= +1: Вход измерения 1, возрастающий фронт = -1: Вход измерения 1, падающий фронт	N10 MEAW = 1 G1 X ... Z ... F ...
\$A_DBB[n] \$A_DBW(n) \$A_DBD[n] \$A_DBR[n]	Бит данных. Слово данных. Двойное слово данных. Реальные данные		Запись и считывание переменных PLC	N10 \$A_DBR(5) = 16,3 – запись реальных переменных с положением смещения 5 (положение, тип и значение согласованы между ПУ и PLC)
\$A_MONIFACT	Коэффициент для контроля времени простоя	> 0,0	Значение инициализации: 1,0	N10 \$A_MONIFACT = 5,0 – в 5 раз ускоренный прогон времени простоя
\$AA_FXS[Achse]	Статус, наезд на жесткий упор	–	Значение: 0 ... 5 Ось: идентификатор оси	N10 IF \$AA_FXS[X1] = 1 GOTO F ...
\$AA_MM[Achse]	Результат измерения оси в системе координат детали	–	Ось: обозначение оси, движущейся во время измерения (X, Z)	N10 R1 = \$AA_MM[X1]
\$AA_MW[Achse]	Результат измерения оси в системе координат детали	–	Ось: обозначение оси, движущейся во время измерения (X, Z)	N10 R2 = \$AA_MW[X1]
\$AC_MEA[I]	Статус задания измерения	–	Состояние при остановке: 0: исходное состояние, щуп не включался 1: щуп включался	N10 IF \$AC_MEAS[1] = 1 GOTO F ... Если измерительный щуп включался, программа продолжается ...

1	2	3	4	5
\$A... .. TIME	Таймеры работы: \$AN_SETUP_TIME \$AN_POWERON_ TIME \$AC_OPERATING_ TIME \$AC_CYCLE_ TIME \$AC_CUTTING_ TIME	0,0 ... 10 ⁺³⁰⁰ мин (только для чте- ния)	Системные переменные: Время после последнего запуска системы. Время после последнего обычного запуска. Общее вре- мя работы всех прог- рамм ПУ. Время рабо- ты прог- раммы ПУ (определя- ется). Время ис- пользования инструмента	N10 IF \$AC_CYCLE_ TIME = = 50,5 ...
\$AC ... _PARTS	Счетчик деталей: \$AC_TOTAL_ PARTS \$AC_REQUIRED_ PARTS \$AC_ACTUAL_ PARTS \$AC_SPECIAL_ PARTS	0 ... 999 999 999, целые чис- ла	Системные переменные: Общее фак- тическое значение. Заданное значение деталей. Актуальное фактическое значение. Количество деталей – определяет- ся пользова- телем	N10 IF \$AC_ACTUAL_ PARTS = = 15 ...
\$AC_ MSNUM	Номер активного мастер-шпинделя		Только для чтения	
\$P_ M_SNUM	Номер запрограм- мированного мас- тер-шпинделя		Только для чтения	
\$P_NUM_ SPINDELES	Количество спро- ектированных шпинделей		Только для чтения	

1	2	3	4	5
\$AA_S[n]	Фактическое число оборотов шпинделя n		Номер шпинделя n = 1 или = 2, только для чтения	
\$P_S[n]	Последнее запрограммированное число оборотов шпинделя n		Номер шпинделя n = 1 или = 2, только для чтения	
\$AC_SDIR[n]	Актуальное направление вращения шпинделя n		Номер шпинделя n = 1 или = 2, только для чтения	
\$P_SDIR[n]	Последнее запрограммированное вращение шпинделя		Номер шпинделя n = 1 или = 2, только для чтения	
\$P_TOOLNO	Номер активного инструмента T	–	Только для чтения	N10 IF \$P_TOOLNO = 12 GOTOF
\$P_TOOL	Активный D-номер активного инструмента	–	Только для чтения	N10 IF \$P_TOOL = 1 GOTOF
\$TC_MOP1 [t, d]	Граница предупреждения времени простоя	0,0 ...	В минутах, записывать или считывать значение для инструмента t, D – номер d	N10 IF \$TC_MOP1[13,1] < 15,8 GOTOF
\$TC_MOP2 [t, d]	Остаток времени простоя	0,0 ...	В минутах, записывать или считывать значение для инструмента t, D – номер d	N10 IF \$TC_MOP2 [13,1] < 15,8 GOTOF
\$TC_MOP3 [t, d]	Граница предупреждения числа изделия	0 ... 999 999 999, целые числа	Записывать или считывать значение для инструмента t, D – номер d	N10 IF \$TC_MOP3 [13,1] < 15 GOTOF

1	2	3	4	5
\$TC_MOP4 [t, d]	Остаток числа изделий	0 ... 999 999 999, целые числа	Записывать или считывать зна- чения для инст- румента t, D – номер d	N10 IF \$TC_MOP4 [13,1] < 8GOTOF
\$TC_MOP11 [t, d]	Заданное время простоя	0,0 ...	В мин., записы- вать или счита- ывать значе- ния для инст- румента t, D – номер d	N10 \$TC_MOP11 [13,1] = 247,5
\$TC_MOP13 [t, d]	Заданное число изделий	0 ... 999 999 999, целые числа	Записывать или считывать значения для инструмента t, D – номер d	N10 \$TC MOP13[13,1] = = 715
\$TC_MOP8 [t]	Состояние инстру- мента	–	Состояние при поставке – кодирование по битам для инструментов t (бит 0 до бит 4)	N10 IF \$TC_TP8[1] = = 1GOTOF
\$TC_MOP8 [t]	Способ контроля инстру- мента	0 ... 2	Способ контро- ля для инстру- мента t, запи- сывать или считывать 0: нет контроля, 1: время про- стоя, 2: число изделий	N10 \$TC TP9[1] = 2 выбрать кон- троль числа изделий
MSG()	Сообще- ние	Максимум 65 знаков	Текст сообще- ния в кавычках	MSG («MELDETEXT») ; Отдельный кадр ... N150 MSG() удаление пре- дыдущего со- общения
OFFN	Ширина паза при TRACYL, данные припуска	–	Действует только при включении коррекции радиуса инст- румента G41, G42	N100 OFFN = = 12,4

1	2	3	4	5
RND	Закругление	0,010 ... 999 999 999	Вводит округление по касательной между двумя кадрами контура с указанным значением радиуса	N10 X... Z... RND = ... N11 X ... Z ...
RPL	Угол поворота при ROT, AROT	$\pm 0,00001$... 359,9999	Данные в градусах, угол для программируемого поворота в актуальной плоскости G17 до G19	См. ROT, AROT
SET (...) REP ()	Установка значений для полей переменных		SET: различные значения отведенного элемента до соответствующего количества значений REP; ; Одинаковые значения от отведенного элемента до конца поля	DEF REAL VAR2[12] = = REP(4,5) все элементы значения 4,5 N10 R10 = = SET(1,1; 2,3; 4,4) R10 = 1,1, R11 = 2,3, R12 = 4,4
SETMS(n) SETMS	Установить шпиндель как задатчик	n = 1 или n = 2	n – номер шпинделя, мастер-шпиндель по умолчанию действителен только со SETMS	N10 SETMS(2) ; Отдельный кадр, 2-й шпиндель = = мастер-шпинделю
SF	Смещение стартовой точки резьбы при G33	0,001 ... 359,999	Значение в градусах, вставная точка при G33 смещается на указанное значение	См. G33
SPI(n)	Обращает номер шпинделя n в идентификатор оси		n = 1 или = 2 идентификатор оси: например, «SP1» или «C»	

1	2	3	4	5
SPOS SPOS(n)	Позиционирование мастер-шпинделя Позиционирование шпинделя с номером n	0,0000 ... 359,9999	Значение в градусах, шпиндель останавливается в указанной позиции (шпиндель должен быть технически предназначен для этого) Номер шпинделя n: 1 или 2	N10 SPOS = N10 SPOS = ACP(...) N10 SPOS = CAN(...) N10 SPOS = IC(...) N10 SPOS = DC(...)
STOPRE		–	Специальная функция, следующий кадр расшифровывается только тогда, когда завершится кадр перед STOPRE	STOPRE ; Отдельный кадр
TRACYL(d)		d: 1,000 ... 99999,999	Кинематическая трансформация (доступна только при имеющейся опции, проектирование)	TRACYL(20,4) ; Отдельный кадр диаметр цилиндра: 20,4 мм TRACYL(20.4,1) также возможно
TRANSMIT		–	Кинематическая трансформация (доступна только при имеющейся опции, проектирование)	TRANSMIT ; Отдельный кадр TRANSMIT(1) также возможно
TRAFOOF		–	Отключает все кинематические трансформации	TRAFOOF ; Отдельный кадр

5.3. Программирование обработки на станках с ПУ

Абсолютные / относительные размеры G90, G91, AC, IC. Функции. G90 – ввод размеров в абсолютных значениях. Функция G90 указывает, что величины перемещений, заданные в кадре, представляют собой координаты конечной точки участка относительно нуля текущей системы координат. G91 –

ввод размеров в приращениях (относительная система координат). Функция G91 указывает на то, что величины перемещений, заданные в кадре, представляют собой координаты конечной точки участка относительно его начальной точки. Знак «+» или «-» показывает направление перемещения.

В зависимости от установок G90/G91 можно по кадрам указать определенную информацию по траектории в абсолютных (AC) или относительных (IC) размерах. Эти команды не определяют траекторию, по которой достигаются конечные точки. Для этого существует группа G (G0, G1, G2, G3 ...).

Программирование (рис. 5.4):

G90 ; Ввод абсолютных размеров.

G91 ; Ввод относительных размеров.

Z = AC(..) ; Ввод абсолютных размеров для определенной оси (здесь Z-ось). Действует в том кадре, в котором записана.

Z = IC(..) ; Ввод относительных размеров для определенной оси (здесь Z-ось). Действует только в том кадре, в котором записана.

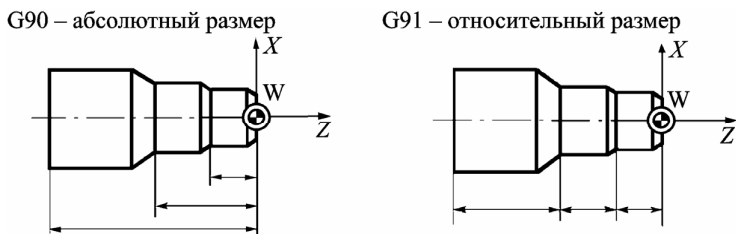


Рис. 5.4. Задание размеров эскизов обработки

При запуске программы для всех осей функция G90 действует до тех пор, пока в последующих кадрах не будет выбрана функция G91 (ввод относительных размеров действует модально).

Начальный знак указывает направление перемещения.

G91 действует для всех осей и отменяется функцией G90 (ввод абсолютных размеров), выбираемой в последующих кадрах.

Ввод данных посредством = AC(...), = IC(...). После конечной координатной точки необходимо ввести знак, а затем значение в круглых скобках.

Для центров окружностей также возможен ввод абсолютных значений посредством функции = AC(...). Исходной точкой центра окружностей является начальной точка окружности.

Пример программирования:

N10 G90 G00 X20 Z90 ; Ввод абсолютного размера.

N20 G01 X75 Z = IC(-32) ; Размеры X все еще абсолютные,
Z – относительные.

...

N180 G91 X40 Z20; Переключение на относительные
размеры

N190 X-12 Z=AC (17) ; Размеры X все еще относитель-
ные, Z – абсолютные.

Размеры метрические и дюймовые: G70, G71, G710, G700. *Функции.* Если размеры детали отличаются от основных системных установок системы управления (дюймы или миллиметры), то размеры можно вводить непосредственно в программу. Система управления осуществляет необходимый перерасчет в основную систему.

Программирование:

G70 ; Ввод размеров в дюймах.

G71 ; Ввод размеров в метрических единицах.

G700 ; Ввод размеров в дюймах, также для подачи F.

G710 ; Ввод размеров в метрических единицах (миллиметрах), также для подачи F (мм/мин).

Пример программирования:

N10 G70 X10 Z30 ; Размеры в дюймах.

N20 X40 Z50 ; Функция G70 все еще действует.

...

N80 G71 X19 Z17,3 ; Начинают действовать размеры в метрических единицах.

...

Информация. В зависимости от основной установки системы управления интерпретируют все геометрические значения как метрические или дюймовые размеры. Под геометрическими значениями понимаются также корректировки инструментов и устанавливаемое смещение в нулевой точке, включая индикацию, а также подача F в мм/мин, дюйм/мин.

Основная установка определяется посредством станочной характеристики. Все имеющиеся в этом руководстве примеры исходят из основной установки в метрической системе.

Функция G70 или G71 анализирует все геометрические данные, которые относятся непосредственно к детали, соответственно в дюймах или метрических единицах, например:

- информацию по траектории X, Z при $G0, G1, G2, G3, G33, CIP, CT$;
- параметры интерполяции I, K (также шаг резьбы);
- радиус окружности CR ;
- программируемое смещение в нулевой точке ($TRANS, ATRANS$).

Функция $G70$ или $G71$ не оказывает влияния на все остальные геометрические значения, которые не относятся непосредственно к детали, например на подачу, корректировки инструмента, устанавливаемое смещение нулевой точки. А функции $G700/G710$, наоборот, влияют на подачу F (дюйм/мин; дюйм/оборот или мм/мин, мм/оборот).

Размер радиуса / диаметра: DIAMOF, DIAMON. Функции. Для обработки деталей на токарных станках данные траектории для оси X (поперечная ось) обычно программируются как данные диаметра. При необходимости программе можно переключиться на ввод радиуса или диаметра. $DIAMOF$ или $DIAMON$ оценивает данные конечной точки для оси X как данные радиуса или диаметра. Соответствующее фактическое значение появляется в индикации для системы координат детали.

Программирование (рис. 5.5):

$DIAMOF$; Данные радиуса.

$DIAMON$; Данные диаметра.

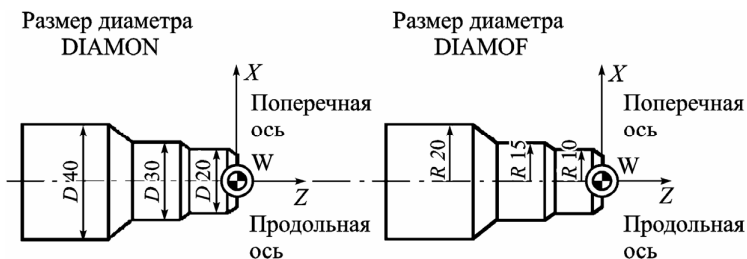


Рис. 5.5. Данные диаметра и радиуса для поперечной оси

Пример программирования:

N10 DIAMON X44 Z30 ; Диаметр для оси X .

N20 X48 Z25 ; Функция $DIAMON$ все еще действует.

...

N110 DIAMOF X22 Z30 ; Переключение на радиус для оси X с этого места.

N120 X24 Z25.

N130 Z10.

...

Программируемое смещение нулевой точки: TRANS, ATRANS. Функции. При повторении форм / конфигураций в различных позициях и положениях детали при выборе нового начала отсчета для указания размеров или для определения припусков во время черновой обработки может устанавливаться программируемое смещение нулевой точки. Это приводит к появлению актуальной системы координат детали. К ней относятся все по-новому записанные данные. Смещение возможно по всем осям.

Указание. Вследствие функции программирования диаметра: DIAMON и постоянной скорости резания: G96 нулевая точка детали по оси X должна находиться в центре вращения. Здесь смещение не должно действовать или может быть очень незначительным (например, в виде припуска).

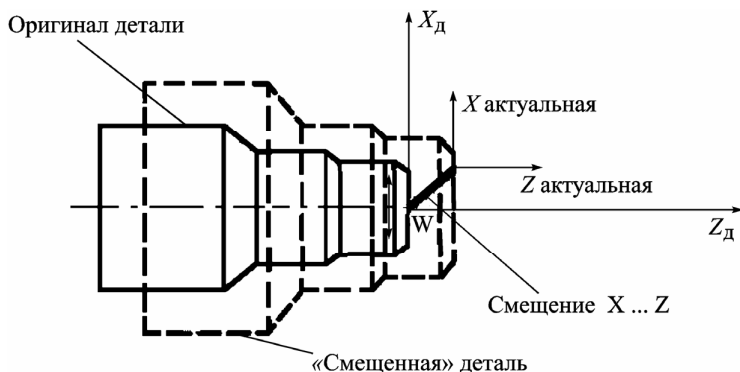


Рис. 5.6. Действие программируемого смещения

Программирование:

TRANS Z ; Программируемое (рис. 5.6) смещение, удаляет старые команды смещения, вращения, коэффициента масштабирования, отражения.

ATrans Z ; Программируемое смещение дополнительно к существующим командам.

TRANS ; Без значений: удаляет старые команды смещения, вращения, коэффициента масштабирования, отражения.

Для команды TRANS/ATrans постоянно необходим отдельный кадр.

Пример программирования:

N10 ...

N20 TRANS Z5 ; Программируемое смещения, 5 мм в оси Z.

N30 L10 ; Вызов подпрограммы, содержащей геометрию для смещения.

...

N70 TRANS ; Удаление смещения.

...

Программируемый коэффициент масштаба: SCALE, ASCALE. *Функции.* Посредством функций SCALE, ASCALE можно для всех осей запрограммировать коэффициент масштаба, на который уменьшается или увеличивается данная ось. Масштаб изменяется относительно актуального установленной системы координат.

Программирование:

SCALE X ... Z ... ; Программируемый коэффициент масштаба, удаляет старые команды смещения, вращения, коэффициента масштабирования, отражения.

ASCALE X ... ; Программируемый коэффициент масштаба, дополнительно к существующим командам.
Z ...

SCALE ; Без значений: удаляет старые команды смещения, вращения, коэффициента масштабирования, отражения.

Для команд SCALE, ASCALE необходим отдельный кадр.

Указания: 1. Для окружностей по обеим осям необходимо использовать один и тот же коэффициент.

2. Если при активизации функции SCALE / ASCALE запрограммирована функция ATRANSE, то эти значения смещения так же масштабируются.

Пример программирования:

N20 L10 ; Оригинал запрограммированного контура.

N30 SCALE X2 Z2.

N40 L10 ; Увеличение контура по осям X и Z в 2 раза.

...

Вызов подпрограммы – см. главу «Подпрограммы».

Информация. Наряду с программируемым смещением и коэффициентом масштаба существуют еще функции:

- программируемые вращения ROT, AROT;
- программируемые отражения MIRROR, AMIRROR.

Использование этих функций задается преимущественно для фрезерной обработки. На токарных станках это возможно с помощью функции TRANSMIT или TRACYL.

Устанавливаемое смещение нулевой точки: от G54 до G59, G500, G53, G153. *Функции.* Устанавливаемое смещение нулевой точки (рис. 5.7) показывает положение нулевой точки детали относительно нулевой точки станка. Это смещение вычисляется при закреплении детали на станке и относится в предусмотренное поле памяти посредством управления. Активируется при задании одной из шести возможных команд: от G54 до G59.

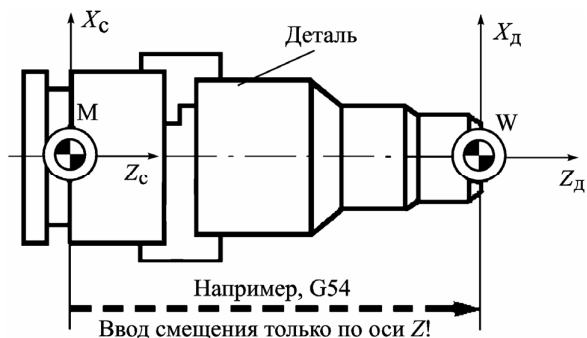


Рис. 5.7. Устанавливаемое смещение нулевой точки

Программирование:

G54 ; 1 – устанавливаемое смещение нулевой точки.

G55 ; 2 – устанавливаемое смещение нулевой точки.

G56 ; 3 – устанавливаемое смещение нулевой точки.

G57 ; 4 – устанавливаемое смещение нулевой точки.

G58 ; 5 – устанавливаемое смещение нулевой точки.

G59 ; 6 – устанавливаемое смещение нулевой точки.

G500 ; Выключение устанавливаемого смещения нулевой точки – действует модально.

G53 ; Включение устанавливаемого смещения нулевой точки – действует по кадрам, также блокирует программируемое смещение.

G153 ; Как G53, дополнительно блокируется базовый фрейм.

Пример программирования:

N10 G54 ... ; Вызов первого устанавливаемого смещения нулевой точки.

N20 G1 X ... Z ... ; Обработка детали.

...

N90 G500 G0 X ... ; Выключение устанавливаемого смещения нулевой точки.

Программируемое ограничение рабочего поля: G25, G26, WALIMON, WALIMOF. *Функции.* Посредством функции G25/G26 можно определить рабочую область для всех осей, в пределах которых можно осуществлять движения. При активной коррекции длины инструмента конец инструмента является определяющим, в противном случае – исходная точка суппорта станка. Координаты относятся к станку. Чтобы использовать ограничение рабочего поля, для каждой оси его следует активизировать установочные данные (в меню Offset / Setting data / Work area limit). В этом диалоге можно предварительно устанавливать значения для ограничения рабочего поля. Они действительны в режиме работы JOG. В программе обработки деталей с помощью функций G25/G26 могут изменяться значения для отдельных осей, причем значение ограничения рабочего поля переписывается в установочных данных. С помощью функций WALIMON / WALIMOF в программе включается / выключается ограничение рабочего поля (рис. 5.8).

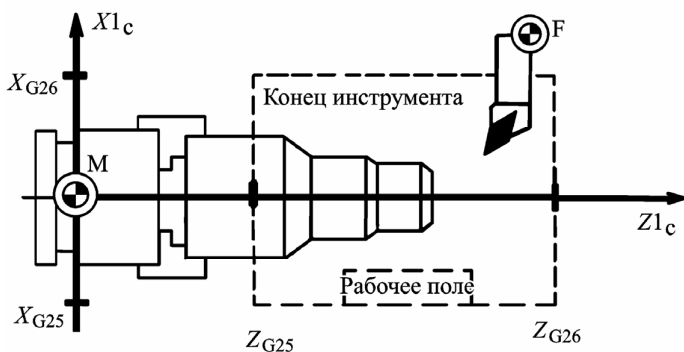
Программирование:

G25 X... Z... ; Нижняя граница рабочего поля.

G26 X... Z... ; Верхняя граница рабочего поля.

WALIMON ; Включение ограничения рабочего поля.

WALIMOF ; Выключение ограничения рабочего поля.



F – начало отсчета суппорта инструмента

Рис. 5.8. Программируемое ограничение рабочего поля

Указания: 1. Для функций G25, G26 необходимо использовать обозначения оси канала из станочной характеристики 20080: AXCONF_CHANAX_NAME_TAB. С версии ПО 2.0 для SINUMERIK 802D возможны кинематические трансформации. Здесь проектируются различные обозначения оси для станочной характеристики 20080 и обозначения осей геометрии для станочной характеристики 20060: AXCONF_GEOAX_NAME_TAB.

2. G25/G26 вместе с адресом S также используются для ограничения вращения шпинделя (см. гл. «Ограничения частоты вращения шпинделя»).

3. Ограничение рабочего поля может быть активизировано, только если для предусмотренных осей инструмент был подведен к началу отсчета.

Пример программирования:

N10 G25 X0 Z40 ; Значения нижней границы рабочего поля.

N20 G26 X80 Z160 ; Значение верхней границы рабочего поля.

N30 T1.

N40 G0 70 Z150.

N50 WALIMON ; Включение ограничения рабочего поля.

... ; Только в пределах рабочего поля.

N90 WALIMO ; Выключение ограничения рабочего поля.

Линейная интерполяция с быстрым ходом: G0. *Функции.* Быстрый ход G0 используется для быстрого позиционирования инструмента. Одновременно перемещение может осуществляться по всем осям. При этом получается прямая траектория. Для каждой оси станочных данных определена максимальная скорость (быстрый ход). Если перемещается только одна ось, то она движется с быстрым ходом (рис. 5.9). Если одновременно перемещаются две оси, то путевая скорость (равнодействующая скорость) выбирается таким образом, что получается наибольшая путевая скорость с учетом двух осей. Функция G0 действует до вызова другой команды из этой группы G (G1, G2, G3, ...).

Пример программирования:

N10 G0 X100 Z65.

Указание. Прямую можно также запрограммировать при вводе углов ANG = (см. гл. «Программирование отрезков контура»).

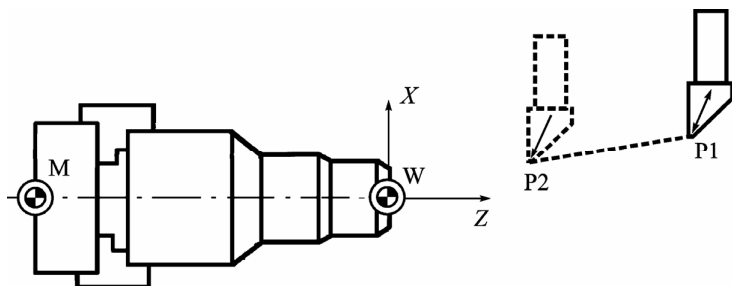


Рис. 5.9. Линейная интерполяция с быстрым ходом от точки P1 к точке P2

Информация. Для достижения определенной позиции существует следующая группа функций G. При использовании функции точного останова G60 посредством двух групп можно выбрать окно с различными видами точного останова. Для точного останова существует команда G9, действующая по кадрам.

Для задач позиционирования необходимо учитывать эти возможности!

Линейная интерполяция с подачей: G1. Функции. Инструмент перемещается от начальной точки до конечной по прямой траектории. Для путевой скорости большое значение имеет программируемое слово F.

Одновременно можно перемещаться по всем осям. Функция G1 (рис. 5.10) действует до вызова других команд из этой группы G (G0, G2, G3, ...).

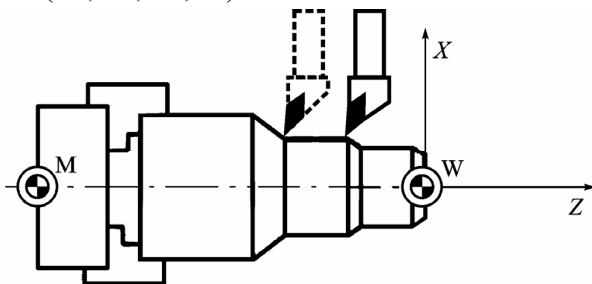


Рис. 5.10. Линейная интерполяция G1

Пример программирования:

N05 G54 G0 G90 X40 Z200 S500 M3 ; Инструмент движется с быстрым ходом, задана частота вращения шпинделя = 500 мин^{-1} , правое вращение.

N10 G1 Z120 F0,15 ; Линейная интерполяция с подачей 0,15 мм/об.

N15 X45 Z105.

N20 Z80.

N25 G0 X100 ; Движение с быстрым ходом.

N30 M2 ; Конец программы.

Указание. Прямую можно также запрограммировать при вводе углов ANG = (см. гл. «Программирование отрезков контура»).

Круговая интерполяция: G2, G3. *Функции.* Инструмент перемещается от начальной точки до конечной круговой траектории (рис. 5.11). Направление определяется функцией G.

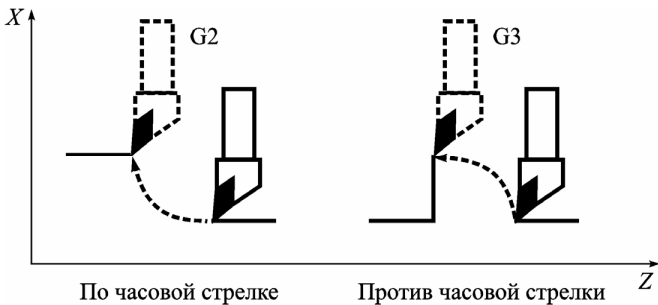


Рис. 5.11. Определение направления обработки окружности G2/G3

Описание окружности может указываться различными способами (рис. 5.12).

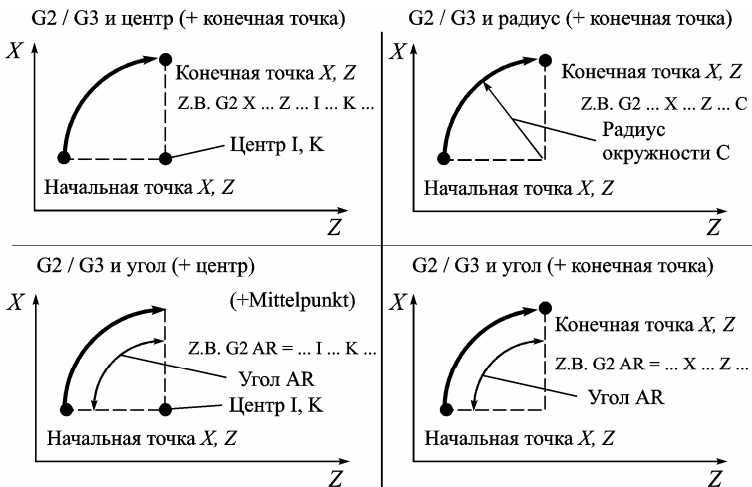


Рис. 5.12. Возможности программирования окружности

Функция G2/G3 действует до вызова других команд из этой группы G (G0, G1, ...). Для путевой скорости большое значение имеет программируемое слово *F*.

Указание. Окружность можно также запрограммировать при вводе функции.

СТ – окружность с присоединением по касательной;

CIP – окружность через промежуточную точку (см. следующую главу).

Допуски вводов окружности. Окружности применяются системой управления только с определенным допуском на размер. При этом сравнивается радиус окружности начальной и конечной точек. Если разница находится в пределах допуска, центр устанавливается точно внутри. В противном случае появляется сообщение о сбое.

Значение допуска устанавливается через станочную характеристику.

Пример программирования центра и конечной точки (рис. 5.13):

N5 G90 Z30 X40 ; Начальная точка окружности для кадра N10.

N10 G2 Z50 X40 K10 I-7 ; Конечная точка и центр.

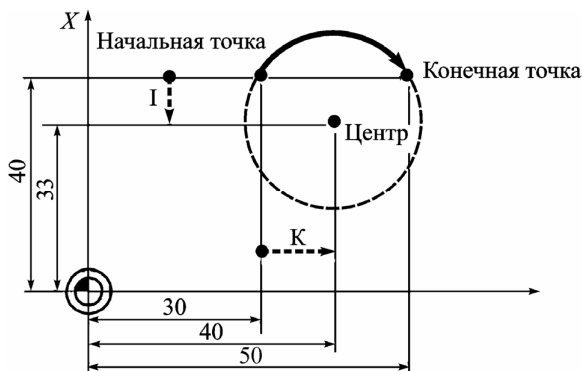


Рис. 5.13. Пример ввода центра и конечной точки

Пример программирования конечной точки и радиуса (рис. 5.14):

N5 G90 Z30 X 40 ; Начальная точка окружности для кадра N10.

N10 G2 Z50 X40 CR = 12,207 ; Конечная точка и радиус.

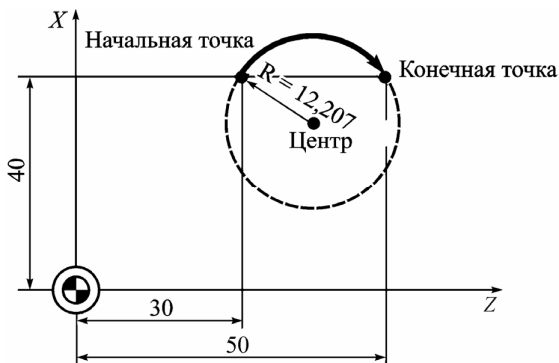


Рис. 5.14. Пример ввода конечной точки и радиуса

Указание. Отрицательный знак перед значением $CR = - \dots$ означает, что выбирается сегмент окружности большей, чем половина окружности.

Пример программирования конечной точки и угла (рис. 5.15):

N5 G90 Z30 X40 ; Начальная точка окружности для N10.

N10 G2 Z50 X40 AR = 105 ; Конечная точка и угол.

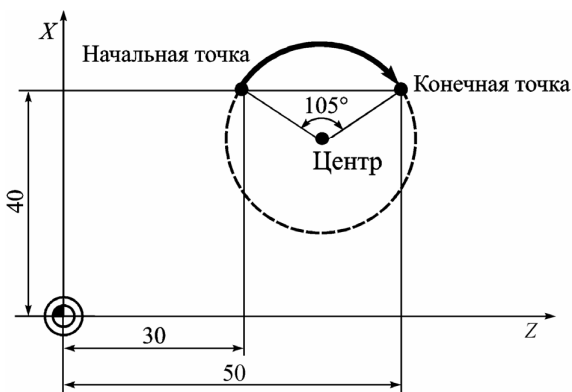


Рис. 5.15. Пример ввода конечной точки и угла

Пример программирования центра и угла (рис. 5.16):

N5 G90 Z30 X40 ; Начальная точка окружности для кадра N10.

N10 G2 K10 I-7 AR = 105 ; Центр и угол.

Указание. Значение центра относится к начальной точке окружности!

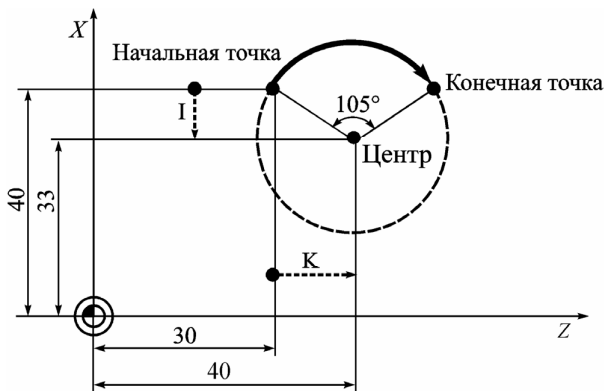


Рис. 5.16. Пример ввода центра и угла

Круговая интерполяция через промежуточную точку: CIP. *Функции.* Направление окружности определяется из положения промежуточной точки (между начальной и конечной точками). Функция CIP действует до вызова других команд из этой группы G (G0, G1, G2 ...).

Указание. Установленные значения G90 или G91 действует для конечной и промежуточной точек (рис. 5.17).

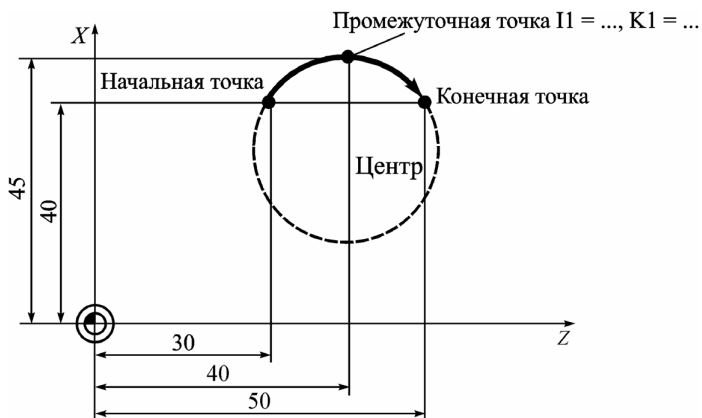


Рис. 5.17. Окружность с указанием конечной и промежуточной точек на примере G90

Пример программирования:

N5 G90 Z30 X40

; Начальная точка окружности для кадра N10.

N10 CIP Z50 X40 K1 = 40 I1 = 45 ; Конечная и промежуточная точки.

Окружность с переходом по касательной: СТ. *Функции.* Посредством функции СТ и запрограммированной конечной точки в актуальной плоскости (G18: плоскость Z/X) создается окружность, которая соединяется с предшествующим элементом контура (окружностью или прямой) по касательной (рис. 5.18). При этом радиус и центр окружности определяются из геометрических отношений между предшествующим отрезком траектории и запрограммированной конечной точкой окружности.

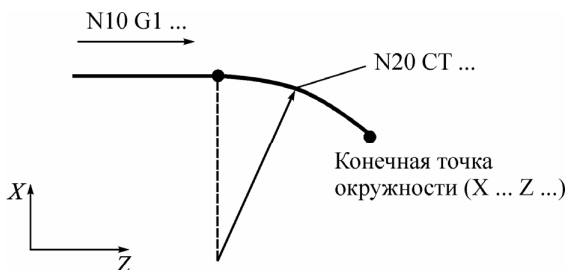


Рис. 5.18. Окружность с переходом по касательной к предыдущему элементу контура

Пример программирования:

N10 G1 Z20 F3 ; Прямая.

N20 СТ X ... Z ... ; Окружность с переходом по касательной.

Нарезание резьбы с постоянным шагом: G33. *Функции.* С помощью функции G33 можно обрабатывать резьбу (рис. 5.19) с постоянным шагом следующего вида:

- резьба цилиндрическая;
- резьба коническая;
- внешняя / внутренняя резьба;
- одно- или многозаходная резьба;
- многокадровая резьба (соединение нескольких видов резьбы).

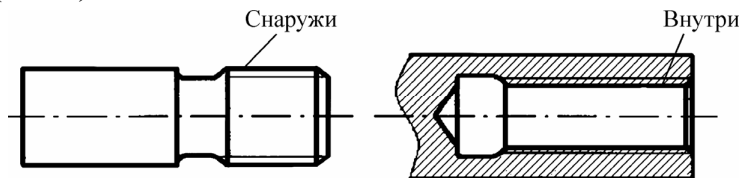


Рис. 5.19. Наружная внутренняя резьба на примере цилиндрической резьбы

Необходимым условием является наличие шпинделя с системой измерения траектории.

Функция G33 действует до вызова других команд из этой группы G (G0, G1, G2, G3, ...).

Программирование цилиндрической резьбы:

G33 Z ... K ... SF = ...

Правая или левая резьба. Правая или левая резьба устанавливается с помощью направления вращения шпинделя (M3 – правое вращение, M4 – левое вращение). Под адресом S необходимо запрограммировать или установить значение частоты вращения.

Примечание. Для соблюдения длины резьбы необходимо учитывать расстояние подвода и отвода инструмента.

Коническая резьба. Для конической резьбы (требуется 2 значения оси) необходимо использовать соответствующий адрес шага оси с наибольшей траекторией (большая длина резьбы). Второй шаг не указывается.

Программирование конической резьбы:

G33 X ... Z ... K ... SF = ... (для угла конуса < 45°).

G33 X ... Z ... I ... SF = ... (для угла конуса > 45°).

Смещение начальной точки SF = ... Смещение начальной точки шпинделя необходимо тогда, когда нужно обрабатывать резьбу со смещением или при обработке многозаходной резьбы. Смещение начальной точки программируется в кадре резьбы с функцией G33 под адресом SF (абсолютная угловая позиция).

Если смещение начальной точки не указано, то активизируется значение из установочных данные.

Указание. Программируемое значение для SF = всегда заносится в установочные данные!

Пример программирования:

Цилиндрическая резьба, двухзаходная, смещение начальной точки на 180°, длина резьбы (включая подвод и отвод) 100 мм, шаг резьбы 4 мм/об.

Правая резьба, цилиндр предварительно изготовлен:

N10 G54 G0 G90 X50 Z0 S500 M3 ; Движение к начальной точке, правое вращение шпинделя.

N20 G33 Z –100 K4 SF = 0 ; Шаг: 4 мм/об.

N30 G0 X54.

N40 Z0.

N50 X50.

N60 G33 Z–100 K4 SF = 180 ; Второй заход, смещение на 180°.

N70 G0 X54 ...

Многокадровая резьба (рис. 5.20). Если друг за другом программируется несколько кадров резьбы (многокадровая резьба), то значение смещения начальной точки указывается в первом кадре резьбы. Многокадровая резьба автоматически соединяется посредством режима управления траекторией G64 («Точный останов режим управления траекторией: G60, G64»). Подача F не имеет значения. Однако она сохраняется. При этом не допускается превышение максимальной скорости перемещения (быстрый ход), установленной в станочных характеристиках. Такой случай приводит к выдаче сигнала сбоя.

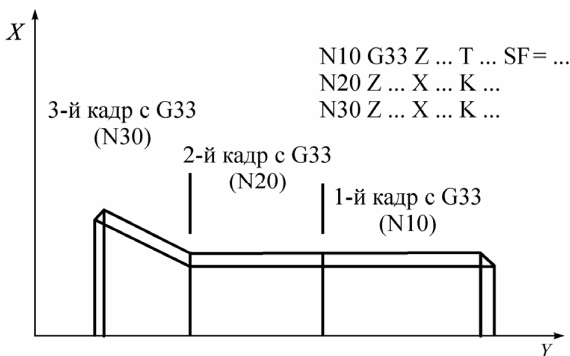


Рис. 5.20. Пример цепочки резьб

Указания. 1. Переключатель коррекции частоты вращения шпинделя должен оставаться неизменным во время обработки резьбы!

2. Переключатель коррекции подачи в этом кадре не имеет значения.

Контрольные вопросы

1. Какова характеристика абсолютных относительных размеров G90, G91, AC, IC?
2. В чем сущность программирования метрических и дюймовых резьб: G70, G71, G710, G700?
3. Как программируется смещение нулевой точки: TRANS, ATRANS?
4. Какие вы знаете примеры программирования ограничения рабочего поля: G25, G26, WALIMON, WALIMOF?
5. В чем сущность линейной интерполяции с быстрым ходом: G0?
6. Как перемещается инструмент при круговой интерполяции: G2, G3?
7. Какая функция применяется при нарезании резьбы с постоянным шагом?

Программирование обработки на станках, оснащенных УПУ НЦ-201

6.1. Особенности программирования системы УПУ НЦ-201

Система УПУ НЦ-201 (НЦ-110, НЦ-200, НЦ-210 и др.) предназначена для управления станками различных групп (токарными, сверлильными, фрезерными, многоцелевыми). Основные характеристики системы:

- число координат осей 2–16: восемь осей в линейной интерполяции, две оси с перемещением от точки к точке, одна ось шпинделя;

- управление одновременно по восьми осям, из которых восемь непрерывных и скоординированных и две – от точки к точке;

- плоскость круговой интерполяции может быть применена к любой паре осей;

- винтовая интерполяция;

- очертание круговой интерполяции с линейными и вращательными движениями;

- точность интерполяции в пределах 1 микрометр на 1 метр (мкм/м) радиуса;

- датчики установки положения: энкодер (разрешающая способность 0,1 мкм), оптические линейки;

- автоматическое управление векторной скоростью на профиле контура заготовки;

- управление ускорением и замедлением перемещений при круговой интерполяции;

- автоматическое замедление скорости перемещений на углах;

- динамическая оптимизация скорости перемещений на профиле обрабатываемого контура заготовки;

- память конфигурируемого перехода (максимально 64 кадра) для непрерывной обработки заготовки.

Система может быть достаточно настроена на конкретный станок путем изменения файлов конфигурации.

Система УПУ позволяет осуществлять программирование в G-кодах и в дополнение к требованиям ГОСТ 20999–83 имеет встроенные технологические циклы, GTL-язык и средства визуального программирования.

Контрольные вопросы

1. Для каких станков предназначена система УПУ НЦ-201?
2. Каковы основные характеристики УПУ НЦ-201.

6.2. Формат кадра

Программы должны иметь следующий формат:

DS N04, G02, (X/Y/Z/A/B/C/U/W/V/P/Q/D/) + 05.4, R + 05.4,
(I/J/K) + 05.4, F05.2, S05.2, T04.4, M02

Максимальная длина кадра 128 символов. Каждый кадр должен заканчиваться символом LF(ISO). Все кадры, кроме комплектаций, могут иметь вначале три дополнительных поля, независимо от класса, к которому принадлежит кадр, а именно:

- 1 – поле подтверждения кадра и выведения его из рабочего состояния (символ «/»);
- 2 – поле метки;
- 3 – поле номера кадра.

Символы могут присутствовать в кадре по одиночке или одновременно. В случае, если они присутствуют одновременно, последовательность расположения одиночных полей должна быть в обязательном порядке следующей: 1, 2, 3. Поле подтверждения кадра и выведения его из рабочего состояния позволяет запрограммировать в программе кадры, выполнение которых зависит от параметра системы, названного USB. Если параметр является активным (равен «1»), кадр выполняется, в противном случае кадр рассматривается как комментирующий и игнорируется.

Пример:

/N100G00X100.

Метка – это алфавитно-цифровая последовательность символов, заключенная в знак « » (кавычки), максимальная длина метки – шесть символов. Метка должна быть запрограммирована сразу же после поля « / », если оно присутствует.

Поле метки позволяет дать символическое название кадру, которому оно принадлежит. Метка служит для возможности вызова кадра из различных точек программы с помощью инструкций перехода.

Пример:

«START» N100G1X100.

/«END» N120Z300.

Слово (слова) «Номер кадра» служит для нумерации одиночных кадров программы. Номер кадра имеет символ «N», за которым следует число размерностью до четырех знаков, N кадра должен быть запрограммирован в начале каждого кадра, но после символа « / » и метки.

Пример:

N125.

«INIZIO» N125.

/«FINE» N125.

Контрольные вопросы

1. Каков формат кадра в программе для станков с ПУ?
2. Для чего предназначена метка в кадре программы?

6.3. Типы кадров

Система НЦ-201 допускает применение четырех типов кадров:

- 1) кадры, содержащие комментарии;
- 2) кадры ISO;
- 3) кадры назначения;
- 4) кадры с трехбуквенными кодами.

Комментарии в кадрах дают возможность программисту вводить в программу фразы (комментарии), делая, таким образом, программу более легко читаемой. Кадр, содержащий комментарии, не выдает сообщений на дисплее и не выдает сообщений при выполнении программы.

В общем случае кадр, содержащий комментарии, состоит из последовательности алфавитно-цифровых символов, из которых первым элементом в обязательном порядке должен быть символ « ; ».

Пример:

; ЭТО – ПРИМЕР.

Кадры ISO – это кадры, операторы которых предусмотрены стандартом ISO.

Пример:

G1 X500 Y20 F200.

G1 – линейная интерполяция;

X \square Y \square – координатные перемещения.

Кадры назначения (присвоения) непосредственно из программы пользователя позволяют определить величину нескольких глобальных параметров системы. Впоследствии эти параметры могут быть использованы в других кадрах того же или другого класса. В зависимости от типа переменных кадры назначения могут быть подразделены на три класса:

1 – кадры назначения с переменными вычислениями, например $E30 = 28,5$;

2 – кадры назначения с геометрическими переменными, например $p2 = X10 Y25$;

3 – кадры назначения с глобальными переменными системы, например $UOV = 1,5$.

Кадры с трехбуквенными кодами – это кадры, в которых тип операции, выполнение которой предусмотрено, определен трехбуквенной командой (кодом), согласованной со стандартом EIA 1177 В. Трехбуквенная команда со всеми переменными заключается в скобки.

Пример:

(URT,45).

Координатные перемещения программируются с помощью адресных слов: A, B, C, U, V, W, X, Y, Z, P, Q, D.

Координаты могут быть выражены в метрической системе (миллиметры) и англо-американской системе (дюймы) и принимают значения от $+(-) 0,0001$ до $+(-)99999,9999$.

Любая ось в фазе настройки системы может быть выбрана осью вращения. Программируемая величина от $+(-) 0,0001$ до $+(-) 99999,9999$ градусов.

При записи УП в любых цифровых значениях ведущие и ведомые нули, а также знак «+» могут быть опущены.

Контрольные вопросы

1. Какие типы кадров допускает система программирования для станков с ПУ НЦ-201?
2. Как подразделяются кадры назначения при программировании на станках с программным управлением?

6.4. Подготовительные функции

Подготовительные функции (G), применяемые для программирования в УПУ, представлены в табл. 6.1.

Подготовительные функции (G)

Код	Группа	Действительна только в кадре	Функция	Присутствует при включении
1	2	3	4	5
G00	a	Нет	Быстрое позиционирование осей	Да
G01	a	Нет	Линейная интерполяция	Нет
G02	a	Нет	Круговая интерполяция по часовой стрелке	Нет
G03	a	Нет	Круговая интерполяция против часовой стрелки	Нет
G33	a	Нет	Нарезание резьбы с постоянным или переменным шагом	Нет
G17	b	Нет	Функция задания плоскости XY (1–2 оси)	Нет
G18	b	Нет	Функция задания плоскости ZX (1–3 оси)	Нет
G19	b	Нет	Функция задания плоскости YZ (2–3 оси)	Нет
G27	c	Нет	Непрерывный режим обработки с автоматическим замедлением скорости на углах	Да
G28	c	Нет	Непрерывный режим обработки без замедления скорости на углах	Нет
G29	c	Нет	Перемещение «от точки к точке»	Нет
G21	d	Нет	Вход в программу GTL	Нет
G20	d	Нет	Выход из программы GTL	Да
G40	e	Нет	Отмена коррекции радиуса инструмента	Да
G41	e	Нет	Коррекция радиуса инструмента (инструмент слева) от контура обработки	Нет
G42	E	Нет	Коррекция радиуса инструмента (инструмент справа) от контура обработки	Нет
G70	f	Нет	Указание размеров дюймах	Нет
G71	f	Нет	Указание размеров в метрической системе (миллиметры)	Да
G80	g	Нет	Отмена постоянных циклов	Да
G81	g	Нет	Постоянный цикл сверления, центрование	Нет
G82	g	Нет	Постоянный цикл растачивания	Нет
G83	g	Нет	Цикл глубокого сверления (с разгрузкой стружки)	Нет
G84	g	Нет	Постоянный цикл нарезания резьбы метчиком	Нет
G85	g	Нет	Постоянный цикл рассверливания	Нет
G86	g	Нет	Постоянный цикл развертывания	Нет
G89	g	Нет	Постоянный цикл развертывания с остановкой	Нет
G90	h	Нет	Указание размеров в абсолютной системе координат	Да
G91	h	Нет	Указание размеров в приращениях	Нет

1	2	3	4	5
G79	k	Да	Программирование относительно нуля станка	Нет
G04	i	Да	Выдержка времени в конце кадра	Нет
G09	i	Да	Замедление в конце кадра	Нет
G72	j	Да	Измерение точки с коррекцией радиуса	Нет
G73	j	Да	Измерение параметров отверстия	Нет
G74	j	Да	Измерение теоретического смещения от точки без коррекции радиуса	Нет
G93	l	Нет	Скорость подачи выражена как обратное время выполнения элемента	Нет
G94	l	Нет	Скорость подачи, мм/мин или дюйм/мин	Нет
G95	l	Нет	Скорость подачи, мм/об или дюйм/об	Да
G96	m	Нет	Скорость резания, м/мин или фут/мин	Да
G97	m	Нет	Скорость вращения шпинделя, мин ⁻¹	Нет

Совместимость подготовительных функций (G) в одном кадре представлена в табл. 6.2, где 1 означает несовместимость.

Таблица 6.2

Совместимость подготовительных функций (G)

Подготовительная функция G	00	01	02, 03	33	81, 86, 89	80	72, 73, 74	21	20	41, 42	40	27, 28	29	04	09	90, 91	79	70, 71	17, 18, 19	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
G00	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G01	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G04	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
G09	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
G17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
G21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
G27	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
G28	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
G29	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
G33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G40	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
G41	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
G42	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
G70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
G71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
G72	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G73	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G74	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G79	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1
G80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
G81	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G82	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G83	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G84	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G85	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G86	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G89	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
G91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
G93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Как видно из приведенной таблицы, несовместимыми являются функции, принадлежащие к одной группе (см. табл. 4.1), функции G17–G19 не совместимы ни с какой функцией, G70/G71, G90/G91, G93–G97 совместимы со всеми функциями (кроме G17–G19). Во всех остальных случаях необходимо обращаться к таблице.

Контрольные вопросы

1. Какова характеристика подготовительных функций G, используемых при программировании?
2. Какие подготовительные функции являются несовместимыми в кадре программы?

6.5. Программирование подачи

Функция F программируется от 0,01 до 99999,99.

Функция G94 определяет скорость подачи по осям G94F ... в миллиметрах в минуту (если действует G71) или в дюймах в минуту (если действует G70).

Функция G95F ... определяет скорость подачи по осям в миллиметрах на оборот (G71) или в дюймах на оборот (G70).

Функция G93 определяет обратное время в минутах выполнения обрабатываемого участка, определенного из следующего отношения: скорость подачи разделить на путь. При использовании G93 функция F действительна только в одном кадре.

6.6. Программирование режимов работы шпинделя

Функция S программируется от 0,01 до 99999,99 и определяет скорость вращения шпинделя в оборотах в минуту при G97 или скорость резания в метрах в минуту при G96.

Под адресом S может задаваться:

- частота вращения шпинделя в мин^{-1} ;
- скорость резания в мин^{-1} ;
- ограничение частоты вращения шпинделя в мин^{-1} ;
- позиция останова шпинделя в градусах ($^{\circ}$);
- время выдержки шпинделя в оборотах.

При использовании адреса S может применяться расширенный способ записи адресов.

6.7. Программирование режущего инструмента, используемого при обработке

Функция T определяет номер инструмента, необходимого для обработки, и номер соответствующего корректора. Программируемая величина – от 1.0 до 9999,9999.

Цифры до десятичной точки определяют инструмент, после – номер корректора на УПУ. Коррекция приводится в действие с помощью функции M06. Величины коррекции относятся к длине и диаметру (K) инструмента.

Коррекция длины приводится в действие без использования других подготовительных функций. Коррекция диаметра инструмента, вызванная одновременно с коррекцией длины, приводится в действие с помощью функций коррекции радиуса инструмента G41/G42.

6.8. Программирование вспомогательных функций

Используемые вспомогательные функции M:

• M00 – способствует приостанавливанию выполняемого по программе процесса обработки после выполнения операций, со-

держаться в кадре. Останавливает вращение шпинделя и охлаждения. Сохраняет всю информацию, накопленную в памяти;

- M01 – условный останов по программе: если трехбуквенный код USO = 1 занесен с клавиатуры, функция M01 интерпретируется управлением как M00; если трехбуквенный код USO = 0, функция M01 не учитывается;

- M02 – определяет конец программы без перемотки ленты на начало;

- M03 – направление вращения шпинделя по часовой стрелке;

- M04 – направление вращения шпинделя против часовой стрелки;

- M05 – остановка шпинделя на неопределенной угловой позиции и подаче охлаждения. Осуществляется после выполнения операций, содержащихся в кадре;

- M06 – смена инструмента. По команде M06 происходит останов шпинделя, подача охлаждения и выполнение программы. Подтверждает корректировки, выбранные функцией T. Осуществление функции возможно после выполнения информации, содержащейся в кадре. Не стирает M03, M04, M08, M13, M14;

- M07 – подача охлаждения;

- M08 – подача охлаждения;

- M09 – отключение охлаждения. Осуществляется после выполнения операций, содержащихся в кадре;

- M10 – блокировка линейных перемещений и вращающихся координатных осей. С помощью этой функции осуществляется блокировка перемещений по осям, не участвующим в процессе обработки;

- M11 – отмена M10;

- M12 – блокировка вращающихся осей. С помощью этой функции осуществляется блокировка перемещений по координатным осям, не участвующих в процессе обработки;

- M13 – направление шпинделя по часовой стрелке и подача охлаждения;

- M14 – направление шпинделя против часовой стрелки и подача охлаждения;

- M19 – остановка вращения шпинделя в заданной угловой позиции осуществима после операций, содержащихся в кадре. Отменяется функциями M03, M04, M13, M14;

- M30 – автоматический «СБРОС» в конце программы. С помощью функции M30 стирается вся информация, находящаяся в динамическом буфере системы. При этом подтверждаются автоматически начальная точка «0» и возобновление выбранной программы. Корректировка инструмента в шпинделе не стирается;

- M40 – отмена диапазона вращения шпинделя;

- M41–M42–M43–M44 – активизирует диапазон вращения шпинделя 1–2–3–4;
- M45 – автоматическая смена диапазона вращения шпинделя;
- M60 – замена детали для обработки.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение вспомогательных функций M при программировании?
2. Какова характеристика вспомогательных функций: M06; M19; M30?

6.9. Программирование токарной обработки на станках, оснащенных системой ПУ НЦ-201

Подробное знакомство с УПУ НЦ-201 начнем с токарной обработки, так как она является наиболее простой для понимания и обычно ограничивается двумя полностью управляемыми координатами.

Программирование подготовки к обработке. Прежде чем начать процесс обработки, необходимо подготовить станок к выполнению запланированных операций: определить единицы измерений, задать режимы резания, установить инструмент, подать при необходимости СОТС, включить шпиндель. Перечисленные операции выполняются с помощью вспомогательных и подготовительных функций по адресам T, S, F.

Используются следующие подготовительные функции: G70/G71, G93–G96. Все перечисленные функции (за исключением G97) применяются без дополнительных параметров и действуют в пределах программы до отмены другой аналогичной функцией (см. табл. 6.1) и дополнительных пояснений не требуют.

Остановимся более подробно на G96 – постоянная скорость резания. Существует дополнительная переменная, действующая совместно с G96, – SSL. Она позволяет определить предельную скорость шпинделя. Это является необходимым в случае, когда система выполняет контроль постоянства скорости резания (G96).

Формат:

SSL. = ВЕЛИЧИНА. ВЕЛИЧИНА – может быть константой или параметром такого же формата.

Пример:

SSL = 200 – устанавливает максимальную скорость шпинделя 200 мин^{-1} .

SSL = 1500 – устанавливает максимальную скорость шпинделя 1500 мин⁻¹.

При обработке в режиме постоянства скорости резания (G96) необходимо всегда программировать SSL до первого программирования функции G96 совместно с функцией S.

Пример:

G97 S1000 M3.

G00 X70 Z0.

SSL = 2000 – устанавливает предельную частоту вращения шпинделя в 2000 мин⁻¹.

G96 S120 M3 – устанавливает постоянную скорость резания в 120 м/мин, включает вращение шпинделя по часовой стрелке.

G1X0F0,6.

X70M5.

Следует отметить, что некоторые подготовительные функции действуют по умолчанию (см. табл. 6.1, столбец «Присутствует при включении»), т.е. если обратимся к рассмотренному ранее примеру (несмотря на то что в программе не указаны G70, G71, G93–G95), можно однозначно сказать, что единицами измерения перемещений по координатным осям являются миллиметры, значение подачи выражено в миллиметрах на оборот (мм/об).

Применение вспомогательных функций, а также адресов S и F дополнительных пояснений не требует.

Подготовка инструмента к работе осуществляется с помощью адреса T (по данной функции система УПУ производит поиск требуемого инструмента в инструментальном магазине и перемещение его в позицию смены инструмента). Непосредственно установка инструмента в рабочее положение осуществляется по команде M6. Такой алгоритм позволяет сократить долю времени, затрачиваемого на смену инструмента при обработке, на время поиска и перемещения инструмента, совмещает его со временем обработки на предшествующем переходе. При токарной обработке при смене инструмента функция T револьверной головкой игнорируется, но номера инструмента и корректора запоминаются, а по команде M6 производится расфиксация револьверной головки, перемещение в требуемую позицию, закрепление и ввод в действие корректора.

Программа должна оканчиваться вспомогательной функцией M30 или M02.

Пример оформления программы токарной обработки:

N1 G90 G71 G95 G97 F0,5 S1000 T1.1 M6 M3 M8.

...

N33 M30.

Или то же с учетом умолчаний и вспомогательной функции M13:

N1 G97 F0,5 S1000 T1.1 M6 M13.

...

N33 M30.

Или с учетом того, что адреса можно писать через пробел, номера кадров можно опускать:

G97 F0,5 S1000 T1.1 M6 M13.

...

M30.

Программирование перемещений. Все перемещения программируются с использованием подготовительных функций G0, G1, G2 и G3, где номер функции (G) задает характер перемещения, а последующее адресное слово (слова) – координаты конечной точки перемещения.

Быстрое позиционирование по осям (G0). Функция G0 – ускоренное перемещение в заданную точку, определяет линейный тип движения, скоординированный по всем осям и запрограммированный в кадре.

Формат команды:

G00 [ДРУГИЕ G] [ОСИ] [ОПЕРАНДЫ КОРРЕКТИРОВКИ] [СКОРОСТЬ ПОДАЧИ] [ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ].

[ДРУГИЕ G] – все другие функции G, совместимые с G00 (см. табл. 6.1 и 6.2).

[ОСИ] – представлены адресом оси, за которым следует числовое значение в явной или неявной форме, могут присутствовать максимально восемь осей, минимально четыре, они не должны быть взаимно переключаемыми.

[ОПЕРАНДЫ КОРРЕКТИРОВКИ] – коэффициенты коррекции на плоскости (u, v, w) (рассматривать не будем).

[СКОРОСТЬ ПОДАЧИ] – рабочая подача для скоординированных перемещений, она запоминается, но не выполняется, скорость подачи в кадре с функцией G00 определяется на базе скоростей быстрого хода.

[ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ] – вспомогательные функции M8 и T; в одном кадре можно программировать до четырех функций M и по одной функции S и T.

Необязательные параметры заключаются в квадратные скобки.

Линейная интерполяция (G01). Линейная интерполяция (G01) определяет линейное одновременное движение, скоординированное по всем осям, которые запрограммированы в кадре, с заданной скоростью обработки.

Формат:

G01 [ДРУГИЕ G] [ОСИ] [ОПЕРАНД КОРРЕКТИРОВКИ] [СКОРОСТЬ ПОДАЧИ] [ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ].

[СКОРОСТЬ ПОДАЧИ] – выражает рабочую скорость (F), с которой выполняется движение. В случае отсутствия в кадре F используется ранее запрограммированная скорость. Это означает, что в предшествующих кадрах должна быть запрограммирована величина подачи. В противном случае подается сигнал ошибки.

Описание остальных полей аналогично G0 в предыдущем абзаце.

В качестве примера рассмотрим чистовую обработку заготовки на токарном станке, представленную на рис. 6.1.

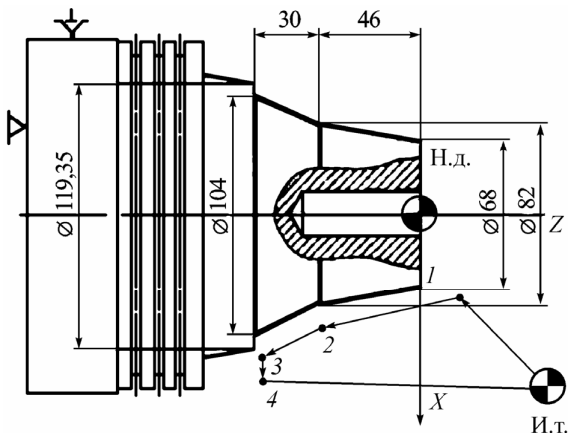


Рис. 6.1. Схема обработки конической поверхности

После определения траектории перемещений инструмента и координат точек составляется таблица координатных перемещений точек (табл. 6.3).

Координаты перемещений точек

Номер точки	Координаты	
	X	Z
Исходная точка	140	60
1	67,695	1
2	82	-46
3	104	-76
4	122	-76

На основании табл. 6.3 формируем УП:

N1 T1.1 M6.

N2 ;устанавливаем первый инструмент.

N3 SSL = 2200.

N4; вводим ограничение числа оборотов.

N5 G96 F0, 1 S140 M13.

N6; устанавливаем постоянную скорость резания 140 м/мин, подачу 0,1 мм/об, включаем подачу СОТС и правое вращение шпинделя.

N7 X67,659 Z1.

N8; ускоренно перемещаемся в точку 1.

N9 G1 X82 Z-46.

N10; выполняем обработку на рабочей подаче вдоль траектории от точки 1 до 4.

N11 X104 Z-76.

N12 X122

N13 G X140 X60.

N14; перемещение в исходную точку на ускоренной подаче.

N15 M30; конец программы, останов шпинделя, выключение СОТС.

Несмотря на то что в четвертом кадре отсутствует подготовительная функция, перемещение будет выполнено с ускоренной подачей, так как G0 действует по умолчанию (см. табл. 6.1). В 6–7-м кадрах нет необходимости указывать G1, так как ее действия распространяются до отмены функцией G0 (нуль можно опускать) в 8-м кадре.

Круговая интерполяция (G02–G03). Круговая интерполяция (G02–G03) определяет круговое движение по часовой стрелке (G02) или против часовой стрелки (G03). Это движение является скоординированным и одновременным по всем осям, запрограммированным в кадре с заданной скоростью обработки.

Формат:

(G02 или G03) [ДРУГИЕ G][ОСИ](I J или R+) [СКОРОСТЬ ПОДАЧИ] [ОПЕРАНДЫ КОРРЕКТИРОВКИ] [ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ].

[ОСИ] представлены адресом оси и цифровым значением в явной или неявной форме (параметр E). Если ни одна ось не запрограммирована или координаты прибытия равны координате отправления, то выполняемым движением будет полное круговое движение в плоскости интерполяции. Оси могут быть определены неявным образом посредством геометрического элемента – точки.

I и J являются адресными словами, выражающими координаты центра окружности, цифровая часть которых может быть выражена в явной или неявной форме. Используемыми символами всегда являются I и J, независимо от плоскости интерполяции, и они всегда присутствуют.

R – адресное слово, выражающее радиус дуги окружности, цифровая часть которой может быть выражена в явной или неявной форме (параметр E); знак «+» или «-» перед адресным словом R выбирает одно из двух возможных решений: «+» – для дуги до 179,9990; «-» – для дуги от 1800 до 359,9990.

Направление по часовой стрелке и против часовой стрелки определяется, если смотреть:

- на плоскость XY с положительного направления Z в отрицательное;
- на плоскость ZX с положительного направления Y в отрицательное;
- на плоскость YZ с положительного направления X в отрицательное (рис. 6.2).

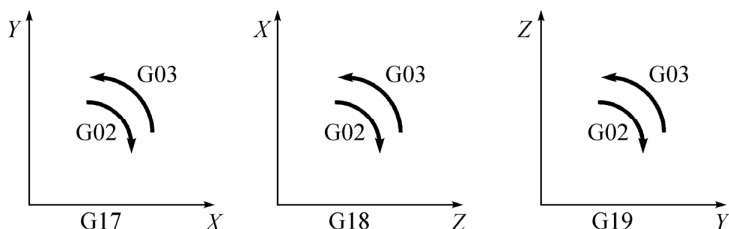


Рис. 6.2. Схема определения типа круговой интерполяции

Координаты начальной точки, запрограммированные в предшествующем кадре, конечной точки и центра окружности должны быть вычислены таким образом, чтобы разница меж-

...
N6 G2 X120 Z-50 R+20.
N8 G3 X140 Z-60 R+10.
...

После адреса R применен знак «+», так как каждая из дуг охватывает одну область угловой протяженностью менее 180° (сектор, равный 90°).

Программирование в абсолютной системе координат, по приращениям и относительно нуля станка (G90, G91, G79). Система ПУ позволят выполнять программирование и другими методами путем использования подготовительных функций:

G90 – программирование в абсолютной системе координат (движения относительно нуля детали, действует по умолчанию);

G91 – программирование в системе координат по приращениям (движения относительно последнего местоположения);

G79 – программирование относительно нуля станка (применяется редко и рассматриваться нами не будет).

Программирование по приращениям удобно использовать, когда размеры на чертеже указаны не от одной базы, а в виде размерной цепи. При таком методе программирования координаты последующей точки записываются относительно предыдущей, при этом, если перемещение осуществляется против положительного направления оси, перед числовым значением координаты ставится знак «-». В качестве примера запишем УП (рис. 6.3) в приращениях:

N1 T1.1 M6.
N2 SSL = 2200.
N3 G96 F0,1 S140 M13.
N4 X80 Z1.
N5 G91 G1 Z-31.

N6; переходим к программированию в приращениях.

N7 G2 X120 Z-50 I120 J-30.

N8; применяем круговую интерполяцию по часовой стрелке с центром окружности $X = 120$ мм и $Z = -30$ мм.

N9 G3 X140 Z-60 I120 J-60.

N10; применяем круговую интерполяцию против часовой стрелки с центром окружности $X = 120$ мм и $Z = -60$ мм.

N8 G1 Z –110.
N9 X166.
N10 G X170 Z60.
N11 M30.

Система УП в абсолютных перемещениях:

N G90 X40 Y70 LF.
N G91 X60 Y40 LF.

Определение режима динамики приводов при программировании.

Как известно, любые движущиеся, вращающиеся механические системы обладают определенными инерционными свойствами. С точки зрения механической обработки это является определенным недостатком, который сказывается на производительности обработки. Механизм такой связи следующий: изменения траектории перемещения инструмента не могут быть выполнены мгновенно, требуются определенные затраты времени на замедление или ускорение привода в опорных точках траектории движения инструмента.

Управление динамическими режимами приводов, осуществляется функциями G27, G28, G29.

Функция G27 – обеспечивает непрерывное движение с автоматическим уменьшением скорости на углах. Это значит, что скорость выхода из элементов профиля вычисляется автоматически в соответствии с геометрической формой профиля обратного контура. Торможение и ускорение по осям осуществляется при подходе к опорной точке таким образом, что в опорной точке инструмент имеет скорость подачи по осям, соответствующую следующему элементу профиля. При таком динамическом режиме обеспечивается требуемая точность обработки при удовлетворительных затратах времени. Функция G27 действует по умолчанию.

Функция G28 – обеспечивает непрерывное движение без автоматического уменьшения скорости на углах. Это означает, что скорость выхода из элементов профиля равна запрограммированной скорости. При таком режиме обеспечивается наименьшее время обработки за счет исключения промежуточных торможений в опорных точках траектории. Однако вследствие наличия инерции привода, особенно при высоких

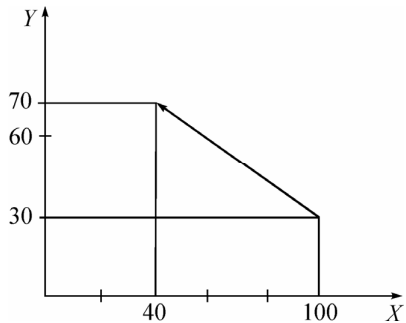


Рис. 6.4. Задание перемещений по координатным осям в абсолютных величинах и приращениях

скоростях врезания и небольших припусках (характерно для чистовой обработки) возможно искажение траектории в опорных точках, что ведет к появлению «зарезов». Такой режим можно рекомендовать для черновой обработки.

Функция G29 – обеспечивает движение в режиме «от точки к точке», т.е. скорость выхода из элементов профиля установлена равной «0». К моменту прихода в опорную точку инструмент полностью останавливается. Такой режим обеспечивает максимальную точность обработки, но при этом возрастают затраты времени на обработку, что может быть существенным, если обработка ведется со значительными подачами, траектория движения имеет много опорных точек с незначительным расстоянием между ними (многопроходная черновая обработка).

Тип позиционирования, который осуществляется со скоростью обработки G1, G2, G3, установлен функциями G27, G28, G29, в то время как быстрое позиционирование G00 осуществляется всегда «от точки к точке», т.е. со сведением скорости к нулю и точным позиционированием, независимо от состояния, в котором находится система (G27, G28, G29). Во время непрерывного движения (G27–G28) система запоминает профиль, который должен быть реализован, поэтому элементы профиля выполняются как один кадр. По этой причине во время прохождения профиля с G27–G28 использование вспомогательных функций M, S и T недопустимо. Непрерывное функционирование временно прекращается движением по G00, которое является частью профиля. Если необходимо запрограммировать вспомогательные функции M, S, T, программирование осуществляется в кадре, следующем после G00.

В ряде случаев можно принудительно осуществить торможение приводов в опорной точке независимо от динамического режима, применяя функцию G09.

G09 – устанавливает подачу, равную нулю, торможение в конце кадра, где она была запрограммирована, но не изменяет ранее установленный режим динамики профиля, если он находится в процессе обработки; функция действительна только в том кадре, в котором запрограммирована.

В качестве примера рассмотрим обработку поверхности детали, представленной на рис. 6.1:

N1 T1.1 M6.

N2 SSL = 2200.

N3 G96 F0,1 S140 M13.

N4 X67,695 Z1.

N5 G28 G1 X82 Z-46.

N6; включаем динамический режим без торможения в опорных точках

N7 G09 X104 Z-76.

N8; так как в следующем кадре осуществляется обработка торца, для предотвращения появления «зареза» вводим торможение в конце текущего кадра.

N7 X122.

N8 G X140 Z60.

N9 M30.

Когда требуется осуществить паузу в процессе обработки, используют функцию G04.

G04 – осуществляет выдержку времени в конце кадра. Время выдержки запрограммировано в кадре назначения $TMR = \text{значение}$; функция G04 действительна только в том кадре, в котором запрограммирована.

Глобальная переменная TMR позволяет назначить выдержку времени в конце кадра, а отработка этой паузы производится в кадрах функциями G04 и / или в постоянных циклах.

Формат:

TMR = ВЕЛИЧИНА. ВЕЛИЧИНА – может быть запрограммирован явным и / или неявным (параметр E формата LR) образом.

В качестве примера рассмотрим операцию обработки канавки, представленной на рис. 6.5:

N1 T1.1 M6.

N2 TMR = 1,5.

N3; устанавливаем величину паузы в 1,5 с.

N4 F0,1 S700 M13.

N5 X144 Z-65.

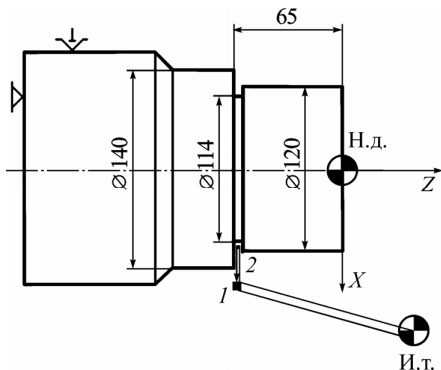
N6 G4 G1 X114.

N7; устанавливаем паузу в точке 2 для выравнивания дна канавки.

N8 G X122.

N9 X140 Z60.

N10 M30.



Номер точки	Координаты	
	X	Z
Исходная точка	170	60
1	144	-65
2	114	-65

Рис. 6.5. Пример обработки канавки

Нарезание резьбы. Нарезание резьбы с постоянным или переменным шагом определяет цикл цилиндрического или конического нарезания резьбы с постоянным или переменным шагом. Это движение координируется с вращением шпинделя. Запрограммированные в кадре параметры определяют тип резьбы, которую следует обработать. В рассматриваемой СПУ существуют две подготовительные функции нарезания резьбы – G33 и G34, отличающиеся только способом задания шага.

Формат:

G33 [ОСИ] К [I] [R].

К – представляет шаг резьбы; в случае переменного шага представляет начальный шаг, который должен присутствовать всегда.

[I] – представляет изменение шага; для нарезания резьбы с возрастающим шагом I должна быть положительной, для нарезания резьбы с уменьшающимся шагом – отрицательной.

[R] – представляет отклонение по отношению к угловой позиции нуля шпинделя (в градусах); используется при многозаходной резьбе, для того чтобы не сдвинуть начальную точку.

Функция R дает команду системе для размещения осей в угловой позиции, которая меняется в зависимости от запрограммированной величины R. Таким образом, представляется возможным программировать одну начальную точку для различной нарезки в отличие от других систем, в которых для осуществления многозаходной резьбы необходимо сместить начальную точку каждой нарезки на величину, равную шагу, разделенному на количество заходов.

Во время нарезания резьбы с уменьшающимся шагом начальный шаг, изменения шага и длина нарезания резьбы

должны быть такими, чтобы шаг не становился равным нулю до достижения конечного размера.

Для проверки применяется формула

$$I \leq \frac{K}{Z_k - Z_n},$$

где K – начальный шаг; Z_k – координата конечной точки; Z_n – координата начальной точки.

Формат G34:

G34 [ОСИ] K+ [I] [K].

K+ – шаг резьбы.

Знак для величины шага устанавливается в зависимости от величины перемещения по осям:

«+» – перемещение больше вдоль оси абсцисс (Z);

«-» – перемещение больше вдоль оси ординат (X).

Пример нарезания однозаходной цилиндрической резьбы (рис. 6.6):

N1 T1.1 M6.

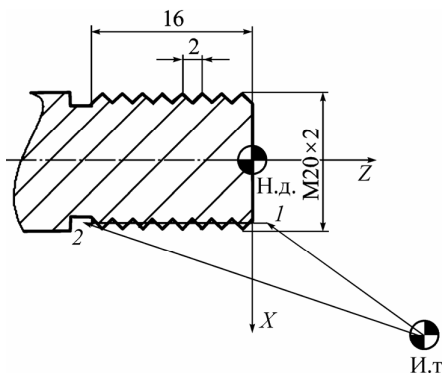
N2 S300 M13.

N3 X17,5 Z4.

N4 G33 Z-17 K2 или N4 G34 Z-17 K2.

N5 G X40 Z10.

N6 M30.



Номер точки	Координаты	
	X	Z
Исходная точка	40	10
1	17,5	4
2	17,5	-17

Рис. 6.6. Пример нарезания цилиндрической резьбы

Пример нарезания резьбы с увеличивающимся шагом (рис. 6.7):

N1 T1.1 M6.

N2 F2 S300 M13.

N3 X17,5 Z4.
 N4 G1 Z0.
 N5 G33 Z-17 K2 10,2 или N5 G34 Z-17 K2 10,2.
 N6 G X40 Z10.
 N7 M30.

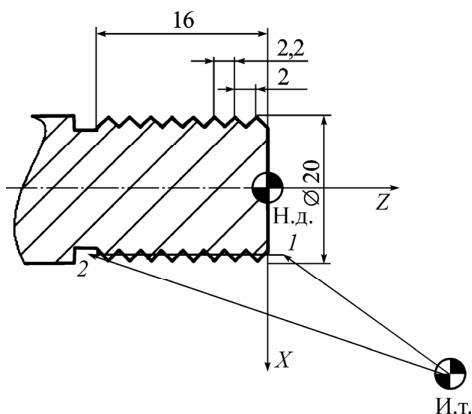
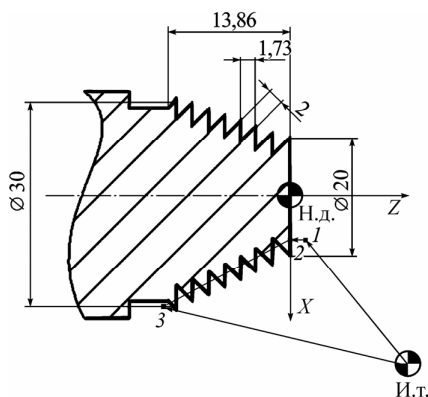


Рис. 6.7. Пример нарезания цилиндрической резьбы с увеличивающимся шагом

Пример нарезания конической резьбы (рис. 6.8):

N1 T1.1 M6.
 N2 P2 S300 M13.
 N3 X17,5 Z4.
 N4 G1 Z0.
 N5 G33 X27,5 Z-13,86 K2 или N5 G34 Z-13,86 K1,73.
 N6 G X40 Z10.
 N7 M30.

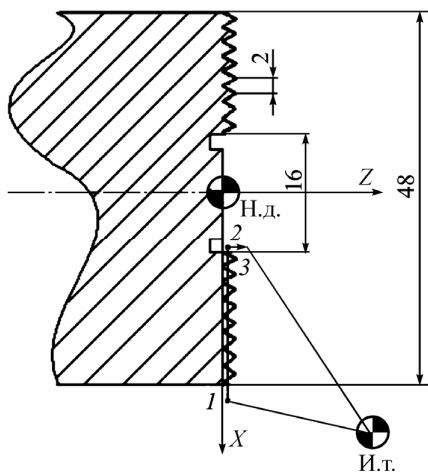


Номер точки	Координаты	
	X	Z
Исходная точка	60	10
1	17,5	4
2	17,5	0
3	27,5	13,86

Рис. 6.8. Пример нарезания конической резьбы

Пример нарезания фронтальной резьбы (рис. 6.9):

- N1 T1.1 M6.
- N2 S300 M13.
- N3 X50 Z0.
- N4 G33 X15 K2 или N4 G34 X15 K-2.
- N5 G Z4.
- N6 X60 Z10.
- N7 M30.



Номер точки	Координаты	
	X	Z
Исходная точка	60	10
1	50	0
2	15	0
3	27,5	4

Рис. 6.9. Обработка поверхностей фронтальной резьбы

Пример нарезания резьбы с тремя заходами (см. рис. 6.7):

- N1 T1.1 M6.
- N2 S300 M13.
- N3 X17,5 Z4.
- N4 G33 Z-17 K6.
- N5; первый заход.
- N6 G X22.
- N7 Z4.
- N8 X17,5.
- N9 G33 Z-17 K6 R120.
- N10; второй заход.
- N11 G X22.
- N12 Z4.
- N13 X17,5.
- N14 G33 Z-17 K6 R240; третий заход.

N15 G X22.
N16 X40 Z10.
N17 M30.

Технологические циклы. Программирование многопроходных черновых операций по обработке большого количества металла (особенно при обработке деталей из проката) средствами языка ISO может оказаться достаточно трудоемкой подачей. В связи с этим практически любая система ПУ содержит вспомогательные технологические циклы, автоматизирующие многопроходную обработку типовых поверхностей. При использовании подобных циклов система автоматически выполняет разделение снимаемого припуска на отдельные рабочие ходы, осуществляет расчет и автоматическое выполнение траектории перемещений инструмента. Основные циклы токарной обработки системы ПУ НЦ-201:

TGL – цикл нарезания пазов;

FIL – цикл нарезания резьбы;

SPA – осепараллельная черновая обработка без чистовой обработки;

SPF – осепараллельная черновая обработка с предварительной чистовой обработкой;

SPP – черновая обработка параллельно профилю;

CLP – чистовая обработка профиля.

Цикл нарезания канавок. По этому циклу осуществляется обработка внешних или внутренних канавок, параллельных осям X или Z .

Чтобы получить паз, параллельный оси Z , используется следующий формат:

(TGL, Z, X, K),

где Z – конечный размер паза; X – внутренний диаметр; K – ширина инструмента.

Кадр с командой TGL должен предшествовать кадр с перемещением типа G0/G1 в начальную точку цикла. Устройство управления автоматически устанавливает остановку в конце паза. Длительность останова определяется параметром TMR. В конце паза инструмент возвращается в начальную точку цикла, определяемую в предыдущем кадре.

Чтобы запрограммировать обработку паза, параллельного оси X , необходимо использовать следующий формат:

(TGL, X, Z, K),

где X – конечный размер паза; Z – внутренний размер паза; K – ширина инструмента.

Пример обработки поверхностей канавок (рис. 6.10):

N1 T1.1 M6.

N2; устанавливаем канавочный резец для обработки внутренней канавки шириной 25 мм.

N3 TMR1,5.

N4; устанавливаем величину паузы в 1,5 с.

N5 F0,1 S700 M13.

N6 X55 Z2.

N7 Z-35.

N8 (TGL, Z-10, X72,5).

N9; выполняем многопроходную обработку канавки с помощью технологического цикла.

N10 Z2.

N11 X150 Z60.

N12 T3,3 S600.

N13; устанавливаем резец для обработки канавки на торце.

N14 X120 Z2.

N15 (TGL, X80, Z-4, K5).

N16 X150 Z60.

N17 T5.5 S500.

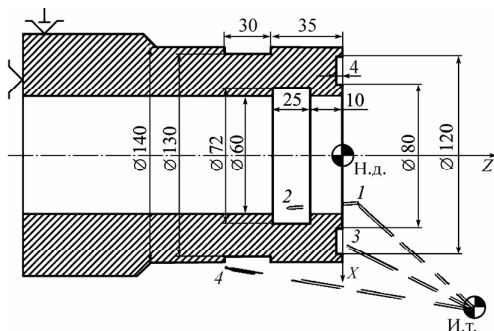
N18; устанавливаем резец для обработки наружной канавки.

N19 X144 Z-65.

N20 (TGL, Z-10, X72,5).

N21 X150 Z60.

N22 M30.



Номер точки	Координаты	
	X	Z
Исходная точка	150	60
1	55	2
2	55	-35
3	120	2
4	144	-65

Рис. 6.10. Пример обработки канавок

Цикл нарезания резьбы. Цикл нарезания резьбы позволяет программировать в одном кадре цилиндрическую или коническую многопроходную резьбу.

Формат:

(FIL, Z, X, K, L, R, T, P, a, b),

где Z – конечный размер Z; X – конечный размер X.

Порядок расстановки имен осей определяет ось, вдоль которой выполняется резьба и задан шаг резьбы: Z, X – вдоль оси Z; X, Z – вдоль оси X.

K – шаг резьбы. Величина шага резьбы имеет знак «+» или «-».

Знак величины шага определяет ось, вдоль которой выполняется резьба: «+» – вдоль оси абсцисс; «-» – вдоль оси координат.

В случае конической резьбы знак для шага устанавливается в зависимости от величины перемещения по осям, определяющим конус: «+» – перемещение больше вдоль оси абсцисс; «-» – перемещение больше вдоль оси ординат.

L – число проходов черновой и чистовой обработок, т.е. L 11,2.

R – расстояние между инструментом и поверхностью детали (по умолчанию R = 1) при холостых ходах инструмента.

T – четырехзначный цифровой код, определяющий тип нарезания резьбы (по умолчанию T0000).

Первые две цифры шифра информируют систему о наличии зарезьбовой канавки и задают способ нарезания резьбы:

00 – нарезание с конечным пазом, врезание под углом (рис. 6.11.), без торможения в конце резьбы;

01 – нарезание без конечного паза, врезание под углом, без торможения в конце резьбы;

10 – нарезание с конечным пазом, врезание радиально, без торможения в конце резьбы;

11 – нарезание без конечного паза, врезание радиально, без торможения в конце резьбы;

12 – нарезание с конечным пазом, врезание под углом, останов в конце резьбы по функции G09;

13 – не рекомендуется нарезание без конечного паза, врезание под углом, останов в конце резьбы по функции G09;

14 – нарезание с конечным пазом, врезание радиально, останов в конце резьбы по функции G09;

15 – не рекомендуется нарезание без конечного паза, врезание радиально, останов в конце резьбы по функции G09.

Цифра 3:

0 – внешнее нарезание резьбы;

1 – внутреннее нарезание резьбы.

Цифра 4:

0 – метрическое нарезание резьбы;

1 – дюймовая резьба;

2 – нестандартное нарезание резьбы с глубиной и углом, определяемыми параметрами «а» и «b».

P – число заходов (по умолчанию P = 1).

a – угол резьбы (только для нестандартной).

b – глубина резьбы.

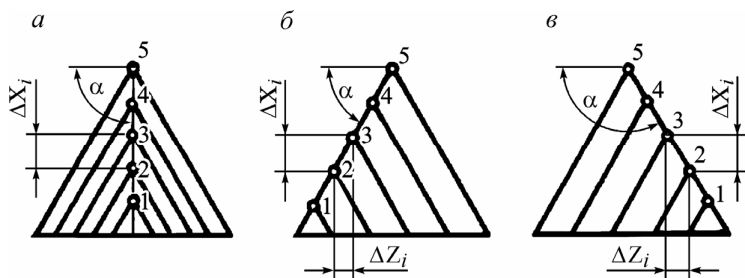


Рис. 6.11. Типовые схемы обработки резьбы:

a – радиальное врезание; б – боковое врезание; в – частный случай бокового врезания

Приращение координаты ΔZ на i -м рабочем ходе для схем, представленных на рис. 6.11, а–в, определяется по формуле $\Delta Z_i = t_i \operatorname{ctg} \alpha$.

Устройство управления автоматически вычисляет позиции, скользя вдоль края резьбы, так что часть стружки остается постоянной. Для резьб с несколькими заходами необходимо только определить шаг каждого витка. Устройство управления выполняет каждый рабочий ход для каждого захода.

Для резьб с конечным пазом необходимо запрограммировать теоретический конечный Z, так как фиксированный цикл обеспечивает увеличение хода, равное половине шага. В резьбах без конечного паза инструмент достигает программируемого размера и затем перемещается обратно с конической резьбой вдоль обратного диаметра. Перед обработкой резец необходимо переместить в начальную точку: по оси X – наружный диаметр, по оси Z – точка должна отстоять минимум на один шаг резьбы.

Резьба без конечного паза не может быть получена в по-кадровом режиме.

Для рис. 6.7 программа будет иметь следующий вид:

N1 T1.1 M6.

N2 S300 M13.

N3 X20 Z2.

N4 (FIL, Z-16, K2, L5, 1, R3).

N5; выполняется нарезание трехзаходной резьбы за пять черновых и один чистовой проход, врезание осуществляется под углом, без торможения в конце резьбы.

N6 X40 Z 10.

N7 M30.

Определение профиля. Для успешного выполнения остальных технологических циклов необходимо заранее установить профиль обрабатываемой заготовки с помощью команды DFP.

Формат:

(DFP, n),

где n – номер профиля, может принимать значения от 1 до 8.

Этот код позволяет определить и сохранить до восьми профилей. Внутри каждого профиля можно определить до 16 элементов по стандартам ISO или GTL. Заданные профили могут вызываться из циклов черновой или чистовой обработки.

При описании профиля обрабатываемого контура заготовки следует помнить, что:

– по стандарту ISO все кадры профиля обрабатываемого контура заготовки должны содержать контурные коды (G1, G2, G3). Код быстрого хода G0 может появляться только в первом кадре;

– учитывая, что функции F могут программироваться внутри профиля, они только будут активизироваться во время цикла чистовой обработки профиля обрабатываемого контура заготовки;

– DFP всегда должен предшествовать соответствующему циклу обработки;

– направление описания профиля обрабатываемого контура заготовки должно совпадать с направлением рабочих ходов

инструмента (если инструмент при снятии припуска перемещается справа налево, то и профиль обрабатываемого контура заготовки необходимо описывать справа налево, если от периферии к оси, то и профиль также);

– описываемые ошибки сигнализируются только во время выполнения цикла обработки;

– номер блока в цикле DFP будет воспроизводиться только во время выполнения цикла чистовой обработки (CLP). Во всех других циклах (черновая обработка, параллельная оси X или Z и т.д.) дисплей воспроизводит кадр, который содержит макрокоманду обращения к профилю обрабатываемого контура заготовки, определенного с помощью DFP;

– для использования коррекции радиуса инструмента программируется G40/G41/G42 внутри цикла DFP;

– описание профиля заканчивается командой EPFB.

В качестве примера произведем описание на языке ISO для детали, представленной на рис. 6.3 (считаем, что обработка осуществляется из прутка $\varnothing 160$ мм, при съеме припуска инструмент перемещается справа налево):

N1 (DFP, I).

N2; начинаем описание профиля обрабатываемого контура заготовки под номером I.

N3 G X80 Z0.

N4 G1 Z–30.

N5 G2 X120 Z–50 R+20.

N6 G3 X140 Z –60 R+10.

N7; применяем круговую интерполяцию против часовой стрелки с центром окружности $X = 120$ мм и $Z = -60$ мм.

N8 G1 Z –110.

N9 X160.

N10 (EPF).

N11; описание профиля обрабатываемого контура заготовки завершено.

Многопроходная осепараллельная черновая обработка. Чтобы запрограммировать черновую обработку параллельно оси X , используется следующий формат:

(SPA, X, n, L, X, Z).

Чтобы запрограммировать черновую обработку параллельно оси Z, используется следующий формат:

$$(SPA, Z, n, L, X, Z),$$

где X или Z – признак оси (без значения), параллельно которой производится обработка; n – номер профиля обрабатываемого контура заготовки, ранее запомненного с DFP. Он обязателен и может изменяться от 1 до 8; X – радиальный припуск по оси X под последующую обработку; Z – радиальный припуск по оси Z под последующую обработку; L – число черновых рабочих ходов. Может измениться от 1 до 255.

X и Z можно пропустить. Если они присутствуют, то всегда должны иметь положительную величину.

На основе начальной точки и направления профиля устройство управления автоматически решает, какой должна быть черновая обработка – внутренней или внешней, и присваивает соответствующий знак припуску.

Начальная точка должна быть внешней относительно поля черновой обработки, по крайней мере, на величину программируемого припуска. Если профиль не монотонный, т.е. если он включает выемки, инструмент автоматически обходит выемки во время черновой обработки. После окончания обработки инструмент находится в точке, отстоящей от конечной точки профиля на расстоянии припуска плюс величина отскока (рис. 6.12).

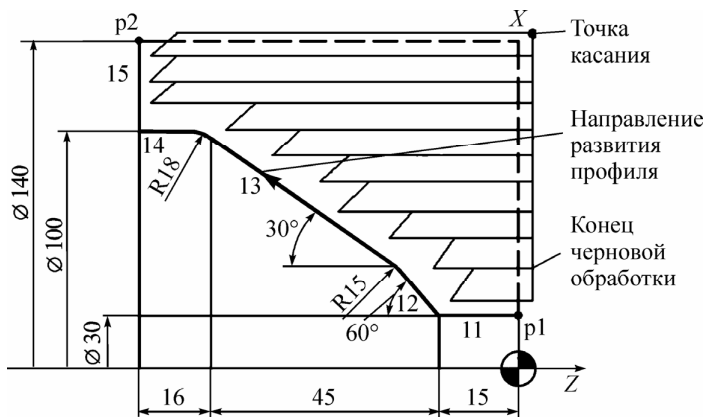


Рис. 6.12. Схема перемещений инструмента при многопроходной обработке по циклу SPA

В качестве примера продолжим составление программы черновой обработки детали (см. рис. 6.3):

...

N12 T1.1 M6.

N13 F1 S300 M13.

N14 G X162 Z1,5.

N15; помещаем инструмент в начальную точку цикла.

N16 (SPA, Z, 1, L10, X1, Z1).

N17; выполняем многопроходную черновую обработку параллельно оси Z, ограниченную профилем под номером 1, обработка выполняется за 10 рабочих ходов, припуск под последующую обработку 1 мм.

N18 G X170 Z60.

Осе параллельная черновая обработка с последующей полустовой обработкой. Для программирования черновой обработки, параллельной оси X с конечной обработкой вдоль профиля, используется следующий формат:

(SPF, X, n, L, X, Z).

Для программирования черновой обработки, параллельной оси Z, используется следующий формат:

(SPF, Z, n, L, X, Z).

Параметры цикла имеют те же значения, что и в SPA.

Запрограммированный профиль должен быть однородным. Иначе будет воспроизводиться сообщение ошибки. Отличие обработки по циклу SPF от SPA заключается в том, что обработка завершается проходом инструмента вдоль контура детали и после обработки инструмент перемещается в точку начала цикла.

Черновая обработка параллельно профилю. В случае, если заготовка имеет форму, приближенную к детали (поковка, отливка и т.п.), использование циклов обработки параллельно оси является неэффективным, так как возникает значительное число холостых перемещений на рабочей подаче, большое количество врезаний инструмента в металл. В таком случае обработка идет следующим образом: инструмент в каждом проходе перемещается по траектории, повторяющей профиль детали (рис. 6.13).

Приведенный алгоритм обработки реализуется с помощью цикла SPP.

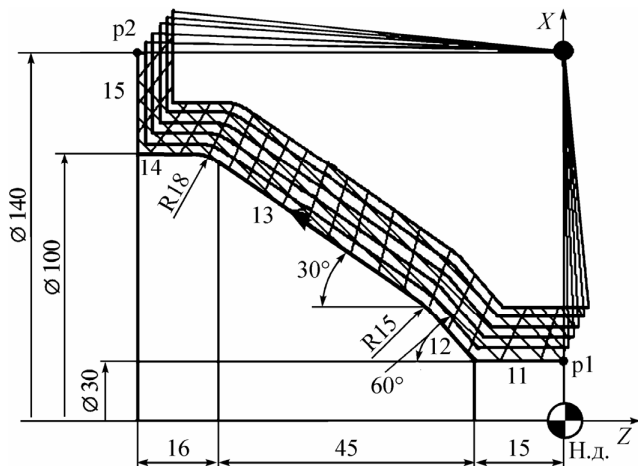


Рис. 6.13. Схема удаления припуска при черновой обработке, параллельной профилю

Формат:

(SPP, n, L, X1, X2, Z1, Z2).

n – номер профиля.

L – число проходов.

X1 – припуск по оси X, оставленный под последующую обработку.

X2 – припуск по оси X на необработанной детали.

Z1 – припуск по оси Z, оставленный под последующую обработку.

Z2 – припуск по оси Z на необработанной детали.

X1 и Z1 обязательны, даже если их величина равна нулю.

Начальная точка определяется аналогично, как и в SPA – SPF.

В качестве примера рассмотрим обработку поверхности детали, представленной на рис. 6.14. Заготовка имеет на внутренних поверхностях припуски по 10 мм. Тогда программа будет иметь следующий вид:

N1 (DFP, l).

N2 G X 120 Z0.

N3 G1 Z–20.

N4 X100.

N5 Z–40.

N6 X60 Z–80.

N7 X40.

N8 (EPF).

N9 T1.1 M6.

N10 F1 S300 M13.

N11 G X38 Z1,5.

N12; помещаем инструмент в начальную точку цикла.

N13 (SPP, 1, L4, X1, X10, Z1, Z10).

N14; выполняем многопроходную черновую обработку параллельно профилю 1, обработка выполняется за четыре рабочие хода, припуск под последующую обработку 1 мм.

N15 G X170 Z60.

N16 M30.

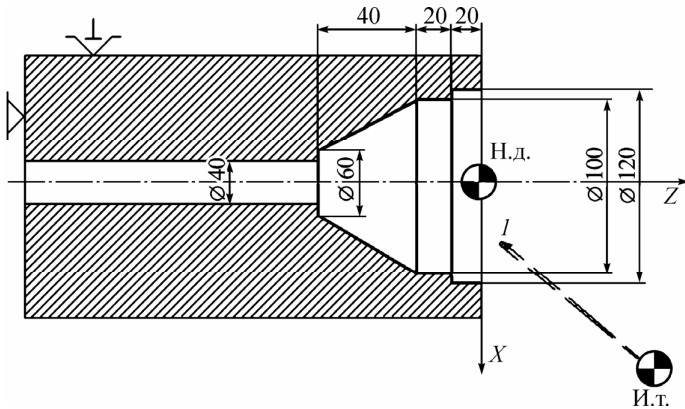


Рис. 6.14. Пример обработки поверхностей детали с использованием цикла SPP

Цикл чистовой обработки профиля обрабатываемого контура заготовки. Для программирования чистовой обработки профиля обрабатываемого контура заготовки используется следующий формат:

(CPL, n).

n – имя профиля, ранее определенного с DFP.

CPL – единственный цикл обработки, во время которого могут активизироваться функции P, программируемые внутри DFP.

В процессе выполнения данного цикла инструмент перемещается вдоль запрограммированного профиля в направлении его развития. Рассматриваемый цикл позволяет использовать для чистовой обработки ранее запрограммированный профиль для многопроходной обработки, облегчая программирование и сокращая затраты на разработку УП. В качестве примера завершим обработку детали, представленной на рис. 6.3. Программа будет иметь следующий вид:

...

N19 T3.3 F0,25 S1000 M6.

N20; устанавливаем чистовой резец и устанавливаем режимы резания, соответствующие чистовой обработке.

N21 X80 Z1.

N22 (CPL, I).

N23; выполняем чистовую обработку профиля 1.

N24 G X170 Z60.

N25 M30.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность программирования токарной обработки?
2. Какие подготовительные функции применяются при программировании перемещений по координатным осям?
3. Что определяет линейная интерполяция (G01)?
4. Что определяет круговая интерполяция (G02–G03)?
5. Как осуществляется программирование в абсолютной системе координат, по приращениям и относительно нуля станка (G90, G91, G79)?
6. Какие вы знаете функции для определения режима динамики приводов при программировании?
7. Каковы характеристики циклов нарезания канавок и нарезания резьбы?
8. Какой формат применяется при многопроходной осепараллельной черновой обработке?
9. Какой формат применяется при программировании чистовой обработки профиля обрабатываемого контура заготовки?

6.10. Программирование обработки на станках типа обрабатывающий центр

Система ПУ НЦ-201 может управлять различным технологическим оборудованием, в том числе станками типа обрабатывающий центр (ОЦ). Поэтому рассмотрим примеры программирования операций обработки отверстий и фрезерования поверхностей (основные операции, выполняемые на подобных станках).

Следуя принципу от «простого – к сложному», начнем с наиболее простого – программирования обработки отверстий. В качестве примера возьмем условный станок, оснащенный крестовым столом с вертикальным расположением оси шпинделя и магазином с автоматической сменой инструмента.

Программирование угловых перемещений. В случае, если станок оснащен поворотным столом, одна из осей может быть определена как ось вращения.

Программирование так называемого непрерывного поворотного стола, движение которого является одновременным искоординированным с движением других осей, запрограммированных в том же кадре, очень простое.

Необходимо учитывать следующее:

– программирование должно быть выполнено в градусах и десятичных значениях градуса от +0,00001 до +99999,9999 градуса, начиная с предварительно установленной начальной точки;

– перемещение может быть осуществлено на быстром ходу с функцией G00 или с рабочей подачей при функции G01, программируется скорость вращения в градусах в минуту (с точностью до сотых долей градуса) посредством функции F.

Например, при программировании F75,5 координата оси будет вращаться со скоростью 75,5 град/мин. Если необходимо выполнить фрезерование вдоль окружности с использованием поворотного стола, для вычисления скорости угловой подачи, которую надо запрограммировать, следует использовать следующую формулу:

$$F = \frac{360}{\pi} \cdot \frac{A}{D} = 114,59 \cdot \frac{A}{D},$$

где F – угловая скорость, град/мин; A – линейная скорость вдоль окружности, мм/мин; D – диаметр, на котором выполняется фрезерование, мм.

Когда вместе с вращательными координатными осями движутся также и линейные оси, для вычисления скорости подачи, которую надо запрограммировать, нужно использовать следующие формулы:

при G94

$$F = A \cdot \frac{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2 + B^2 + C^2}}{L};$$

при G93

$$F = \frac{A}{L},$$

где F – скорость подачи, которую надо запрограммировать; A – скорость подачи, требуемая для обработки заготовки детали, мм/мин; X, Y, Z, B, C – фактическое перемещение, выполненное каждой осью (миллиметры – для линейных осей, гра-

дусы – для вращательных); L – длина результирующей траектории, мм.

Траекторией будет:

- дуга окружности в случае, когда движется только ось вращения;
- дуга Архимеда, цилиндрическая спираль или же сложные кривые, если ось вращения движется вместе с одной или несколькими линейными осями.

Программирование обработки отверстий на станках типа ОЦ. С целью облегчения процедуры программирования обработки отверстий разработан ряд постоянных циклов (G80–G89), функциональное назначение которых закреплено в ГОСТ 20999–83.

Функции постоянных циклов G81–G89 позволяют программировать ряд операций (сверление, центрование, нарезание резьбы метчиком, растачивание и т.д.) без повторения для каждой из них размеров отверстия (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Характеристики постоянных циклов

Постоянный цикл	Подход	Функция на дне отверстия		Возврат
		Выдержка времени	Вращение шпинделя	
G81 сверление	Рабочая подача	Нет	Рабочая скорость	Быстрый ход
G82 растачивание	Рабочая подача	Да	Рабочая скорость	Быстрый ход
G83 глубокое сверление	В прерывистой работе	Нет	Рабочая скорость	Быстрый ход
G84 нарезание резьбы метчиком	Рабочая подача, начало вращения шпинделя	Нет	Изменение направления	Рабочая подача
G85 рассверливание	Рабочая подача	Нет	Рабочая скорость	Рабочая подача
G86 развертывание	Рабочая подача, начало вращения шпинделя	Нет	Останов	Быстрый ход
G89 развертывание с растачиванием	Рабочая подача	Да	Рабочая скорость	Рабочая подача

Формат кадра постоянного цикла:

G8X [R1[R2]] КООРДИНАТА ЦИКЛА [ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАНДЫ] [СКОРОСТЬ ПОДАЧИ] [ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ].

[R1 [R2]] – это координаты, определенные в явном или неявном виде (параметр E), относящиеся к оси шпинделя; они определяют координаты быстрого позиционирования в плоскости обработки в точке начала обработки и координаты возврата в конце обработки; если R2 отсутствует, то R1 считается конечной координатой.

КООРДИНАТА ЦИКЛА – определяет координату глубины отверстия, значение которой выражено в явном или неявном виде (параметр E), и ось, вдоль которой выполняется цикл.

[СКОРОСТЬ ПОДАЧИ] – определяется адресом F; выражает скорость подачи, с которой выполняется обработка отверстия; если адрес F отсутствует, то скоростью подачи будет последняя запрограммированная «F».

[ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАНДЫ] – являются операндами, определяющими параметры частных операций (например, I, J, K для глубокого сверления);

[ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ] – определяют функции S, M, T, H. Последовательность движений при выполнении постоянного цикла можно представить следующим образом (рис. 6.15):

- быстрое позиционирование к оси отверстия;
- быстрый подход к плоскости обработки (размер R1);
- перемещение со скоростью рабочей подачи до запрограммированного размера (Z);
- функции цикла на дне отверстия;
- возвращение на быстром ходу или со скоростью рабочей подачи к координате R1 (R2), если координата возврата отличается от координаты подхода R1.

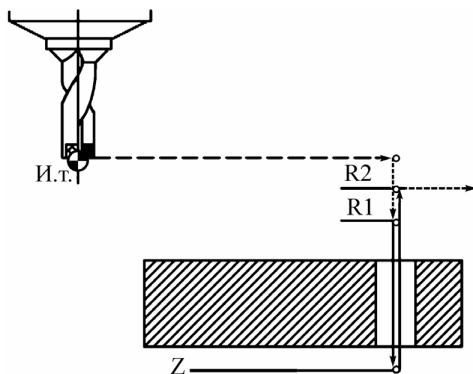


Рис. 6.15. Схема перемещений инструмента по циклам G81–G89

При использовании постоянных циклов следует учитывать следующие ограничения.

В кадре, содержащем функцию G постоянного цикла, не программируется никакое дополнительное движение осей, кроме самого цикла; цикл не приводится в действие, а кадр заносится в память системы. Цикл стартует координатами запрограммированными сразу после кадра, содержащего постоянный цикл (после выполнения первого цикла, для того чтобы выполнить последующие циклы, идентичные первому, достаточно запрограммировать координаты точек отверстия).

Продолжительность паузы в конце обработки отверстия программируется трехбуквенным кодом TMR.

Не представляется возможным запрограммировать G8X, если профиль запрограммирован на языке GTL и / или внутри G41/G42–G40.

Невозможно запрограммировать новый постоянный цикл без закрытия предыдущего постоянного цикла с помощью G80.

Формат постоянных циклов G81, G82, C85, G86, G89:

G8X[R1[R2]] Z.

X– 1, 2, 5 или 6.

В качестве примера рассмотрим сверление отверстий в детали (рис. 6.16).

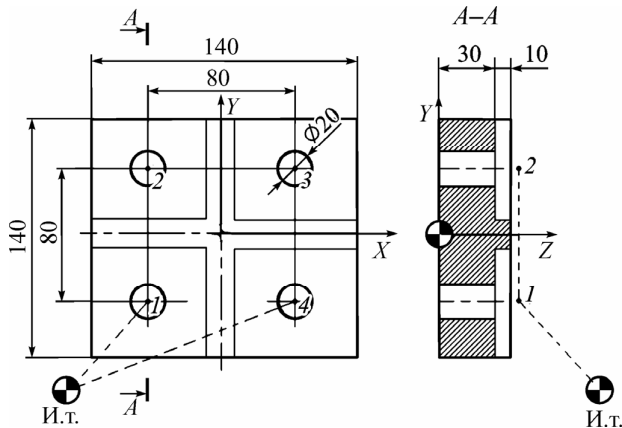


Рис. 6.16. Пример программирования постоянного цикла сверления

Соответственно программа будет иметь следующий вид:

N1 T1.M6.

N2 S1100 F95 M13.

N3 Z45.

N4 G81 R33 R43 Z-5.

N5; задание параметров постоянного цикла сверления.

N6 X-40 Y-40.

N7; движение к точке 1 и выполнение цикла.

N8 Y40.

N9; движение к точке 2 и выполнение цикла.

N10 X40.

N11; движение к точке 3 и выполнение цикла.

N12 Y-40.

N13; движение к точке 4 и выполнение цикла.

N14 G80 X-90 Y-90 Z80.

N15; отмена действия цикла, возврат в исходную точку.

N16 M30.

Постоянный цикл G81 может быть использован для операций растачивания, развертывания и центровочного сверления. Программирование постоянных циклов G82, G85, G86, G89 идентично программированию G81. В кадры, предшествующие постоянным циклам G82 и G89, вводится при необходимости выдержка времени через команду TMR.

Постоянный цикл глубокого сверления (С 83). Данный цикл разработан для обеспечения программирования обработки отверстий.

Формат кадра:

G83 [K1 ... [K2...]] 2 ... I ... [K ...] P...].

I – приращение размера Z после каждого цикла удаления стружки.

[J] – минимальное приращение цикла удаления стружки; после достижения запрограммированного значения следуют постоянные приращения.

[K] – коэффициент уменьшения параметра I (до достижения величины J).

Присутствие или отсутствие этих параметров определяет два разных цикла:

1) если заданы параметры I, K, J, цикл имеет следующие шаги:

- быстрый подход к оси отверстия для обработки;
- быстрый подход к точке R1;
- подход с рабочей подачей к точке R1 + I;
- быстрый возврат к точке R1 (удаление стружки);
- вычисление нового значения R1: $R1 = R1 + I - 1$;
- вычисление нового значения I: $I = I \cdot K$, если $I \cdot K \geq J$, и $I = J$, если $I \cdot K < J$.

Шаги, начиная со второго, выполняются один за другим до получения запрограммированного размера глубины сверления. Для сохранения параметра I неизменным (постоянное приращение) нужно запрограммировать $K = 1$ при отсутствии параметра J;

2) если параметры K и J не заданы (дробление стружки без удаления), подача с постоянным приращением и выдержка времени при любом приращении обеспечивается следующими шагами:

- быстрый подход к центру отверстия для обработки;
- быстрый подход к размеру R1;
- рабочая подача к точке $R1 + I$;
- выдержка времени, запрограммированная с TMR;
- подход по другой величине I (три последних шага следуют один за другим до достижения запрограммированного размера глубины);
- быстрый выход из отверстия к точкам R1 или R2, если R2 запрограммирована.

Постоянный цикл нарезания резьбы метчиком (G84). Постоянный цикл нарезания резьбы метчиком (G84) может быть выполнен двумя способами.

С п о с о б 1 – шпиндель без датчика.

Формат кадра цикла G84:

G84[R1][R2] Z ...

Z – конечная координата нарезания резьбы.

При программировании необходимо учитывать следующее:

- размер перемещения быстрого хода инструмента к заготовке детали в операциях нарезания резьбы метчиком должен всегда заканчиваться на расстоянии от заготовки детали, равном пяти шагам резьбы, если глубина до трех диаметров, или семи шагам, если глубина больше трех диаметров;
- скорость подачи F, которую следует запрограммировать, вычисляется следующим образом:

$$F = S \cdot P \cdot 0,9,$$

где S – скорость вращения шпинделя; P – шаг резьбы; 0,9 – коэффициент уменьшения скорости для сохранения упругости пружинного компенсатора резцедержателя.

Окончательный размер Z должен быть уменьшен на величину, равную 10% от фактического рабочего хода метчика.

С п о с о б 2 – шпиндель с датчиком.

В данном случае существует два метода программирования функции G84:

– использование программирования скорости подачи F, как в случае для шпинделя без датчика;

– использование программирования шага резьбы K; в этом случае система автоматически вычисляет подачу, умножая шаг K на число оборотов шпинделя.

Формат кадра цикла G84:

G84 [R1][R2] Z K.

K – шаг резьбы.

Особенности постоянных циклов. Внутри постоянных циклов можно программировать не только координаты оси отверстия, но и менять параметры цикла R1, R2, Z.

Если внутри постоянного цикла программируется кадр типа X, Y, R или же X, Y, R и / или Z, размеры R и / или Z постоянного цикла будут изменены и движения осей будут выполнены в следующем порядке:

X и Y;

R1, R2 обновленная;

Z обновленная.

Это позволяет менять глубину отверстия и переходить от обработки по одной плоскости к обработке на другой плоскости ниже или выше без отмены постоянного цикла функцией G80.

Пример сверления отверстий с использованием стандартных циклов на плите (рис. 6.17):

N1 S1000 F100 T1.1 M6.

N2 G81 R22 Z–6 M13.

N3 X25 Y25.

N4; выполняем сверление первого отверстия.

N5 X60 R22 R32.

N6; выполняем обработку второго отверстия, а так как третье отверстие расположено выше второго на 10 мм, принимаем R2 = 32, в итоге после обработки второго отверстия инструмент поднимется до Z = 32.

N7 Y75 R32 R42 Z15.

N8; аналогично меняем параметры цикла при обработке третьего отверстия, Z15 – отверстие глухое, R42 – перемещение инструмента после обработки до 42 мм во избежание столкновения с деталью при перемещении к четвертому отверстию.

N9 Y175 R37; Z–6.

N10 R37; начинаем обработку четвертого отверстия, припуск на врезание – 2 мм;
 N11 X95.
 N13 X–20 Y0 M30.

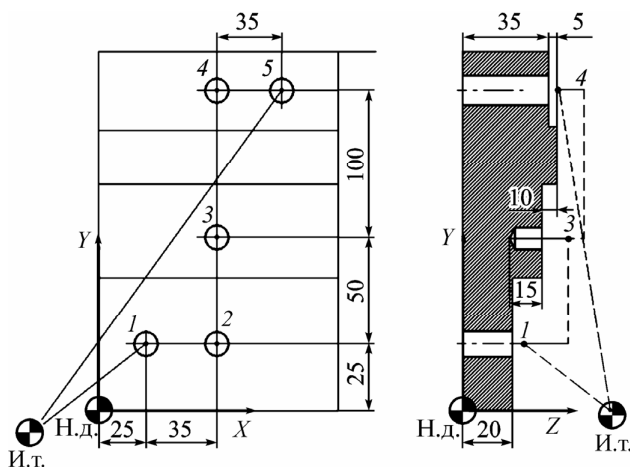


Рис. 6.17. Плита

6.11. Программирование фрезерной обработки

Наряду с операциями обработки отверстий на вертикальном обрабатывающем центре выполняются операции фрезерования. Программирование фрезерной обработки поверхностей дисковыми и торцовыми фрезами не вызывает каких-либо затруднений.

Программирование обработки контуров концевыми фрезами имеет ряд особенностей.

Выбор плоскости интерполяции. Рассмотрим пример: необходимо переместить инструмент из точки 1 в точку 2 по дуге окружности радиусом 25 мм (рис. 6.18).

Очевидно, используя форму записи N ... G3 X75 I50 J0 или N ... G3 X75 R–25, таких дуг может быть выполнено бесконечное множество, поэтому системе дополнительно необходимо задать плоскость, в которой лежит дуга. Такая плоскость называется плоскостью интерполяции. В СПУ существует только три плоскости интерполяции, образованные парами

осей системы координат детали XY (G17), XZ (G18), YZ (G19). Однако это не значит, что нельзя выполнить перемещение инструмента по траекториям 1, 2, 3 (рис. 6.18), для выполнения данной операции достаточно повернуть систему координат детали, обеспечив совпадение плоскости дуги с одной из стандартных плоскостей. В качестве примера запишем перемещение инструмента по траекториям 1 и 2 соответственно:

N ... G17 G3 X75 R-25;
 N ... G18 G3 X75 R-25.

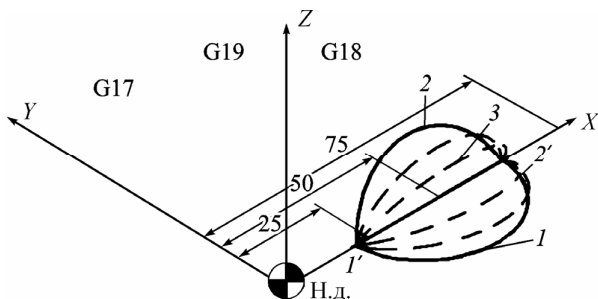


Рис. 6.18. Пример перемещения инструмента по дуге окружности:
 1, 2, 3 – перемещение инструмента по траекториям; 1', 2' – точки перемещения инструмента по дуге

Второй областью применения функций выбора плоскости интерполяции является использование совместно с коррекцией радиуса инструмента (G41, G42).

По умолчанию обычно действует плоскость интерполяции G17 (см. табл. 6.1).

Коррекция радиуса инструмента (G41–G42–G40). Рассмотрим следующую ситуацию: допустим, необходимо выполнить фрезерование контура детали, представленной на рис. 6.19. Для обработки принимаем цилиндрическую концевую фрезу $\varnothing 16$ мм. У вращающегося инструмента обычно точка привязки расположена на оси вращения.

Если принято, что радиус инструмента во время обработки контура заготовки остается постоянным, то при этом траектория центра инструмента эквидистантна к контуру заковки. Эквидистанта – это геометрическое место точек, равноудаленных от какой-либо линии и лежащих по одну сторону от нее. Характер эквидистанты отражает форму обрабатываемой детали и режущей части инструмента.

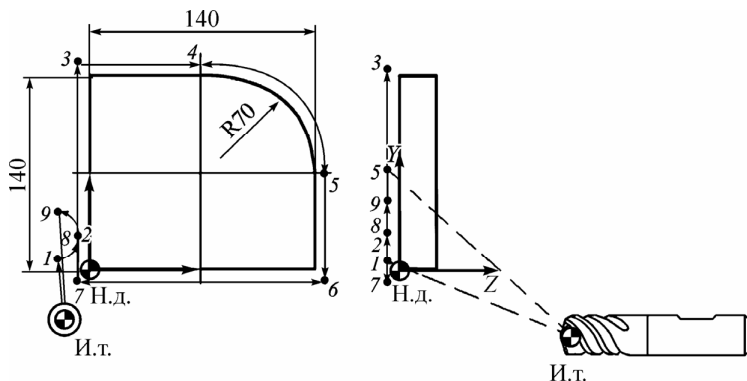


Рис. 6.19. Траектория перемещения инструмента при обработке контура

Запишем УП для обработки представленной детали:

N1 T1.1 M6.

N2 S1100 F95 M13.

N3 X-24 Y4 Z-3.

N4 G3 X-8 Y20 R16.

N5; осуществляем плавное врезание инструмента на глубину припуска.

N6 G1 Y148.

N7 X70.

N8 G2 X148 Y70 R78.

N9 G1 Y-8.

N10 X-8.

N11 Y22.

N12 G3 X-24 Y38 R16.

N13 GX-20 Y -25 Z50.

N14 M30.

Представим следующую ситуацию: допустим, на текущий момент нет фрез $\varnothing 16$ мм, а есть фрезы $\varnothing 18$ мм, следовательно, данная программа уже становится непригодной для обработки. В такой ситуации приходится разрабатывать новую траекторию перемещения инструмента, рассчитывать новые опорные точки, проводить корректировку кадров УП. Данный недостаток значительно снизил бы эффективность использования станков с ПУ. Как видно из представленного примера, при изменении размеров инструмента траектория перемещений не меняется, меняются лишь координаты опорных точек в зависимости от текущего диаметра инструмента. С данной

задачей легко справляется система ПУ при использовании подготовительных функций компенсации размеров инструмента (G41, G42):

G41 – включение компенсации, инструмент слева от заготовки детали;

G42 – включение компенсации, инструмент справа от заготовки детали;

G40 – отмена компенсации.

Особенностью использования компенсации инструмента в рассматриваемой системе ПУ является то, что при программировании траектории перемещений условно принимается диаметр инструмента, равный нулю. Траектория инструмента совпадает с обрабатываемым контуром, и в программе фактически описывается обрабатываемый контур.

Для выбора функции G41 или G42 используют следующий прием:

– при размещении инструмента слева от контура (на инструмент необходимо смотреть в направлении его движения) задается функция G41, справа G42;

– используя функции коррекции радиуса инструмента, по одной программе можно обрабатывать контур заготовки инструментом разного диаметра. Для этого в массиве коррекций задается радиус инструмента.

До программирования компенсации радиуса инструмента необходимо определить плоскость интерполяции. Как известно, плоскость обработки может быть определена с помощью G17(X) (устанавливается при включении устройства), G18(ZX), G19(YZ).

Инструмент должен позиционироваться к стартовой точке на профиле с помощью линейной интерполяции. Однако первый элемент (кадр) профиля может быть как линейным, так и круговым.

Для отмены компенсации радиуса инструмента необходимо запрограммировать функцию G40.

Действие функций G41, G42 прекращается в первом же кадре движения после кадра с функцией G40.

При программировании контура обрабатываемой заготовки с коррекцией радиуса инструмента необходимо учитывать, что:

– первое перемещение должно быть линейным, т.е. на быстром ходу или при скорости обработки (G00–G01);

– блоки с функциями M, S и T не могут программироваться внутри области кадров, на которую распространяется действие функций G41 и G42;

– профиль может обрабатываться в непрерывном режиме (G27–G28) или в режиме «от точки к точке» (G29), в автоматическом или кадровом режиме;

– на первой и последней точках профиля центр инструмента позиционируется перпендикулярно к профилю на программируемой точке.

Следовательно, траектория перемещений инструмента и управляющей программы примет (рис. 6.20) следующий вид:

N1 T1.1 M6.

N2 S1100 F95 M13.

N3 Z–3.

N5 G41 X–16 Y4.

N6 ; так как инструмент находится слева от контура обрабатываемой заготовки, используем G41.

N7 G3 X0 Y20 R16.

N8 G1 Y140.

N9 X70.

N10 G2 X140 Y70 R70.

N11 G1 Y0.

N12 X0 N13 Y22.

N14 G40 G3 X–16 Y38 R16.

N15 G X–20 Y–25 Z50.

N16 M30.

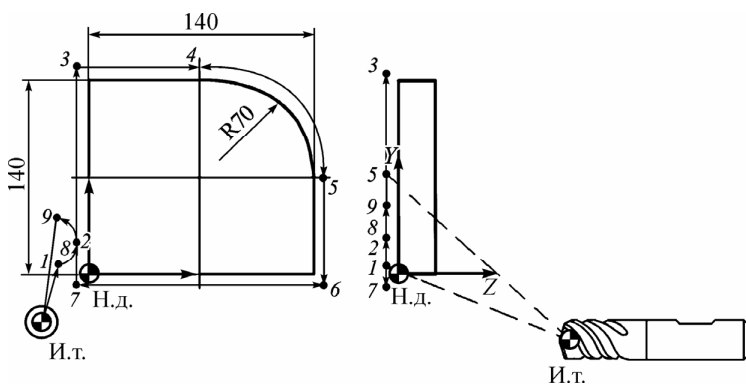


Рис. 6.20. Пример обработки контура заготовки с использованием функции коррекции инструмента G

Особенности программирования контуров при фрезерной обработке заготовок. При перемещении из точки 2 в точку 3 (рис. 6.20) будет наблюдаться отрыв инструмента от обрабатываемой заготовки детали (рис. 6.21), а при последующем перемещении в точку 4 инструмент повторно осуществляет врезание на глубину резания. При этом врезание осуществляется в жестком режиме. Все это приводит к снижению стойкости инструмента, а также, вследствие деформации инструмента и детали, к появлению «недорезов» на обрабатываемой поверхности (рис. 6.22).

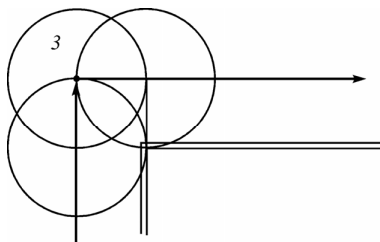


Рис. 6.21. Схема отрыва и врезания инструмента при фрезеровании контура заготовки

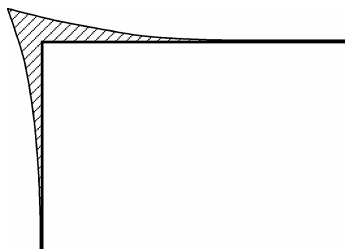


Рис. 6.22. Схема формирования «недореза» на поверхности заготовки

Поэтому для всех участков траектории, где изменение направления движения инструмента превышает 180° , выполняют сопряжение контура (рис. 6.23). Сопряжение осуществляется путем перемещения инструмента по дуге окружности радиусом, равным радиусу инструмента, и центром, расположенным в точке излома контура.

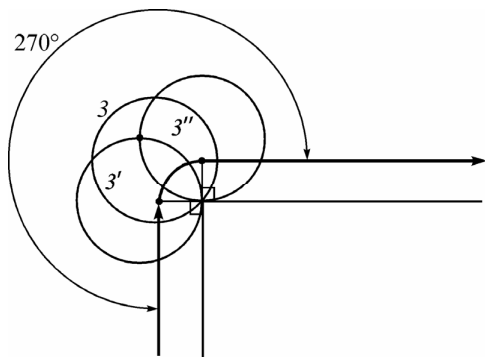


Рис. 6.23. Сопряжение контура при изменении направления движения инструмента

Точки начала и конца дуги сопряжения определяются следующим образом: из точки излома контура строятся два перпендикуляра к сопрягаемым поверхностям, точки пересечения перпендикуляров и эквидистанты являются началом и концом дуги сопряжения.

При такой траектории перемещения инструмент постоянно касается детали, обеспечивая исключение появления «недорезов».

Система ПУ НЦ-201 позволяет автоматически выполнять скругления, сопряжения контура и скосы на заготовке. Скругления выполняются программированием адреса r , скосы – b .

При программировании выпуклого пути перемещением против часовой стрелки радиус r , связывающий линии, должен иметь положительную величину; при перемещении по часовой стрелке программируется отрицательный радиус. Радиус $r = 0$ выполняет сопряжение контура путем генерирования радиуса, равного нулю, на детали.

Программа по обработке детали (см. рис. 6.20) с выполнением сопряжений в этом случае примет следующий вид:

N1 T1.1 M6.

N2 S1100 F95 M13.

N3 Z–3.

N5 G41 X–16 Y4.

N6; так как инструмент находится слева от контура, используем G41.

N7 G3 X0 Y20 R16.

N8 G1 Y140.

N9 r0.

N10 X70.

N11 G2 X140 Y70 R70.

N12 G1 Y0.

N13 r0.

N14 X0.

N15 r0.

N16 Y22.

N17 G40 G3 X–16 Y38 R16.

N18 G X–20 Y–25 Z50.

N19 M30.

Скос программируется как расстояние от точки пересечения между линиями (рис. 6.24).

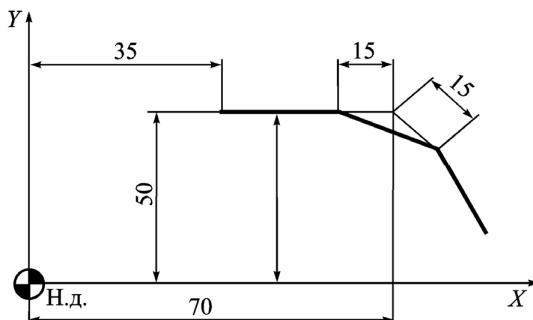


Рис. 6.24. Пример программирования скоса (фаски) на поверхности заготовки

Кодом UOV можно определить припуск в операциях контурной обработки. Заданный в программе или введенный с клавиатуры код UOV временно модифицирует значение корректировки на величину, равную установленному значению.

Пример: UOV = 1,5 – при обработке будет оставлен припуск в 1,5 мм на сторону (например, при выполнении полустриковой обработки).

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к программированию?
2. Какие функции выполняют постоянные циклы, применяемые при программировании обработки отверстий?
3. Какие схемы постоянных циклов вы можете привести?
4. Каков формат кадра постоянного цикла?
5. Какова схема постоянного цикла глубокого сверления?
6. Как выполняется постоянный цикл нарезания резьбы метчиком?
7. В чем особенности постоянных циклов при программировании обработки на станках с ПУ?
8. Как выбирается плоскость обработки G17; G18; G19?
9. Как осуществляется траектория перемещения инструмента при обработке контура?
10. В чем особенности программирования контуров при фрезерной обработке?
11. Каким кодом определяется припуск в операциях контурной обработки?

6.12. Программирование контурной обработки на основе языка GTL

Система УПУ НЦ-201 дает возможность в программе описать геометрический профиль в плоскости, используя не только стандартный язык программирования (G1–G2–G3), но и

язык программирования высокого уровня GTL. В дословном переводе GTL – геометрический технологический язык. Он разработан итальянской компанией «Оливетти» и стал стандартом программирования обработки на станках с ПУ. Этот язык позволяет программировать профиль, состоящий из прямых окружностей, используя только информацию, полученную на основании чертежа.

Система УПС автоматически вычисляет точки пересечения и точки касания геометрических элементов.

Язык программирования GTL и язык на основе ISO-кодов могут быть использованы одновременно в одной и той же программе, но не для одного и того же профиля. Геометрия GTL функционирует только при абсолютном программировании (G90).

Векторная геометрия. Определение профиля с использованием GTL основано на использовании четырех типов геометрических элементов:

- точки начала отсчета;
- точки;
- прямые;
- окружности.

Так как профиль определяется как геометрическими элементами, так и направлением, то для определения геометрических элементов в языке GTL используется особый тип геометрии – векторная геометрия. Для векторной геометрии при определении элемента кроме параметров, необходимых для установления позиции в плоскости, требуется назначение направления движения.

Например, прямая линия проходит через точки A и B , как показано на рис. 6.25, двигаясь от A к B (12), это прямая линия 11, лежащая на 12, но проходящая от B к A .

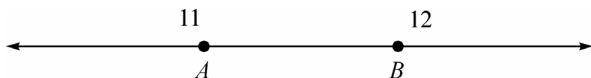


Рис. 6.25. Схема определения прямой

В векторной геометрии 11 и 12 являются двумя различными линиями, имеющими противоположные направления. Программирование с помощью GTL, основанное на векторной геометрии, требует для каждой прямой линии назначения направления движения. Условимся, что направление движения прямой определяется углом, который она образует с положи-

тельной осью X . Угол будет иметь положительный знак, если ось X необходимо повернуть против часовой стрелки до совпадения с направлением линии, и отрицательный – в обратном случае, как показано на рис. 6.26.

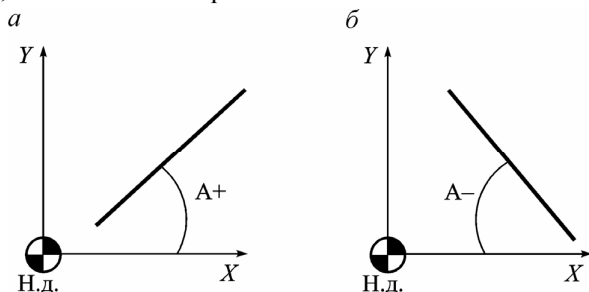


Рис. 6.26. Определение прямой в полярной системе координат: a – положительное значение угла; b – отрицательное

Направление должно быть придано также и окружностям. Условно принимается за положительное направление движение против часовой стрелки и за отрицательное – по часовой стрелке.

По договоренности придается положительное значение радиусам окружностей с направлением движения против часовой стрелки и отрицательное – в обратном случае (рис. 6.27).

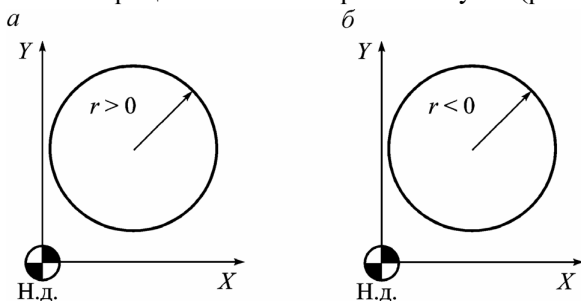


Рис. 6.27. Схема определения значений радиуса: a – положительное; b – отрицательное

Направление, данное элементу, обычно соответствует направлению движения инструмента по профилю.

Программирование информации о геометрических элементах. Описание в программе геометрических элементов предусматривает использование следующих строчных символов:

- a – угол;
- l – линия;

c – окружность;
d – расстояние;
m – модуль;
o – точка начала отсчета;
r – радиус;
p – точка;
s – номер пересечения (дискриминатор);
b – скос.

Необходимость использования для этой информации строчных символов вызвана тем, что эти же заглавные символы используются в языке УПУ для другой информации. Запись геометрических элементов в программе должна быть осуществлена до определения профиля и обычно записывается в начале программы.

Формат записи геометрического элемента:

НАЗВАНИЕ ИНДЕКС = <выражение>.

НАЗВАНИЕ – одно из четырех символических названий, предусмотренных для геометрических элементов o, p, I, c;

ИНДЕКС – определяет номер переменной геометрического элемента, этот номер заключен между 0 и 255;

выражение – содержит всю информацию, необходимую для описания геометрического элемента, элементы могут быть определены:

- явным образом, программируя в кадре всю информацию, необходимую для определения геометрического элемента;
- неявным образом: описание с использованием других геометрических элементов.

Пример:

– в явном виде:

o1 = X30 Y30 a45
p2 = X60 Y30
I2 = X30 Y50 a45
I3 = X0 Y0, X100 Y60

– в неявном виде:

I1 = p1, p2
c1 = I1, I2, r15
p1 = o1 X15 Y15
p3 = I3, c1
c2 = p3, r8 ...

Формат геометрических определений предусматривает использование символа « , » (запятая) для отделения геометрического элемента (прямая – точка – окружность) от последующего геометрического элемента или информации (такой, как радиус «r» или угол «a»).

Примеры:

– разделитель не требуется:

$$p1 = X30 Y30$$

$$c1 = I10 J20 R30$$

$$l1 = X20 Y20, X100 Y-10$$

– разделитель требуется:

$$I2 = I30 J20 r10, X80 Y80$$

$$I3 = X100 Y100, a45$$

$$c3 = I1, I2, r18$$

Функция определения точек начала отсчета позволяет определить точки начала отсчета в прямом формате (явным образом).

Обычно информация, находящаяся в программе, относится к системе осей, совпадающих с осями станка. Однако при проектировании деталь может быть выполнена на чертеже с использованием различных декартовых систем: абсолютной системы и других систем (начальных точек) отсчета, которые могут быть приведены к абсолютной системе вращением и смещением осей.

Формат абсолютной системы:

$$O_n = X Y a,$$

где n – номер точки начала отсчета; X, Y – координаты новой начальной точки; a – угол вращения (положительный против часовой стрелки). Пример приведен на рис. 6.28.

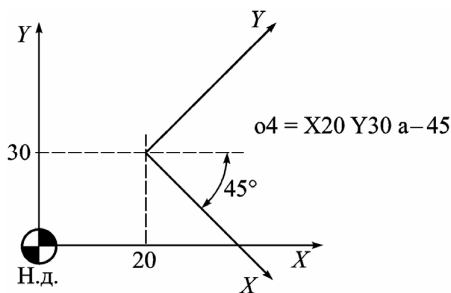


Рис. 6.28. Схема задания точки начала отсчета

Определение точек. Функция определения точек позволяет определить точки в прямой (явной) форме или в косвенной (неявной) форме. Определение может быть дано как в декартовых координатах, так и в полярных.

В полярной системе координат любая точка плоскости может быть определена с помощью длины отрезка p (названной модулем), который соединяет ее с полюсом, и с помощью угла, который образуется отрезком прямой и полярной осью.

Формат точки:

1) прямой:

– точка в декартовых координатах (рис. 6.29):

$$p_n = [on] X Y,$$

где p_n – определяет название точки и ее номер; $[on]$ – начальная точка отсчета индекса n , определенная ранее, к которой относятся координаты X и Y ; X, Y – координаты точки;

– точка в полярных координатах (пример представлен на рис. 6.30):

$$p_n = [on] m a,$$

где m – модуль полярного вектора; a – угол полярного вектора;

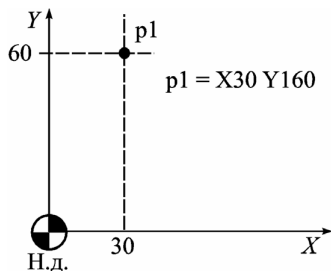


Рис. 6.29. Схема описания точки в декартовой системе координат

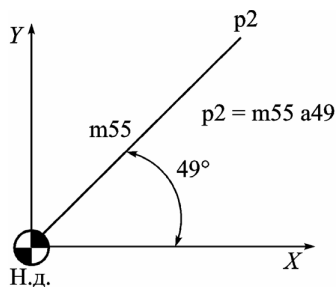


Рис. 6.30. Схема описания точки в полярной системе координат

2) косвенный:

– точка пересечения двух прямых, определенных ранее (пример представлен на рис. 6.31):

$$p_n = l_m, l_p,$$

где l_m – ранее определенные элементы прямой индексов m и p ;

– точка пересечения прямой и окружности, определенных ранее (пример представлен на рис. 6.32):

$$p_n = [-] l_m, c_p [s2];$$

$$pn = cm, [-] 1p [s2],$$

где cm, cp – ранее определенные элементы окружности индексов m и p ; $[-]$ – возможность изменить направление, используя знак « \leftarrow »; $[s2]$ – индикатор второго пересечения.

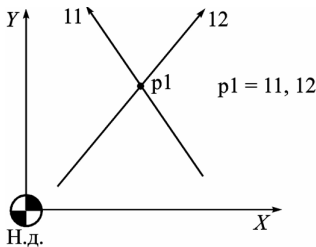


Рис. 6.31. Схема описания точки пересечения двух прямых

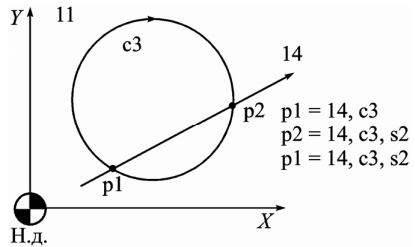


Рис. 6.32. Схема описания точки пересечением прямой и окружности

В случае пересечения «прямая – окружность» или наоборот существуют два возможных решения: окружность $c3$ и прямая 14 пересекаются в точках $p1$ и $p2$. Проходя прямую 14 , следуя ее направлению, сначала встречаем точку $p1$ (первое пересечение), а затем – точку $p2$ (второе пересечение). Для выбора второго пересечения $p2$ следует использовать индикатор $s2$. Если он опущен, то выбирается первое пересечение $p1$ – точка пересечения двух окружностей (рис. 6.33):

$$pn = cm, cp [s2].$$

В случае пересечения «окружность – окружность» существуют два возможных решения: окружности $c1$ и $c2$ пересекаются в точках $p1$ и $p2$ (рис. 6.33). Рассматривается ориентированная прямая, соединяющая центр первой окружности с центром второй окружности. Она делит плоскость на две полуплоскости. Для выбора точки в правой полуплоскости (если смотреть в направлении ориентированной прямой $p2$) следует использовать индикатор $s2$.

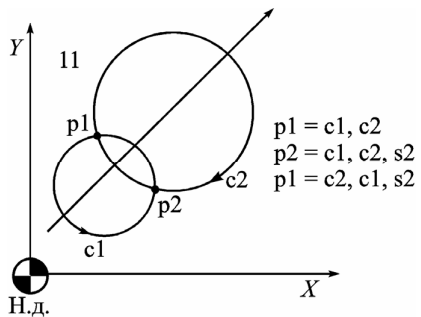


Рис. 6.33. Схема описания точки пересечением окружности

Если он опущен, то автоматически выбирается точка в левой полуплоскости $p1$.

Определение прямой линии. Функция определения прямой линии позволяет определить прямую линию в прямой (явной) или косвенной (неявной) форме.

Направление прямой линии всегда от первого ко второму среди определяемых элементов. В случае, если прямая касается окружности, возможны два решения, так как прямая, проходящая через точку, может быть касательной к окружности в двух различных точках. Для выбора требуемого решения следует убедиться в том, что в точке касания окружность и прямая имеют одно и то же направление.

Несовместимость направлений движения геометрических элементов приведена на рис. 6.34, *а*, совместимость направлений движения – на рис. 6.34, *б*.

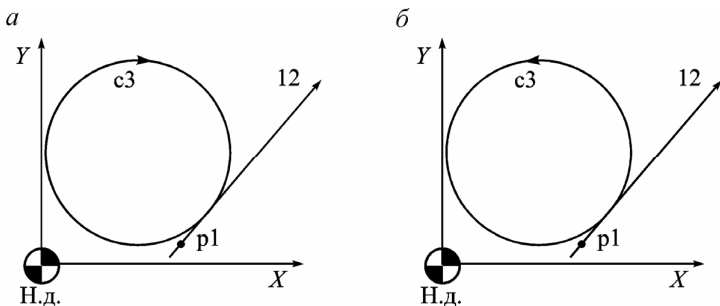


Рис. 6.34. Схема определения совместимости элементов: *а* – несовместимые элементы; *б* – совместимые элементы

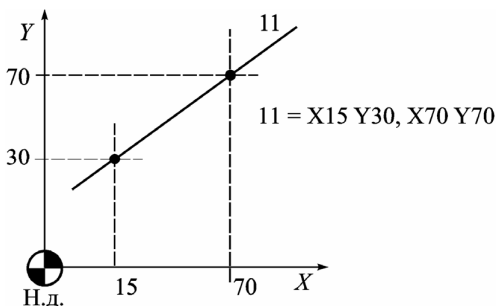


Рис. 6.35. Схема описания линии двумя точками в явном виде

Формат прямой линии:

- прямая, проходящая через две точки:

– в явном виде (рис. 6.35):

$$l_n = [om] XY, [op] X Y,$$

где l_n – определяет название прямой с индексом n ; X, Y – координаты точки;

– в косвенной форме (рис. 6.36):

$$l_n = pm, pq,$$

где pm, pq – предопределенные элементы точки с индексами m и q ;

• прямая, проходящая через одну точку и образующая угол с осью абсциссы:

– в явном виде (рис. 6.37 и 6.38):

$$l_n = [on] X Y, a,$$

где a – угол, образованный осью абсцисс и прямой (положительный – против часовой стрелки);

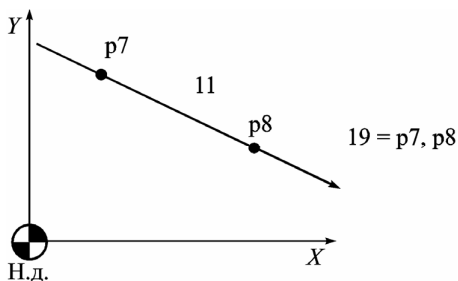


Рис. 6.36. Схема описания линии двумя точками в косвенной форме

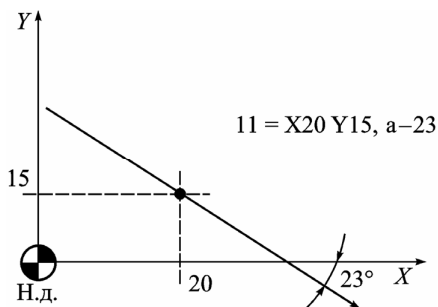


Рис. 6.37. Схема описания линии точкой и углом

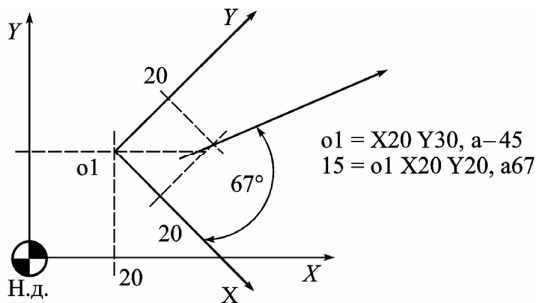


Рис. 6.38. Схема описания линии точкой и углом в альтернативной системе координат

– в косвенной форме (рис. 6.39):

$$l_n = [-] \text{ см}, \alpha;$$

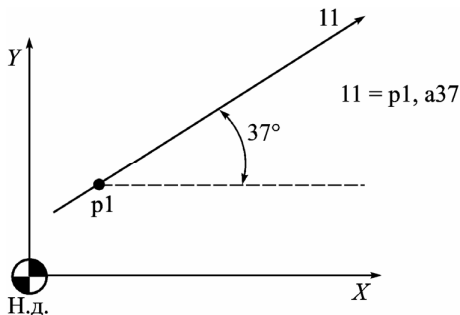


Рис. 6.39. Схема описания линии точкой и углом в косвенной форме

• прямая, касательная к окружности и проходящая через точку:

– в явном виде (рис. 6.40):

$$l_n = [om] I J r, [op] X Y;$$

$$l_n = [om] X Y, [op] I J r;$$

– в косвенной форме (рис. 6.41):

$$l_n = [-] \text{ см}, \text{ pm};$$

$$l_n = \text{ pm}, [-] \text{ см};$$

• прямая, касательная к одной окружности и образующая угол с осью абсцисс в явном виде (рис. 6.42 и 6.43):

$$l_n = [om] I J r, a,$$

где r – радиус окружности (положительный – против часовой стрелки).

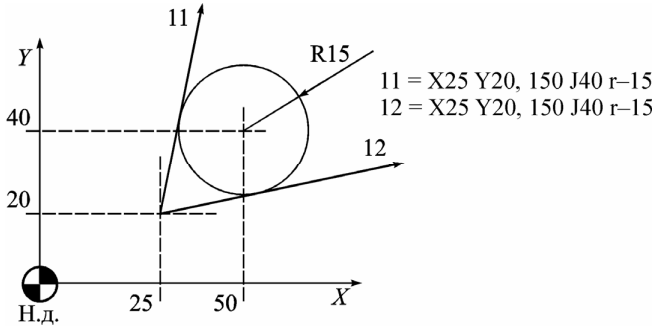


Рис. 6.40. Схема описания линии точкой и окружностью в явном виде

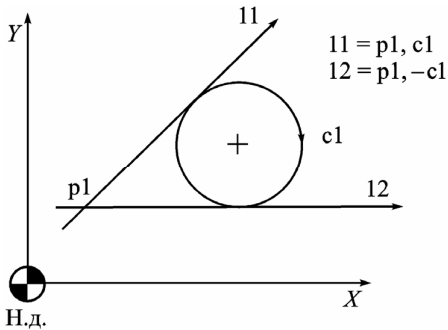


Рис. 6.41. Схема описания линии точкой и окружностью в косвенной форме

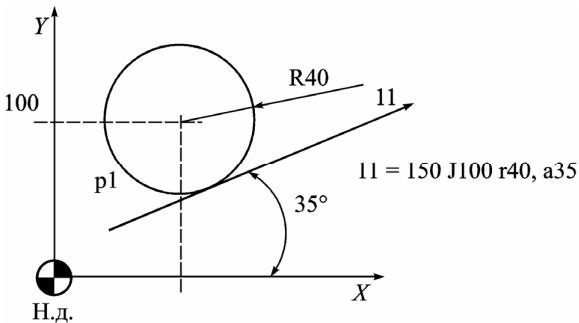


Рис. 6.42. Схема описания линии окружностью и углом

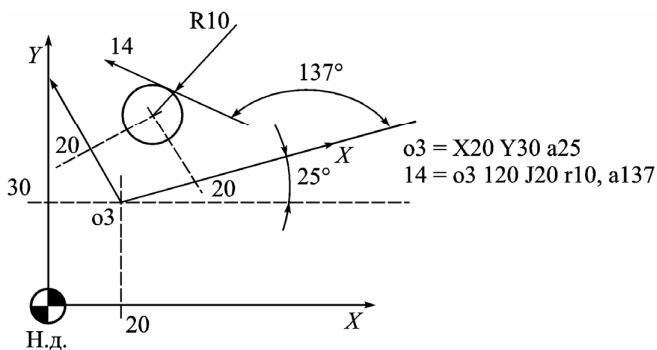


Рис. 6.43. Схема описания линии окружностью и углом в альтернативной системе координат

– в косвенной форме (рис. 6.44):

$$I_n = [-] \text{ см, } a \dots;$$

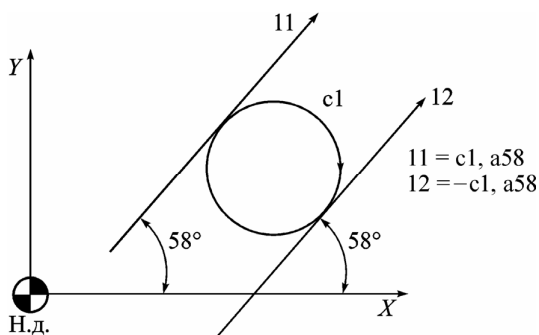


Рис. 6.44. Схема описания линии окружностью и углом в косвенной форме

• прямая, касательная к двум окружностям:
 – в явном виде (рис. 6.45):

$$I_n = om I J r, op I J;$$

– в косвенной форме (рис. 6.46):

$$I_n = [-] \text{ см, } [-] \text{ см.}$$

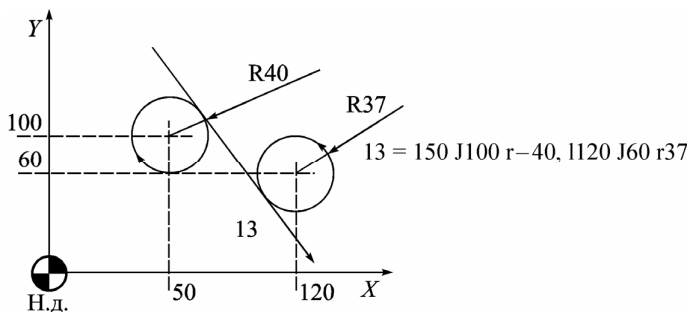


Рис. 6.45. Схема описания линии двумя окружностями в явном виде

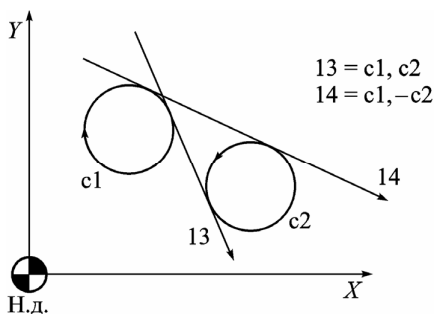


Рис. 6.46. Схема описания линии двумя окружностями в косвенном виде

При описании геометрических элементов всегда должна быть обеспечена совместимость направлений: линия 13 совпадает с направлением окружностей и направлена от первой окружности ко второй; прямая, параллельная прямой на расстоянии d (рис. 6.47):

$$l_n = [-] l_m, d \dots$$

где d – расстояние между двумя прямыми (положительное, если прямая слева, отрицательное – в обратном случае, смотря в направлении предопределенной прямой).

Определение окружностей. Язык GTL позволяет определить окружности в прямой (явной) или косвенной (неявной) форме.

Определяя окружности в косвенной форме, программист должен учитывать совместимость направлений элементов (знак « \leftarrow » может изменить направление предопределенных элементов).

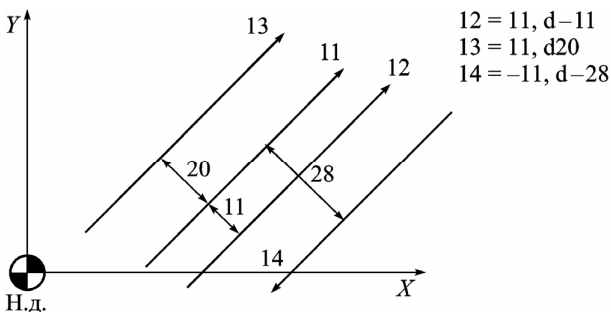


Рис. 6.47. Схема описания линии, параллельной другой линии

Определение окружностей в явном виде:

- окружность с декартовыми координатами центра и радиуса (рис. 6.48):

$$cn = [om] I J r,$$

где cn – устанавливает название окружности индекса n (n – номер, заключенный между первым и максимальным конфигурируемыми номерами); I, J – координаты центра окружности; r – радиус окружности (положительный – для направления против часовой стрелки, отрицательный – для направления по часовой стрелке);

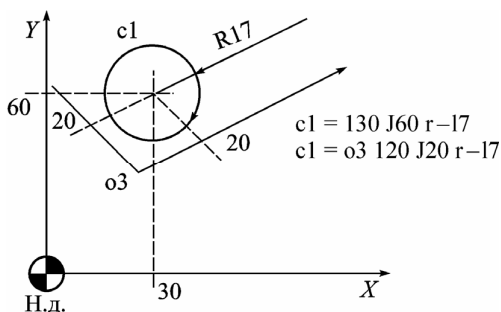


Рис. 6.48. Схема определения окружности в декартовой системе координат в явном виде

- окружность с полярными координатами центра и радиуса (рис. 6.49):

$$cn = [om] m a r.$$

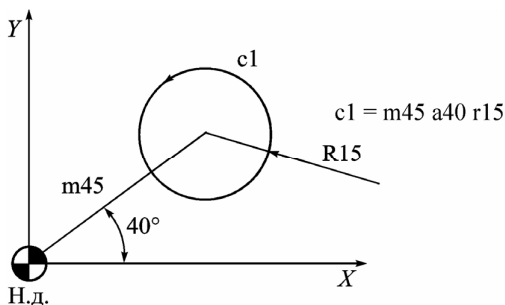


Рис. 6.49. Схема определения окружности в полярной системе координат в явном виде

Определение окружностей в косвенном виде:

- окружность с данным радиусом и касательная к двум предопределенным прямым (рис. 6.50):

$$c_n = [-] l_m, l_p, r,$$

где $[-]$, l_m – предопределенные элементы прямой с индексом «тире»; $[-] l_p$ – может принять противоположное направление при использовании знака « \leftarrow ». Окружность c_3 будет описана следующей зависимостью:

$$c_3 = 12, 11, r \leftarrow 10.$$

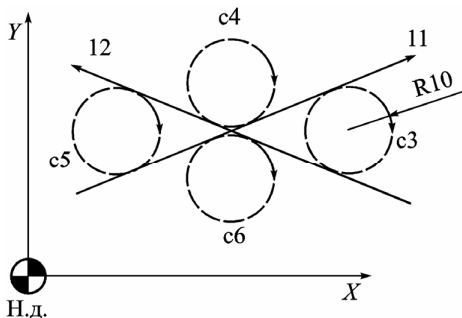


Рис. 6.50. Схема определения окружности, касательной к двум прямым

Радиус со знаком « \leftarrow » определяет окружность с направлением по часовой стрелке. В общем случае таких окружностей можно построить четыре (рис. 6.50). Но, учитывая принцип совместимости направлений, допустимой является только одна окружность c_3 (окружность c_4 не совпадает по направле-

нию с геометрическими элементами: с 11, с5 с 11 и 12, с6 с 12);

- окружность с данным радиусом и касательная к прямой и окружности (предопределенным) (рис. 6.51):

$$c_n = [-] l_m, [-] c_p, r,$$

$$c_n = [-] c_p, [-] l_m, r,$$

где $[-] c_m$, $[-] c_p$ – предопределенные элементы окружности с индексами m , p ; могут принять противоположное направление при использовании знака « \leftarrow ».

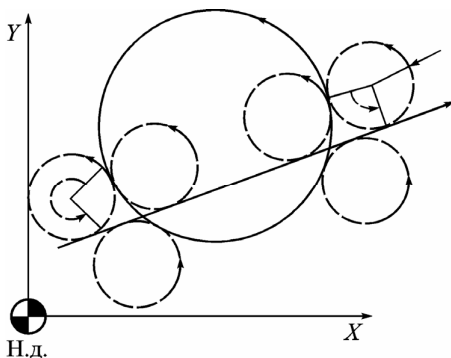


Рис. 6.51. Схема определение окружности, касательной к окружности и прямой

Запись, определяющая окружность с3 (рис.6.51.), будет выглядеть следующим образом:

$$c_3 = -c_2, l_1, r_{10}.$$

В общем случае окружностей, касательных к другой окружности и прямой, может быть несколько (см. рис. 4.50). Принципу совместимости (окружность с2 записана со знаком « \leftarrow ») удовлетворяют следующие окружности: с3 и с7.

В соответствии со следующим правилом GTL всегда создаст окружность с направлением от первого ко второму элементу и дугой, имеющей меньший центральный угол. Будет построена окружность с3, так как она имеет дугу меньше, чем у с7.

Приведем варианты определения других окружностей (рис. 6.52):

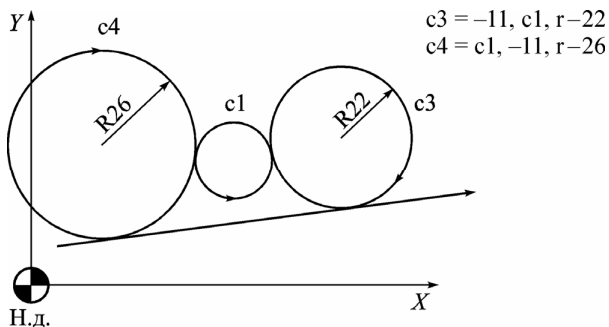


Рис. 6.52. Схема определения вариантов окружностей, касательных к прямой и другой окружности

• окружность с данным радиусом, проходящая через predetermined point and tangent to predetermined line (рис. 6.53):

$$c_n = p_m, [-] l_p, r;$$

$$c_n = [-] l_p, p_m, r,$$

где p_m, p_q, p_r – predetermined elements of point indices m, q, r ;

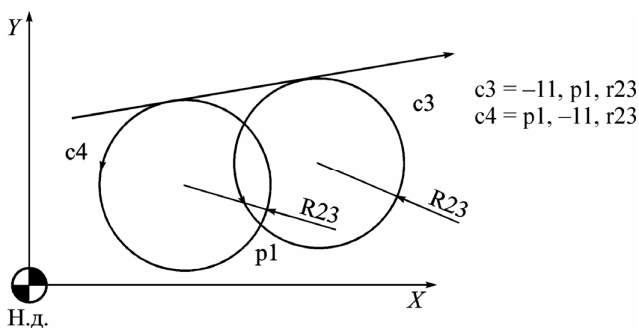


Рис. 6.53. Схема определения окружности, касательной к линии и проходящей через точку

• окружность с данным радиусом и касательная к двум predetermined circles (рис. 6.54);

• окружность с данным радиусом, проходящая через одну predetermined point, and tangent to predetermined circle (рис. 6.55):

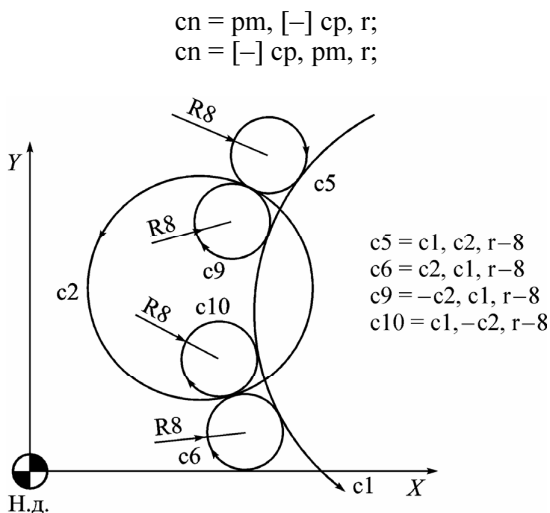


Рис. 6.54. Схема определения окружности, касательной к двум другим окружностям

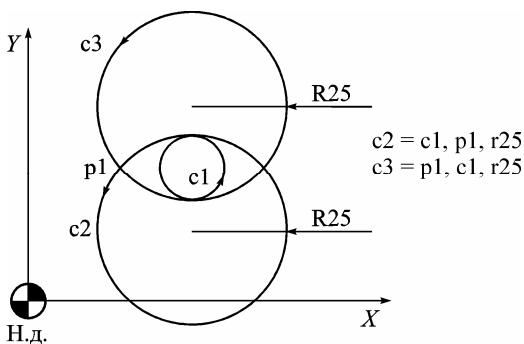


Рис. 6.55. Схема определения окружности, проходящей через точку и касательную к другой окружности

• окружность с данным радиусом, проходящая через две predetermined точки (рис. 6.56):

$$cn = pm, pq, r;$$

• окружность с центром в predetermined точке и касательная к predetermined прямой (рис. 6.57):

$$cn = pm, [-] lp;$$

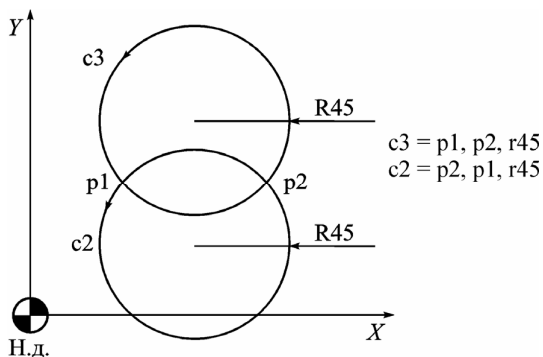


Рис. 6.56. Схема определения окружности, проходящей через две точки и радиус

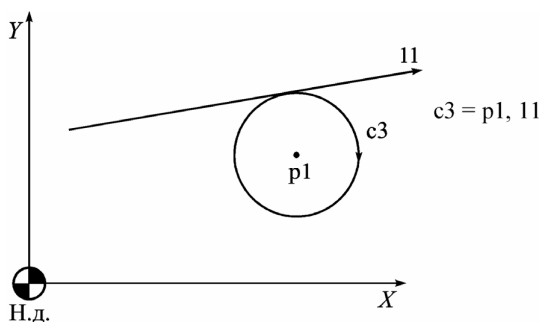


Рис. 6.57. Схема определения окружности точкой центра и линией

- окружность с центром в predetermined point and tangent to predetermined circle (рис. 6.58):

$$c_n = p_m, [-] c_p [s_2],$$

где $[s_2]$ – атрибут для наибольшей из двух возможных окружностей;

- окружность, проходящая через три точки (рис. 6.59):

$$c_n = p_m, p_q, p_r.$$

Определение профиля. Под профилем подразумевается ряд геометрических элементов, записанных в последовательности обхода инструментом и описывающих геометрию обрабатываемой поверхности детали:

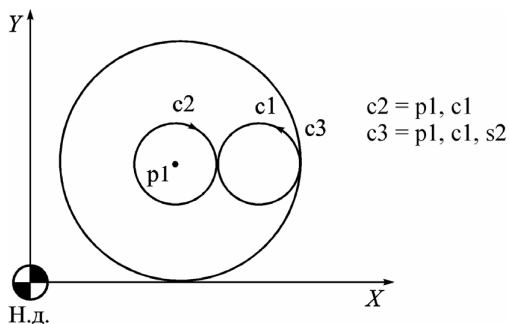


Рис. 6.58. Схема определения окружности точкой центра и другой окружностью

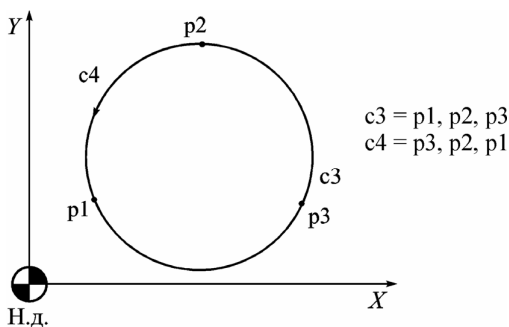


Рис. 6.59. Схема определения окружности тремя точками

• окружность с данным радиусом и с центром в точке (рис. 6.60):

$$cn = pm, r;$$

• окружность концентрическая к предопределенной окружности и отдаленная от нее на данную величину (рис. 6.61):

$$cn = [-] cm, d,$$

где d – расстояние между двумя окружностями; положительное, если, визуальнo наблюдая из $[-] cm$, cn находится слева от нее, отрицательное, если находится справа.

Профиль, запрограммированный в геометрии GTL, определяется через функции G21 и G20:

G21 устанавливает начало профиля;

G20 устанавливает конец профиля.

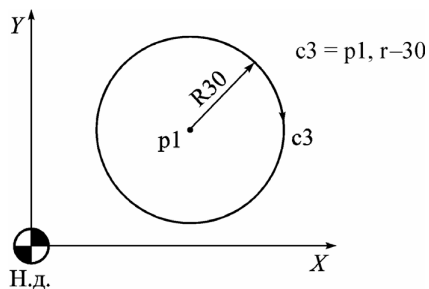


Рис. 6.60. Определение окружности точкой центра и радиусом

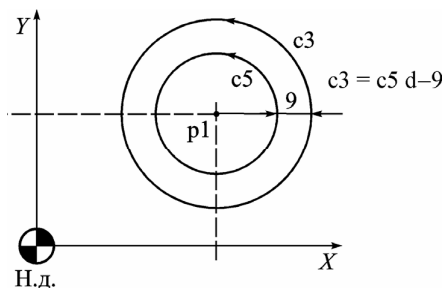


Рис. 6.61. Схема определения окружности, концентричной другой окружности

Профиль может быть открытым и закрытым. Открытый профиль всегда начинается с точки и заканчивается другой точкой.

Компенсация радиуса инструмента действует перпендикулярно к первому элементу на точке начала профиля и перпендикулярно к последнему элементу на точке конца профиля. Компенсация радиуса должна быть открыта на первой точке профиля программированием в кадре функций G21, G41/G42 и закрыта на последней точке функций G20, G40, как представлено на рис. 6.62.

Кадры, описывающие открытый профиль в тексте УП:

```

...
I1 =X Y25, a.
p1 =X-20 Y25.
p2 = X90 Y25.
c1 = I30 J25 r-14.
c2 = I45 J25 r15.

```

G21 G42 p1.
;Первая точка.
l1.
R3.
cl s2.
c2 s2.
l1.
G20 G40 p2.
;Последняя точка.
...

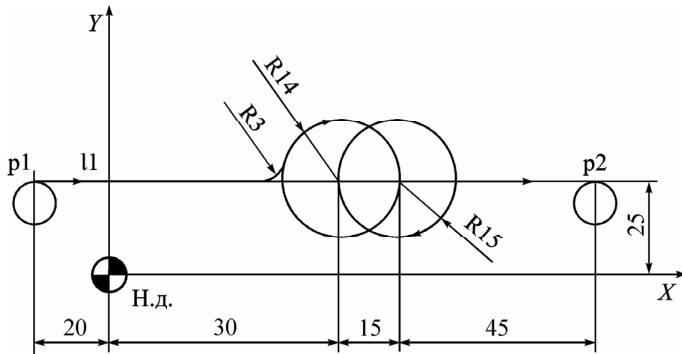


Рис. 6.62. Пример открытого профиля

Закрытый профиль начинается и заканчивается одним и тем же геометрическим элементом.

Если профиль закрытый, сначала следует запрограммировать последний элемент (рис. 6.63), а затем после последнего элемента вызвать первый элемент профиля. Первая точка скорректированного профиля – пересечение первого и последнего элементов (первая точка равна последней точке). Компенсация радиуса должна быть открыта в начале профиля в кадре вызова последнего элемента, программируя функции G21, G41/G42, и закрыта в конце профиля в кадре вызова первого элемента, программируя функции G20, G40.

Когда первый и / или второй элементы являются окружностями, возможны два пересечения. Если не представляется никакой дополнительной информации, система выбирает первое. В случае, если необходимо второе пересечение, следует запрограммировать дискриминатор s2. Дискриминатор s2 программируется в кадре вызова последнего элемента в начале профиля и на последнем элементе в конце профиля (рис. 6.63).

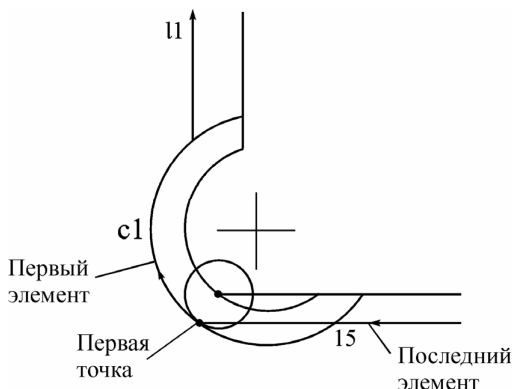


Рис. 6.63. Пример программирования закрытого профиля

Пример УП:

```

c1 = l1 r.
...
l1 = X Y, a90.
...
l5 = X Y, a180.
...
G21 G42 l5 s2.
; Последний элемент.
c1 s2.
; Первый элемент.
l1.
...
l5 s2.
; Последний элемент.
G40 c1.
; Первый элемент ...

```

Компенсация радиуса должна быть открыта в начале профиля в кадре вызова последнего элемента и закрыта в конце профиля в кадре вызова первого элемента. Компенсация радиуса отменяется в первом кадре движения осей в плоскости профиля, следующего за функцией G40.

Движение оси шпинделя. В любой точке профиля представляется возможным двигать оси, не участвующие в контурной обработке, даже на первой точке, например, для входа в деталь. В случае открытых профилей движение на первой

точке программируется после программирования точки. В случае закрытых профилей оно должно быть запрограммировано между определением последнего элемента профиля и первым элементом.

Пример:

– открытый профиль:

...

G21 G42 p1.

Z–10.

11.

...

– закрытый профиль:

...

G21 G42 L5.

Z–10.

11.

...

Пересечение между элементами. В случае пересечения двух прямых возможно только одно решение. В случае пересечения «прямая – окружность» или «окружность – окружность» всегда возможны два решения (рис. 6.64). Система автоматически выбирает первое. Если необходимо получить второе, следует запрограммировать дискриминатор s2 после определения первого элемента.

Примеры пересечения «прямая – окружность» представлены на рис. 6.64. Правила выбора пересечений те же, что и при косвенном описании точки.

Сопряжение геометрических элементов. Геометрические элементы профиля могут быть связаны между собой за счет тангенциального сопряжения, пересечения или присутствия автоматического соединения или фаски.

Если элементы пересекаются, можно определить соединение между ними (прямые линии или окружности), программируя значение радиуса: положительное – в направлении против часовой стрелки, отрицательное – в направлении по часовой стрелке. Пример представлен на рис. 6.65.

Соединение r не может быть запрограммировано в кадре, следующем сразу же за кадром с G21, или же в кадре, предшествующем кадру с G20 (т.е. профиль не может начинаться и заканчиваться с соединения). В случае активизации компенса-

ции радиуса инструмент размещается на пересечении двух геометрических элементов, смещенных радиусом инструмента. Если необходимо ввести радиус между двумя элементами, следует программировать нулевой радиус r_0 в соответствии с рис. 6.66.

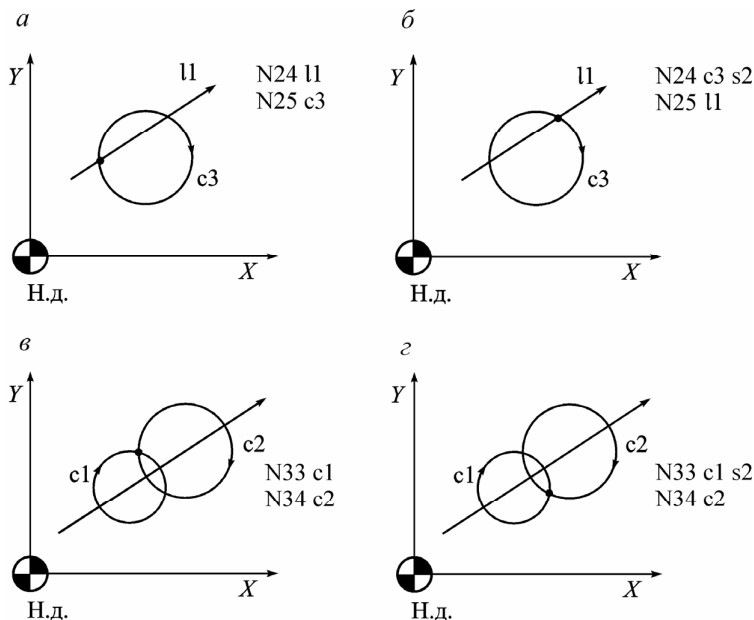


Рис. 6.64. Схема программирования пересечений:
а, в – первое пересечение; б, г – второе пересечение

Скосы между прямолинейными элементами можно определить, программируя значение скоса без знака, рассматриваемое как расстояние от точки пересечения (рис. 6.67).

Скос не может быть запрограммирован в кадре, который непосредственно следует за кадром G21 или предшествует G20 (т.е. профиль не может начинаться или заканчиваться скосом (рис. 6.68).

В геометрическом программировании GTL перемещения всегда осуществляются с рабочей подачей, для программирования быстрого перемещения необходимо программировать скорость рабочей подачи F со значением быстрого хода.

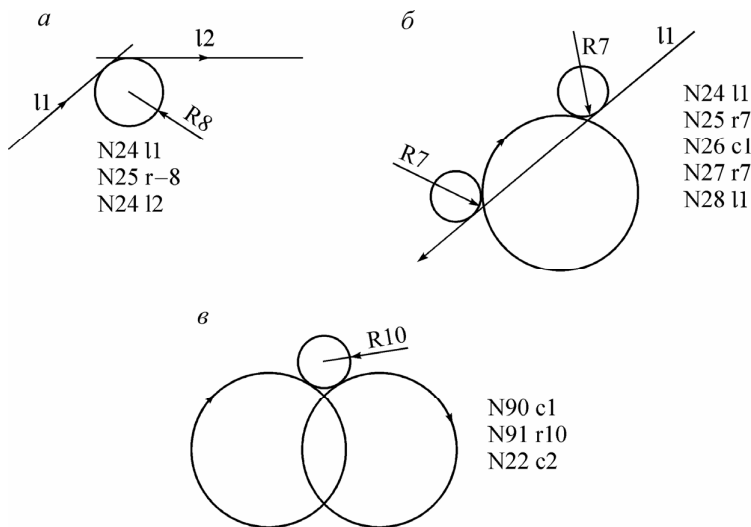


Рис. 6.65. Примеры программирования сопряжений радиусом:
a – сопряжение прямых; *б* – сопряжение прямой окружности; *в* – сопряжение окружностей

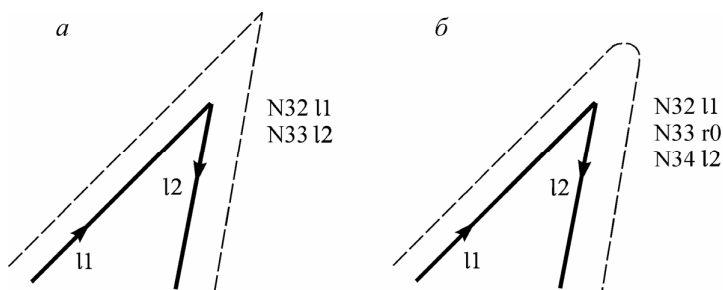


Рис. 6.66. Примеры программирования сопряжения контура:
a – без сопряжения дугой окружности; *б* – сопряжение дугой окружности

Если плоскость интерполяции не является той, которая образована осями X и Y , то следует вначале определить плоскость, а затем определять элементы профиля обрабатываемой заготовки.

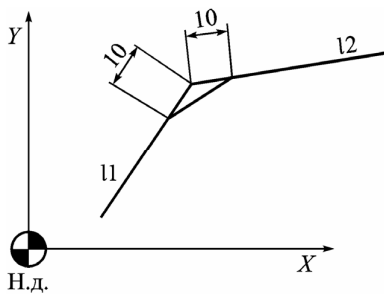


Рис. 6.67. Пример программирования скоса

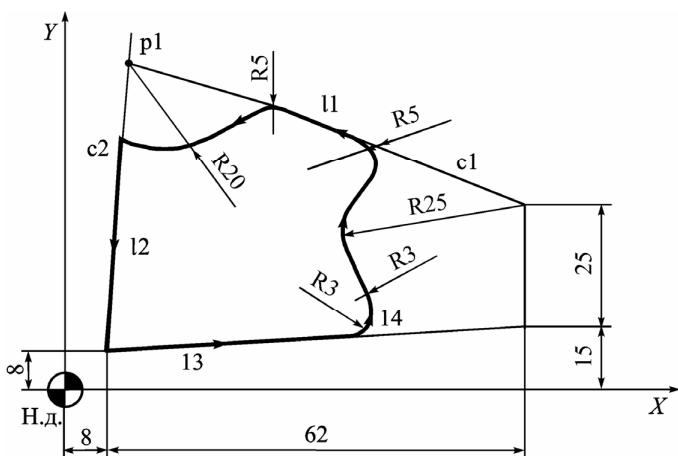


Рис. 6.68. Схема обрабатываемого профиля

Пример:

N1(DIS, «EXAMPLE GTL»)I.

N2 l1 = X70 Y40, a150.

N3 l2 = X8 Y8, a-95.

N4 p1 = l1, l2.

N5 l3 = X8 Y8, X70 Y15.

N6 l4 = X50 Y, a90.

N7 c1 = I70 J40 r-25.

N8 c2 = p1, r-20.

N9 T1.1 S800 F250 M6 M3 M7.

N10 G X Y.

N11 Z–10.
N12 G21 G42 12.
N13 I3.
N14 r3.
N15 I4.
N16 r3.
N17 c1.
N18 r5.
N19 I1.
N20 r5.
N21 c2 s2.
N22 I2.
N23 G20 G40 13.
N24 G Z2.
N25 G X Y M30.

Контрольные вопросы

1. Как описывается геометрический профиль в плоскости?
2. Какие требования предъявляются к программированию информации геометрических элементов обрабатываемого контура заготовки?
3. Какова характеристика функции определения точек?
4. Что позволяет определить функция прямой линии?
5. Как определяются окружности точкой центра и радиусом?
6. Какие вы знаете примеры пересечения «прямая – окружность»?
7. Как происходит соединение между геометрическими элементами и автоматическим радиусом?
8. Как определяются скосы на контуре заготовки между прямолинейными элементами?

6.13. Программирование с использованием переменных

Используя коды E, можно через параметры программировать геометрические и технологические данные цикла обработки. С параметрами допускаются математические и тригонометрические действия, а также вычисление выражений. Максимальное число параметров E не ограничено и определяется во время конфигурации системы.

Параметры E имеют различные индексы для переменных различного формата. Описание параметров E для различных форматов представлено в табл. 6.5. Параметры E получают значения в кадрах назначения.

Описание параметров E для переменных различного формата

Формат	Параметры	Значение min / max
BY (байт)	E0...E9	От 0 до 255
IN (целое)	E10...E19	От -32768 до +32768
LI (целое с двойной точностью)	E20...E24	От -2147483647 до +2147483647
RE (действительное)	E25...E29	7 знаков
LR (действительное с двойной точностью)	E30...E _n	16 знаков

Формат кадра назначения:

$E_n = \langle \text{выражение} \rangle$.

$\langle \text{выражение} \rangle$ – может быть цифровой величиной или математическим выражением, результат которого будет запомнен под параметром индекса n.

«Выражение» – это математическое выражение, составленное из арифметических операторов, функций и операндов (параметры E, числовые константы).

Допустимы следующие арифметические операции:

- + сложение;
- вычитание;
- × умножение;
- / деление.

Возможные функции:

SIN (A) – вычисляет синус A;

COS (A) – вычисляет косинус A;

TAN (A) – вычисляет тангенс A;

ARS (A) – вычисляет арксинус A;

ARC (A) – вычисляет арккосинус A;

ART (A) – вычисляет арктангенс A;

SQR (A) – вычисляет квадратный корень A;

ABS (A) – вычисляет абсолютное значение A;

INT (A) – вычисляет целое число A;

NEG (A) – инвертирует знак A;

MOD (A, B) – вычисляет остаток отношения между A и B;

FEL (A, B) – извлекает элемент с индексом B (1, 2, 3) для геометрического элемента «линия» (прямая), которая определена в GTL с индексом A ($I_n = p_1, p_2$, где $n = A$); для индекса B: 1 – синус угла; 2 – косинус; 3 – расстояние от прямой линии до начальной точки;

FEP (A, B) – извлекает элемент с индексом B (1, 2) для геометрического элемента «точка», которая определена в GTL с индексом A ($pn = X10 Y15$, где $n = A$); для индекса B: 1 = абсцисса точки; 2 = ордината;

FEC (A, B) – извлекает элемент с индексом B (1, 2, 3) для геометрического элемента «окружность», которая определена в GTL с индексом A ($cn = X10 Y15 r24$, где $n = A$); для индекса B: 1 – абсцисса центра; 2 – ордината; 3 – радиус окружности.

Значения для (A) и (A, B) могут быть параметрами E или числовыми константами. Выражение вычисляется с учетом приоритета скобок и знаков. Результат, если совместим, преобразуется в формат параметра E.

Примеры:

E30 = FEL(5,1) – придает E30 значение синуса угла, который образует прямая l5 с абсциссой.

E34 = FEP(4,2) – придает E34 значение ординаты точки p4.

E42 = FEC(8,3) – придает E42 значение радиуса окружности c8.

Значения вычисления параметров:

N1 E37 = (E31 × SIN(E30) + 123,4567)/SQR(16) – выполняет математическое решение выражения и придает результат параметру E37.

«LAB1» E51 = -0,00000124 + 5 – выполняет вычисление выражения и придает результат параметру E51.

E40 = TAN(35) – определяет тангенс 35 градусов и придает результат параметру E40.

/E35 = FEP(37,1) – определяет абсциссу точки p37, ранее занесенной в память, и придает значение параметру E35.

E31 = NEG(E31) – меняет знак параметра E31.

E7 = 81 – придает значение параметру E7.

E25 = E25 + 30 – новым значением параметра E25 будет сумма константы 30 и текущего значения параметра E25.

E8 = SYVAR1 – придает E8 значение переменной SYVAR1.

Операнды тригонометрических функций должны быть выражены в градусах. Результат функций ARS, ARC, ART также выражается в градусах.

Параметры E могут быть использованы как внутри программы, так и внутри подпрограммы и могут быть воспроизведены.

Пример:

(DIS, E54) – воспроизводит на экране величину E54 = ...

Параметры стираются при выключении УПУ и могут быть приведены к нулю, если это предусмотрено в фазе характеристики. Использование параметров E сведено в табл. 6.6.

Таблица 6.6

Примеры использования

Параметры (формат)	Данные (геометрические, технологические)	Пример программирования
E0...E9 (BY)	Функции G Функции M Коды RPT	GE1 ME3 (RPTE9)
E(10) ... E19 (IN)	Номер абсолютной начальной точки Функции T Функции S	(UAO, E10) (UOT, EII, X ..., Y...) TE14, E15 SE15
E25 ... E29 (RE)	Функции F Коды UR-T Коды SCF Индексные оси	FE27 (URTJJ25) (SCF, E26) PE29
E30 ... (*) (LR)	Координаты осей A, B, C, X, Y, Z, U ... Координаты R Составные операции IJK Факторы корректировок u и v w Глобальные переменные системы: TMR UOV	XE32 RE33 KE34 vE35 TMR = E38 UOV = E40

Контрольные вопросы

1. Как через параметры, используя коды E, можно запрограммировать геометрические и технологические данные цикла обработки?
2. В чем сущность формата кадра назначения?

6.14. Кадры с трехбуквенными операторами

Язык GTL имеет свой набор функций (операторов), отличных от языка ISO. Эти операторы представляют собой последовательность трех буквенных символов с параметрами и записываются взятыми в круглые скобки. С несколькими из этих операторов мы познакомились ранее – это DFP и EPF. Можно установить семь классов трехбуквенных операторов:

- операторы, изменяющие систему начала отсчета осей;
- операторы, изменяющие последовательность выполнения программы;
- смешанные операторы;

- операторы ввода / вывода;
- операторы контроля инструмента;
- операторы видеографического управления;
- операторы управления коррекциями.

Остановимся подробнее на операторах 1-го и 2-го классов. С остальными можно ознакомиться в паспортных данных станка.

Трехбуквенные операторы, модифицирующие систему отсчета осей позволяют изменять декартовую систему отсчета, по отношению к которой был запрограммирован профиль. К этому классу принадлежат следующие операторы:

UAO, UOT, MIR, URT, SCF, RQO.

UAO – использование абсолютных начальных точек. Оператор UAO выбирает одну из абсолютных начальных точек, ранее определенных командой ORA.

Формат:

(UAO, n [,VAR-1 ,VAR-2...VAR-n]).

n – определяет номер начальной точки, которую надо выбрать; может быть цифровой постоянной или параметром E типа целый (E10...E19).

VAR-1 – символ, представляющий название оси, для которой определяется начальная точка «n»; для необъявленных осей остается в силе текущая начальная точка. Если «название оси» не присутствует, начальная точка «n» приводится в действие для всех осей, для которых была объявлена эта начальная точка.

Пример:

(UAO, 1) – абсолютная начальная точка 1 активна для всех осей;

(UAO, 2, X, Y) – абсолютная начальная точка 2 активизируется для осей X и Y;

(UAO, 3, B) – абсолютная начальная точка 3 активизируется только для оси B;

(UAO, 0) – активизирование нулевой начальной точки для всех осей.

При включении УПУ и после команды «СБРОС» автоматически активизируется нулевая начальная точка для всех осей. Максимально могут присутствовать шесть «названий осей». Не могут быть определены одинаковые «названия осей». Если требуется привести в действие различные начальные точки для различных осей, необходимо программировать

столько кадров с этими операторами, сколько имеется начальных точек.

Если выбранная начальная точка (-n) загружена в файл альтернативной системы измерения, она автоматически переводится в текущую систему измерения.

Определение и использование временных начальных точек. Оператор UOT выбирает абсолютную начальную точку, объявленную в кадре, меняя ее временно на величину, равную запрограммированной.

Формат:

(UOT, n, VAR-1 [, VAR-2 ... VAR-n]).

n – имеет то же значение, что и для оператора UAO.

VAR-1 – операнд типа «ось – размер»; значение, приданное ему, рассматривается как корректировка, к которой надо прибавить значение, содержащееся в абсолютной начальной точке для той оси. Для необъявленных осей остается в силе текущая начальная точка.

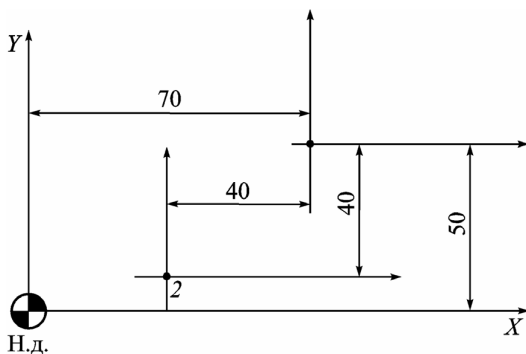


Рис. 6.69. Примеры начальных точек

Пример (рис. 6.69):

(UAO, 0) – активизируется абсолютная начальная точка 0;

(UOT, 0, X100, Y100) – применяется временная начальная точка к начальной точке 0 с корректировками X100 и Y100;

(UOT, 1, X-250, Y-50) – применяется временная начальная точка к абсолютной начальной точке 1 с корректировками X-250 и Y-50;

(UAO, 0) – активизируется абсолютная начальная точка 0 для всех осей.

По крайней мере, должен присутствовать один операнд оси. Максимально могут присутствовать шесть осей. Не могут

быть определены операнды осей с одним и тем же названием. Временная начальная точка остается активной до того, как определяется новая временная начальная точка, или до вызова абсолютной начальной точки, или до команды «СБРОС». Размер в операторе UOT необходимо программировать в текущей размерности (G70/G71).

Зеркальная обработка. Оператор MIR инвертирует запрограммированные направления перемещений, объявленных в операторе. Для необъявленных осей предыдущая функция MIR остается в силе. Если не запрограммирован никакой операнд, функция MIR выводится из действия для всех конфигурируемых осей.

Формат:

(MIR [, VAR-1, ... , VAR-n]).

VAR-n – должен быть буквой, соответствующей одному из возможных названий конфигурируемых осей системы.

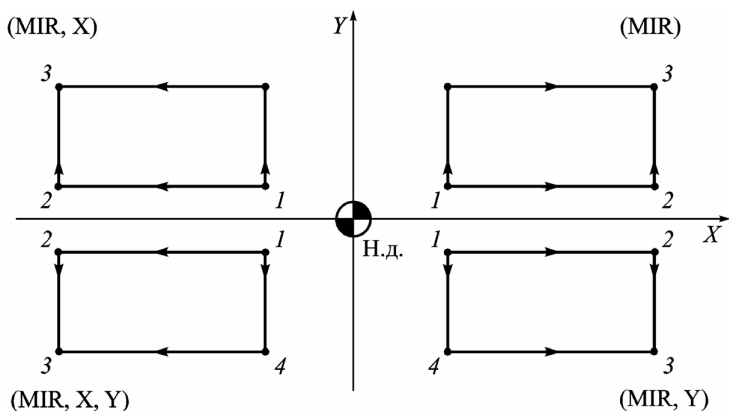


Рис. 6.70. Пример использования оператора MIR при программировании

Пример (рис. 6.70):

...
N24 (MIR, X).

...
N42 (MIR, X, Y).

...
N84 (MIR, X).

...
N99 (MIR).

Зеркальная обработка активизируется для запрограммированной оси, начиная с первого движения данной оси после команды MIR.

Зеркальное отображение осуществляется относительно текущей начальной точки. Максимально может быть запрограммировано шесть осей. Нельзя программировать 2 раза одну и ту же ось.

Поворот плоскости. Оператор URT вращает плоскость интерполяции на угол, значение которого дано операндом. Центром вращения является текущая начальная точка.

Формат:

(URT, ЗНАЧЕНИЕ).

ЗНАЧЕНИЕ – представляет величину угла, выраженную в градусах и десятых градуса; может быть выражен явно или неявно (параметр E типа E25...E29). Если операндом является «0», функция отменяется.

Операнд должен присутствовать обязательно. После кадра с URT вращение применяется к запрограммированным координатам.

Координаты, относящиеся к нулю станка (G79), не вращаются. Если присутствуют команды вращения (URT) и зеркальной обработки (MIR), они устанавливаются в следующем порядке: MIR и URT.

Пример поворота плоскости представлен на рис. 6.71.

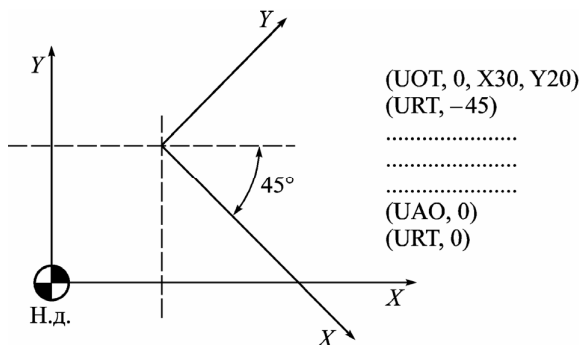


Рис. 6.71. Пример использования URT при программировании

Масштабирование. Масштабирование используется для объявленных в операторе SCF осей.

Формат:

(SCF[, n [,VAR-1 , ... ,VAR-m]]).

n – определяет коэффициент масштабирования, который должен быть применен; может быть запрограммирован как явно, так и неявно с помощью параметра E типа RE (E25...E29).

VAR-1 – символ, представляющий одну из осей, для которой приведен в действие коэффициент масштабирования; для необъявленных осей масштабирование отменяется. Если к SCF не присоединен какой-либо операнд, масштабирование отменяется для всех осей.

Пример:

...

(SCF, 3)

; Применяет коэффициент 3 ко всем конфигурируемым осям.

...

(SCF, 2, X)

; Применяет коэффициент 2 для оси X и отменяет коэффициент 3 для других осей.

...

(SCF)

; Отменяется коэффициент масштабирования для всех осей.

Может быть запрограммировано максимально шесть названий осей.

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете классы трехбуквенных операторов?
2. Как оператор UOT выбирает абсолютную начальную точку?
3. В чем сущность зеркальной обработки?

■ ГЛАВА 7 ■

Наладка и подналадка станков с программным управлением

7.1. Наладка и подналадка токарных станков с ПУ

Наладка – подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

Подналадка – дополнительная регулировка технологического оборудования и (или) технологической оснастки при выполнении технологической операции для восстановления достигнутых при наладке значений параметров.

Наладка станка с программным управлением включает:

- подготовку технологической оснастки;
- размещение рабочих органов станка в исходном для работы положении;
- наладку электронных и электрических аппаратов систем управления станками с программным управлением;
- установку режимов работы станков с программным управлением;
- проверку функционирования станка с ПУ после наладки;
- пробную обработку детали;
- внесение коррективов в положение инструментов в режим обработки.

7.2. Подготовка технологической оснастки

Подготовка технологической оснастки заключается:

- в базировании и закреплении заготовок, наладке приспособлений;
- в наладке и установке режущего инструмента.

Базирование и закрепление заготовок. Наладка приспособлений. Схемы установки заготовок на столе станка следующие:

- непосредственно на столе станка;
- в приспособлении, установленном на координатной плите, которая устанавливается на стол станка;
- в приспособлении, установленном на координатной плите, которая устанавливается на стол станка;
- на координатной плите.

Наладка приспособлений заключается в правильном размещении их относительно рабочих поверхностей станка. Угловое расположение всегда должно быть верно выдержано.

Варианты линейного расположения приспособления:

- приспособление может занять единственно возможное положение, например крепление к шпинделю токарного станка самоцентрирующего зажимного патрона и поводковых

устройств; установка глухого центра в шпиндель и вращающегося центра в пиноль задней бабки. Выверка приспособлений не требуется;

– производственное расположение приспособлений вдоль осей координат, например на сверлильном, фрезерном, расточном, многоцелевом станках, когда обработка выполняется с одной стороны. Приспособление можно установить в любом месте стола, выверив его положение относительно линейных координат;

– приспособление должно занять относительно органов станка единственно допустимое УП положение из большого числа возможных. К этому варианту можно отнести настройку станка с поворотным столом для обработки детали с нескольких сторон. Приспособление при установке на стол станка необходимо выверить:

а) в угловом управлении относительно линейных координат;

б) в линейном направлении относительно оси поворота.

При необходимости точной установки приспособления относительно базовой точки стола станка применяют способ выверки приспособлений по оси шпинделя:

а) с помощью мерной оправки и набора мерных плиток;

б) специального центроискателя (оптический, индикаторный).

Необходимо выверить положение базовых элементов (рис. 7.1) приспособления.

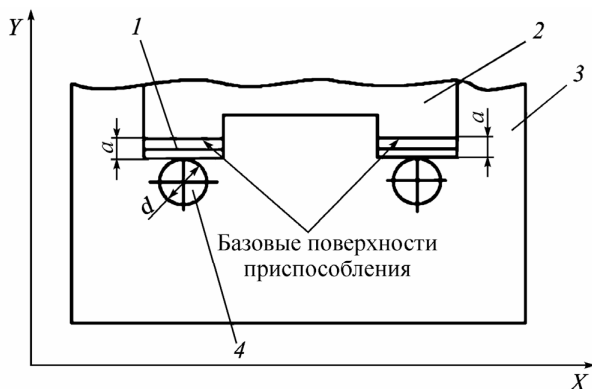


Рис. 7.1. Схема выверки приспособления на столе станка по оси шпинделя с помощью мерной оправки:

1 – плоскоконцевые мерные плитки; 2 – приспособление; 3 – стол; 4 – оправка

Для этого мерную оправку 4 диаметром d закрепляют в шпиндель. В режиме ручного управления перемещают стол 3 в продольном и поперечном направлениях. Правильность настройки определяется с помощью набора плоскоконцевых мерных плиток 1, набора щупов, калибров, шаблонов, штанген-инструментов.

По результатам замеров приближают или отодвигают приспособление по оси X или Y .

Необходимо выверить положение базовых элементов приспособления (рис. 7.2) относительно базовой точки (ось поворота стола станка).

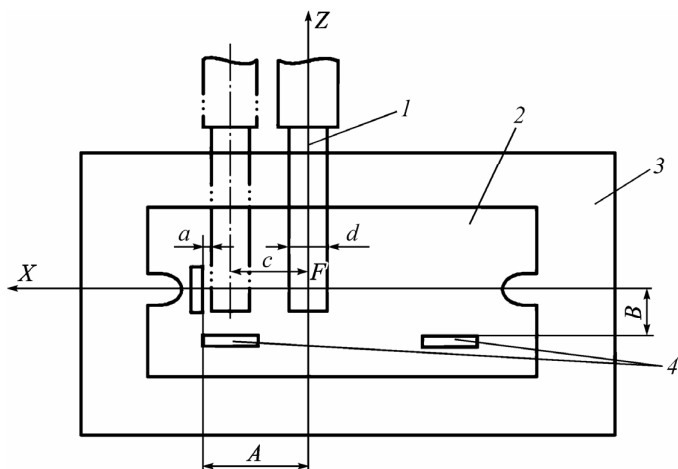


Рис. 7.2. Схема выверки приспособления на поворотном столе станка по оси шпинделя с помощью мерной оправки:

1 — оправка; 2 — приспособление; 3 — стол; 4 — базовые элементы приспособления

Для выверки положения используют мерную оправку диаметром d . Оправку закрепляют в шпиндель станка. Ось шпинделя совмещают с вертикальной плоскостью, проходящей через точку F . Это положение определяется по приборам индикации положения в направлении оси X . Затем в режиме ручного управления ввода перемещают стол вправо на расстояние c до соприкосновения поверхности оправки с блоком плиток (размер a).

$$c = F - a - d/2.$$

Правильность размера A определяется с помощью набора мерных плиток. По результатам замеров приближают или отодвигают приспособление по оси X относительно оси поворота (точка F). После поворота стола на 90° выверяют размер B .

Наладка и установка режущего инструмента. Инструмент, необходимый для выполнения операции на станке с ПУ, комплектуют в точном соответствии с картой наладки.

Карта наладки (ГОСТ 3.1404–86 форма 4.4а) содержит:

- номер перехода;
- номер позиции инструмента (номер гнезда в магазине инструментов или револьверной головке);
- обозначение вспомогательного и режущего инструмента;
- наладочные размеры;
- корректируемые размеры;
- номер корректора.

Определение вершины (расчетной точки инструмента) выполняется на специальных приборах.

Набор из вспомогательного и режущего инструмента устанавливают и закрепляют на приборе в подставке, имитирующей присоединительные (под инструмент) поверхности шпинделя или суппорта станка. Прибор имеет подвижную каретку, которая может перемещаться в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, и измерительное устройство (микроскоп, проектор, индикатор, шаблон и др.).

С помощью измерительного устройства фиксируются фактические значения координат инструмента (например, W_x , W_z) или момент совмещения заданного и фактического положения вершины режущего инструмента. Данные о наладочном размере (длине) и диаметре (радиусе) инструмента (при необходимости) вводятся в соответствующие корректоры на пульте управления.

Прибор модели БВ-2013 с устройством отсчета по мерным плиткам показан на рис. 7.3. Инструмент с конусным хвостовиком устанавливают в шпинделе 3 и затягивают маховичком 1, при этом фиксатор 2 исключает поворот шпинделя. На стойке прибора размещены вертикальная 10 и горизонтальная 9 каретки. Вертикальную каретку перемещают (вращая маховичок 12) ходовым винтом 11 и фиксируют рукояткой 4. На прямоугольных направляющих этой каретки смонтирована горизонтальная каретка 9, предназначенная для установки измерительного инструмента. На каретке 9 разме-

щены насадка 5 и два индикатора с ценой деления 0,01 мм (для определения длины вылета инструмента) и 0,002 мм (для определения наибольшего радиуса или радиального биения инструмента).

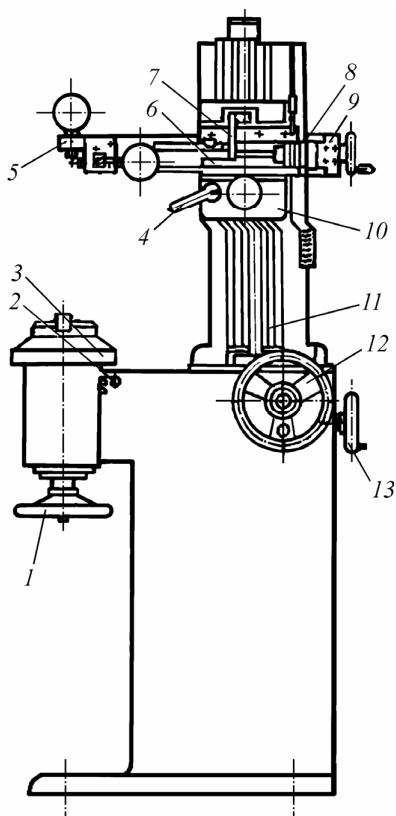


Рис. 7.3. Прибор модели БВ-2013 с устройством отсчета по мерным плитам

На призме 6 расположена концевая мера. Поворачивая лимб микрометрической головки 8 (винт которой через концевую меру прижат к неподвижному упору 7), устанавливают необходимый размер по координатным осям X и Y . Для предварительной установки каретки служит маховичок на торце ходового винта. Гайка ходового винта имеет гарантированный осевой зазор, который выбирается пружиной, обеспечивающей упругий контакт упора 7 с винтом головки 8.

При горизонтальном перемещении каретки 9 одновременно вращают маховичком 1 шпindelь 3; в результате штифт индикатора вначале коснется инструмента в точке наибольшего радиуса, определяя тем самым размер.

Длину вылета инструмента измеряют по вертикальной шкале, медленно перемещая каретку 10 маховичком 13. Размер определяют в момент, когда режущее лезвие инструмента коснется (в горизонтальной плоскости) штифта индикатора.

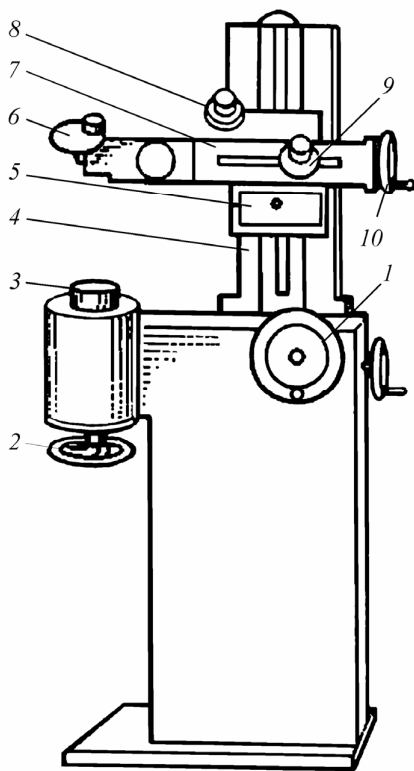


Рис. 7.4. Прибор мод. БВ-2015 с оптическим отсчетным устройством

На рис. 7.4 показан прибор модели БВ-2015 с оптическим отсчетным устройством. Стойка 4 прибора имеет вертикальные направляющие, по которым перемещается каретка 5. Визирный микроскоп 6 смонтирован на конце траверсы 7, перемещающейся в поперечном направлении по горизонтальным

направляющим каретки 5. Шпиндель 3 смонтирован в подшипниках и поворачивается от руки. В верхней части шпинделя имеется коническое отверстие для установки переходной оправки, несущей режущий инструмент, закрепляемый рукояткой 2. Координатные расстояния вершины режущей кромки устанавливают по отсчетным микроскопам 8 и 9. Микроскоп 6 служит для наблюдения за инструментом. Каретку 5 перемещают маховичком 1, а поперечину (траверсу) 7 – маховичком 10.

Прибор нужно оберегать от ударов и сотрясений. Направляющие перед началом работы необходимо смазать тонким слоем индустриального масла И-20А. Наружные поверхности оптических деталей следует сначала очистить от пыли кистью (из меха) и при необходимости протереть чистым обезжиренным ватным тампоном, смоченным в гидролизном этиловом спирте или эфире.

Порядок настройки на оптическом приборе расточной оправки будет выглядеть следующим образом.

1. С помощью ключа и винта грубой регулировки устанавливают резец на требуемый радиус и измеряют штангенциркулем длину вылета резца.

2. Протирают конический хвостовик оправки, устанавливают (без удара) ее в гнездо шпиндельной втулки приспособления и закрепляют с помощью зажимного механизма.

3. Устанавливают оптическую часть приспособления на заданные для данного инструмента координаты вылета вершины резца от оси и от торца шпинделя. Координаты с помощью микроскопов отсчитывают по соответствующим шкалам.

4. Поворачивая шпиндельную втулку приспособления, наблюдают на экране проектора положение режущих кромок резца. В момент, когда резец займет наиболее удаленное положение, вращение втулки прекращают.

5. Замечают на экране проектора отклонение вершины резца от перекрестия. Если инструментальная оправка имеет устройство для изменения вылета, то, пользуясь им, устанавливают вершину резца на вертикальную линию перекрестия. Если такое устройство отсутствует, то смещают оптическую часть приспособления, предназначенную для настройки инструмента вдоль оси оправки, до положения, когда вершина резца выйдет на вертикальную линию перекрестия торца шпинделя.

6. С помощью лимба резцовой вставки смещают резец до совпадения его вершины с горизонтальной линией перекрестия. Если вершина отклонилась от этой линии, то добиваются совпадения с помощью регулировочных устройств, а при их отсутствии – смещают оптическую часть приспособления в осевом направлении.

7. Отсчитывают по микроскопу фактический вылет инструмента, записывают его значение на специальной бирке, которую прикрепляют к инструментальной оправке.

8. Освобождают оправку, снимают ее с приспособления и устанавливают на специальную тележку для доставки к станку.

С помощью оптического прибора можно также проверить правильность и точность изготовления режущей части инструмента.

На станках с ручной сменой инструмента первый инструмент устанавливают до начала операции, а последующие – во время пауз, предусмотренных в УП.

В момент паузы на световом табло пульта оператора в рубрике «Инструмент» индицируется светящееся число, соответствующее номеру инструмента, которым следует заменить инструмент, установленный на станке. Оператор нажимает кнопку на пульте управления станком, и, сняв прежний инструмент (после его автоматического освобождения), устанавливает новый, после чего возобновляет работу в автоматическом режиме нажатием кнопки «Работа».

На многоцелевых станках с автоматической сменой инструментов все участвующие в операции инструменты до начала обработки устанавливают в гнезда магазина. Причем в станках с кодированными гнездами инструмент устанавливают в точном соответствии с кодами (номерами) гнезд, указанными в операционной карте. Ошибка в установке инструмента может вызвать аварию станка и поломку инструмента.

В станках с кодированными инструментальными оправками инструмент в гнездах располагают произвольно. В некоторых станках кодируют инструмент (выполнение такого кодирования будет рассмотрено ниже). Дополнительную подстройку некоторых инструментов выполняют в случае необходимости непосредственно на станке по результатам измерений обработанных поверхностей. Имеются автоматизированные микропроцессорные устройства для наладки и контроля режущего инструмента к станкам с ПУ.

Расстановку инструментов в гнезда магазина, револьверной головки выполняют в соответствии с картой наладки. При этом необходимо тщательно сверить номер инструмента (оправки) с номером гнезда магазина, а на станках, где кодируется номер инструмента, установить соответствующую кодовую комбинацию на хвостовике оправки. При установке в магазин особое внимание необходимо обращать на инструмент, работающий с первоначально ориентированным шпинделем, так как он должен быть установлен в ячейку определенным образом. Кроме того, необходимо проверить: заточку инструмента; крепление сверлильных патронов на конусе оправки и сверл в патроне; крепление концевых фрез в переходной втулке; крепление насадных зенкеров и разверток на плавающих оправках; биение сверл и метчиков при установке в патроны с целью его уменьшения.

Если прибор для настройки инструмента вне станка отсутствует, длину инструмента определяют на станках. В зависимости от значения координаты Z измеряют длину инструмента от торца шпинделя до вершины режущей кромки или определяют отклонение действительной длины инструмента от запрограммированной.

При обработке с применением СОТС необходимо проверить состояние защитных элементов станка, отверстий щелей между элементами защиты, работу насоса и наличие СОТС в системе.

Комплексной проверкой качества наладки на станке с ПУ является изготовление по УП годной детали, качество которой оценивает измерительная лаборатория.

При нормальной эксплуатации станка с ПУ в случае повторной обработки заготовки необходимо не реже раза в неделю пропустить текст-программу. В случае брака детали при работе по УП также вводят текст-программу, позволяющую установить ошибки при составлении программы, неисправность ПУ, неудовлетворительную работу приводов подачи, нарушение последовательности технологических команд и другие дефекты в функционировании станка.

По оценке результатов прогонки тест-программы определяют с участием наладчика или технолога неисправность в цепи, блоке или группе блоков. Дальнейшие действия характерны для конкретной конструкции УПУ и указаны в технической документации.

Контрольные вопросы

1. Как взаимодействуют рабочий–наладчик и рабочий–оператор при наладке станка с ПУ?
2. В чем заключается работа оператора при проверке функционирования станка с ПУ?
3. В чем особенности наладки токарного станка с ПУ?
4. В чем особенности установки зажимного приспособления на многоцелевом станке с ПУ?

7.3. Размещение рабочих органов станка в исходном для работы положении

Установка рабочих органов станка в нуль программы осуществляется несколькими методами:

- предварительная наладка;
- нуль детали (программы) – какой-либо элемент приспособления или детали;
- наладка станков, имеющих «плавающий нуль»;
- отыскание нуля программы путем проб;
- отыскание нуля программы по цифровой индикации.

Предварительная наладка. Предварительная наладка всех элементов станка, приспособления, инструмента требует решения достаточно сложных размерных целей, сравнительно длительной наладки станка, не гарантирует от ошибок (ошибки расчетов, ошибки наладки и т.п.).

Нуль детали (программы) – какой-либо элемент приспособления или детали. Пробный элемент приспособления может быть выполнен в виде точной втулки. Втулка запрессовывается в корпус приспособления. При настройке во втулку вводят оправку, установленную в шпиндель станка. Это позволяет выверить исходное положение рабочих органов по осям X и Y . Затем оправку заменяют концевой фрезой. Исходное положение по оси Z выверяют по торцу фрезы с помощью концевой меры, которую располагают между торцами фрезы и втулки. Концевая мера имеет заданную высоту.

Оправка для выверки может быть выполнена с конусом, а соответствующая базовая втулка – с центровым отверстием. Положение базовых втулок может быть точно выверено относительно начала координат станка.

Если за нуль программы принимается какой-либо элемент обрабатываемой детали, то инструмент выверяют относительно этого элемента. Если за нуль программы принят центр заранее выполненного в детали отверстия, для установки инструмента в нуль программы используют различные центроискатели.

Наладка станков с ПУ, имеющих «плавающий нуль». Деталь или приспособление устанавливают на столе станка (рис. 7.5) без строгой фиксации положения относительно базовой точки стола. Необходимо лишь обеспечить параллельность базовых плоскостей соответствующим осям.

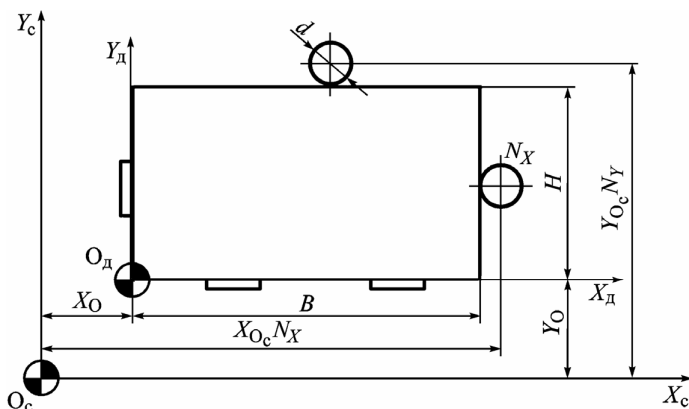


Рис. 7.5. Схема установки приспособления на столе станка без строгой фиксации положения относительно базовой точки

Калиброванная (мерная) оправка закрепляется в шпинделе. При ручном управлении перемещениями стола боковой поверхностью оправки поочередно касаются боковых плоскостей детали. На табло индикации фиксируют цифровые значения $X_{Oc}N_x$ и $Y_{Oc}N_y$. Тогда:

$$X_0 = X_{Oc}N_x - B - b/2; Y_0 = Y_{Oc}N_y - H - d/2.$$

Значения X_0 и Y_0 , полученные расчетом, необходимо набрать на соответствующих корректорах смещения нуля УПУ.

Начало системы координат станка (точка O_c) совместились с нулевой точкой детали O_d . Все отсчеты координат будут выполняться относительно точки O_d . Для совмещения оси инст-

румента с нулевой точкой достаточно (ручным управлением) добиться положения рабочих органов, при котором на табло индикации будут нули.

Инструмент, закрепленный в шпинделе (вылет инструмента может быть известен) касается зеркала стола или базовой (по оси Z) поверхности приспособления. Затем на корректоре смещения нуля по оси Z набирают цифры, которые были зафиксированы на табло цифровой индикации (цифры набирают со знаком минус). Это и определяет новый нуль по оси Z .

Отыскание нуля программы путем проб. Оператор (наладчик) с малым опытом работы чаще всего отыскивает положение нуля программы путем нескольких проб.

По карте накладки выясняется, на каком расстоянии от обрабатываемой поверхности заготовки располагается точка, характеризующая исходное положение рабочих органов. В эту точку с большой степенью приближенности смещают рабочие органы, отмеряя расстояние между инструментом и заготовкой универсальным измерительным инструментом (линейкой, штангенциркулем). Во избежание брака оператор несколько отдаляет инструмент от заготовки за счет положения нуля программы. Проводит по программе пробную обработку некоторых поверхностей, проверяет размеры обработанных поверхностей. По результатам пробной обработки и полученных размеров уточняется нуль программы путем изменения фактического расположения рабочих органов. После повторной обработки оператор вносит поправку в положение нуля программы. Убедившись в правильности расположения нуля программы, надо сбросить показания цифровой индикации и, нажимая на кнопки, направить рабочие органы в нуль станка. Показания цифровой индикации означают расстояние между нулем станка и нулем программы.

С помощью этого метода требуемое положение нуля программы достигается в результате нескольких проб.

Отыскание нуля программы по цифровой индикации. Опытные операторы (наладчики) в ручном режиме обрабатывают в размер крайние в сторону инструмента поверхности детали. В этом положении сбрасывают на нуль показания цифровой индикации. Отводят рабочие органы станка в нуль станка. Показания цифровой индикации по каждой координате рассматривают как сумму величин, состоящую из смещения нуля и перемещения по программе из нуля программы (нуля детали) до обрабатываемой поверхности.

Вторую часть суммы берут из текста программы или карты наладки. Таким образом, обеспечивается быстрое и точное определение расстояния между нулем станка и нулем станка и нулем программы.

7.4. Наладка электронных и электрических аппаратов систем управления станками с программным управлением

В процессе наладки электронных и электрических аппаратов систем управления станками с ПУ наладчик проводит осциллографирование напряжения и форм сигналов, а также переходных процессов. Он выполняет наладку УПУ последовательно по каждому устройству, блоку, узлу (например, устройства считывания, ввода, арифметическое устройство, блоки индикации, интерполяции, памяти, задания скорости и др.). Не изменяя схемы узла, блока, устройства, получают оптимальные значения входных сигналов, обеспечивающих точность и работоспособность устройства в целом. Наладку выполняют с помощью настроечных элементов, предусмотренных в конструкции, схеме блока, узле, устройстве (например, с помощью переменного резистора), или путем подбора какого-либо из элементов схемы, влияющего на выходной параметр.

В УПУ выполнение наладочных работ связано с разнообразными, проводимыми в контрольных точках, измерениями, по результатам которых оценивают выходные параметры узла, блока и устройства в целом. Наладка УПУ считается законченной после проверки функционирования станка с ПУ в различных режимах и в соответствии с заданной программой.

7.5. Установка режимов работы станков с ПУ

Станки с программным управлением типа ЦНЦ могут работать в следующих режимах:

- ввода информации;
- автоматический;
- полуавтоматический;
- вмешательства оператора;
- ручного ввода (преднабор);
- ручной;
- редактирования;

- вывода информации;
- вычислений;
- дисплейный;
- диагностирования.

Режим ввода информации включает: ввод управляющей программы или исходных данных с внешнего носителя вручную либо по каналу связи; анализ информации; вывод ошибок на устройства индикации; размещение управляющей программы в памяти системы.

В *автоматическом режиме* УП обрабатывается станком безостановочно до одной из вспомогательных команд M00, M01, M02. Автоматический режим включает: автоматическое регулирование подачи; ускоренную обработку УП; накопление эксплуатационной информации (счет числа деталей, регистрация времени обработки и т.д.).

В *полуавтоматическом режиме* после обработки каждого кадра УП рабочие органы останавливаются. Движение подачи возобновляется только после нажатия кнопки «Пуск».

Режим вмешательства оператора в процесс автоматического управления включает: выполнение операции технологического останова; пропуск кадров УП и их отработку без выдачи управляющих команд; коррекцию технологических режимов, кодов инструментов и кодов спутников.

Режим ручного ввода (преднабор) заключается в наборе на пульте управления информации (кадры УП, ввод коррекции различных видов и пр.) и последующей ее отработки при нажатии кнопки «Пуск». Происходит запоминание и хранение введенной информации, формирование УП из отдельных кадров, визуализация кадров, диагностирование механизмов станка, инструмента, системы ПУ и др.

Ручной режим включает: настройку станка и ручное управление перемещениями; отладку УП; отработку перемещений инструмента при задании скорости перемещения вручную; набор и отработку кадра УП, его запоминание и хранение; формирование УП из отдельных кадров, визуализацию кадров, ввод коррекции различных видов, диагностирование механизмов станка, инструмента, системы ПУ и др.

В ручном режиме можно включать все механизмы станка и осуществлять перемещение рабочих органов. Для работы в

ручном режиме предусмотрены чаще всего следующие органы управления:

- кнопки включения и остановки шпинделя;
- кнопка зажима – отжима инструмента;
- кнопка смены инструмента;
- переключатели выбора инструментов;
- переключатели частот вращения шпинделя;
- переключатели направления перемещения рабочих органов вдоль координатных осей (переключатели имеют 3 позиции: «+», «-», «0».);
- кнопка возврата рабочих органов в нуль станка и пр.

Режим редактирования включает: поиск нужного кадра УП и вывод его на устройство индикации; коррекцию кадров, их замену, вставку и удаление.

Режим вывода информации УП во внешнюю память, а также на ЭВМ высшего ранга или в локальную вычислительную сеть содержит перфоратор, печатающее устройство и компакт-кассету.

Режим вычислений заключается в вычислении требуемых величин по формулам (например, параметров режима резания и геометрических преобразований), формировании УП на основе входной информации и др.

Дисплейный режим – когда выполняются выделение и визуализация информации, ведение диалога и др.

При отладке программы работы станка оператор пользуется соответствующими режимами, вводя корректировки, необходимые для обработки.

Особенности наладки станков с ПУ определяет система управления, так как механическая, гидравлическая, пневматическая и электрическая системы те же, что у аналогичных станков с традиционными системами управления.

Специфика наладки станков с ПУ заключается в том, что в процессе эксплуатации приходится периодически (при переходе новой заготовки) выполнять настройку необходимых характеристик, пневматических, механических узлов, электрических аппаратов, электронные устройств, блоков ПУ, систем автоматической регулировки, регулируемых приводов подач.

На рабочем пульте оператора или панели станка расположены программируемые функциональные клавиши. Применяемые современные языки программирования обеспечивают оператору диалоговый режим. Оператор использует при обра-

ботке возможность программирования на рабочем месте и визуализацию на экране системы ПУ траектории перемещений рабочих органов в заданных и текущих координатах в форме, удобной для оператора и технолога. В соответствии с технологической картой оператор устанавливает технологические параметры обработки (скорость резания, подачи и др.).

Наладку станка выполняет наладчик – рабочий более высокой квалификации, чем учащийся, для которого предназначен данный учебник. Наладку простейших элементов выполняет рабочий-оператор. Он пользуется картой, в которой приведены исходные данные для настройки инструментов (их длины и вылета) и приспособления. Если при обработке требуется обеспечить 8-й (и более) качество точности, наладку на обработку первой заготовки осуществляют методом пробных проходов.

Контрольные вопросы

1. В каких режимах могут работать станки с программным управлением типа ЦНЦ?
2. Каков порядок режимов редактирования, вывода информации, вычислений настройки?

7.6. Проверка функционирования станка после наладки

Рабочий-оператор осуществляет проверку функционирования станка с ПУ после наладки в три этапа.

1. Проверка программы без инструмента, оснастки и заготовки. С помощью ручного управления узлы станка устанавливают в исходное положение, а затем включают автоматическое управление по программе. Контролируют перемещение всех узлов и их возвращение в исходное положение. Контроль осуществляют по лимбам с помощью упоров, индикаторов и т.д.

2. Обработка макетной заготовки, выполненной в отдельных случаях из листового металла, пластмассы и др. Обычно такую операцию выполняют, если заготовки сложны и количество их ограничено.

3. Обработка контрольной (эталонной) детали. Комплексной проверкой точности обработки на станке с ПУ является проверка эталонной детали (эталона), обработанной по УП. На рис. 7.6, а приведен чертеж эталона для комплексных испытаний качества накладки многоцелевого станка с ПУ.

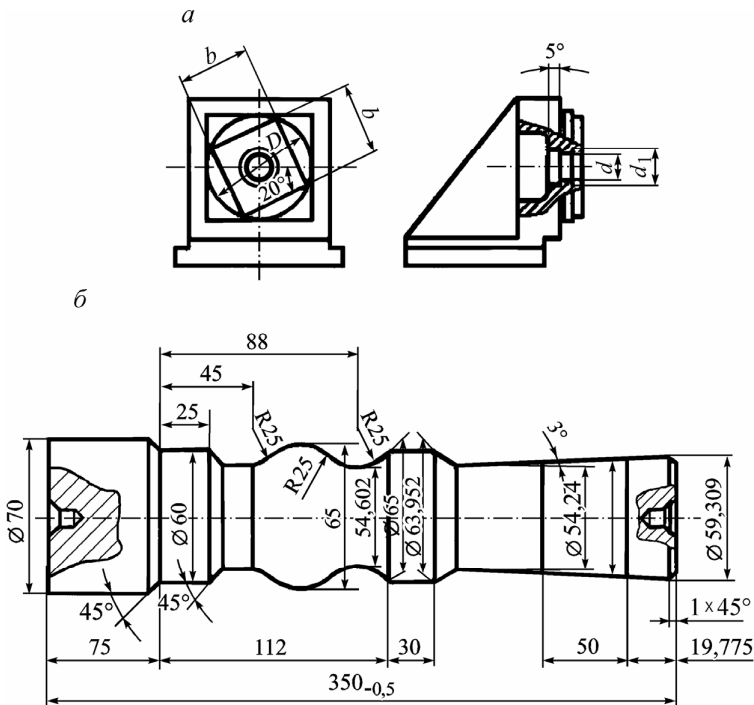


Рис. 7.6. Чертеж эталона для комплексных испытаний многоцелевого станка с ПУ (а) и токарного станка с ПУ (б)

Для станков с горизонтальным шпинделем эталон может быть выполнен в виде угольника. Для горизонтальных станков при отношении максимальных перемещений по осям X и Z более $1 : 6$ и для вертикальных станков при том же отношении максимальных перемещений по осям X и Y рекомендуется использовать два эталона. Эталон окончательно обрабатывают по базовым поверхностям с точностью, в 2 раза превышающей допуск на проверяемые размеры.

Кроме комплексной проверки, необходима проверка точности межосевых расстояний обработанных отверстий. Для этого по программе в эталоне сверлят и растачивают пять отверстий по качеству H7. Глубина отверстий должна превышать диаметр или быть равной ему. Для проверки возможно применение растачивания отверстий. Проверку проводят с использованием микроскопа или приспособления, предназначенного для измерения межосевых расстояний.

Для горизонтальных станков проверяют отклонение от соосности отверстий, обработанных с поворотом стола. Измерение выполняют дважды, принимая за базовое каждое из расточенных отверстий. Отклонение от соосности проверяемых осей равно наибольшему из полученных отклонений.

На рис. 7.6, б показан эталон для токарного станка с ПУ. Деталь обрабатывают, соблюдая технические параметры (режим резания, материал, геометрию режущих инструментов, СОТС), рекомендуемые заводом – изготовителем оборудования.

На станках с ПУ выполняют испытания на максимальные нагрузки и уточняют режимы резания для характерных видов обработки и инструмента. При испытаниях на максимальное усилие привода главного движения и приводов подач осуществляют сверление инструментом наибольшего диаметра и фрезерования торцовыми фрезами.

В начале смены приводят основные функции движения станка. В целях тепловой стабилизации станка и устройства ПУ включают на холостом ходу вращение шпинделя со средней частотой вращения и питание устройства ПУ в течение 20...25 мин (при этом станок прогревается).

Согласно карте наладки подбирают режущий инструмент и оснастку для крепления заготовки. Проверяют состояние инструмента. Устанавливают инструмент в соответствии с позицией суппорта в его нулевое (исходное) положение. Вводят УП с пульта УПУ с бланка или из кассеты внешней памяти. Проверяют УП сначала в покадровом режиме, а затем – в автоматическом, наблюдая за правильностью ее осуществления.

Закрепляют заготовку в соответствии с картой наладки. Выполняют размерную настройку режущего инструмента. Обрабатывают заготовку по УП. Определяют размеры готовой детали и вводят необходимые коррекции с пульта управления УПУ. При обработке партии заготовок периодически проверяют размеры деталей и при необходимости вводят коррекции.

При обработке первой заготовки необходимо наблюдать за процессом резания (особенно за стружкообразованием и шероховатостью обработанной поверхности); при необходимости следует вводить коррекции режимов резания (с пульта управления УПУ).

де функций T01–T99 соответствует программированию коррекций с номерами от 1 до 99. Вместе с тем устройство позволяет программировать до трех пар коррекций на каждый инструмент: T01–T33 – первая пара коррекций; T101–T133 – вторая; T201–T233 – третья.

2. Коррекция положительная (отрицательная). Задается подготовительной функцией G43 (G44) и словом под адресом D. По командам G43 и G44 коррекция учитывается соответственно с положительным и отрицательным знаком, т.е. прибавляется к заданной в кадре координате или вычитается из нее. Знак коррекции принимается положительным (отрицательным) в том случае, если по отношению к конечной точке неоткорректированного перемещения A должна быть смещена в положительном (отрицательном) направлении координатных осей станка.

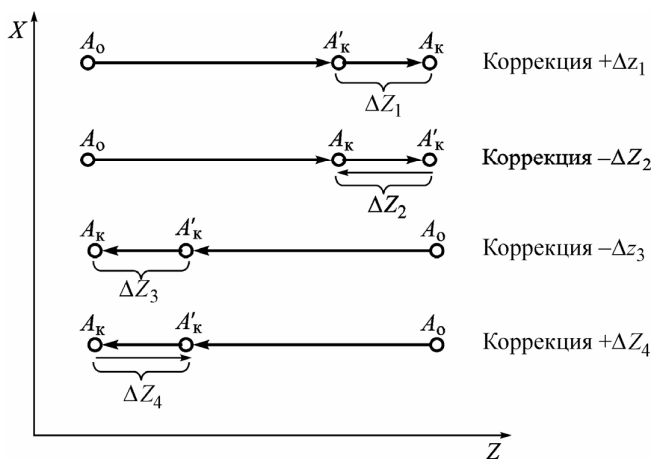


Рис. 7.8. Схема определения знаков коррекции

На рис. 7.8 приведена схема определения знаков коррекций по координате Z токарного станка. Аналогично устанавливаются знаки коррекции по осям координатной станков других групп.

В слове под адресом D цифровая информация указывает на порядковый номер коррекции (адрес ячейки) в массиве коррекций. Для большинства устройств ПУ максимальное количество коррекций в массиве равно 200, максимальное значение каждой коррекции – 99,999. Например, чтобы задать положительную коррекцию, равную 500 дискетам, с порядковым

номером 12 в кадре программы записывается D12, в массив коррекций вводится: 12 + 500.

При работе в приращениях введенная 1 раз коррекция смещает все последующие размеры по данной оси (если не производилась установка исходного положения). Чтобы это исключить, следует воспользоваться операцией «Отмена коррекций», которая задается командой G40 или D00. Функция G40 отменяет все виды коррекций по всем координатам, заданным в кадре. Команда D00 отменяет коррекцию только по той координате, перед которой она задана.

По команде G40 все коррекции, номера которых указаны в данном кадре, учитываются с противоположным знаком. Пусть геометрическая информация кадра имеет вид G01X1800D03. При этом третья коррекция на положение инструмента составляет: D03 = -160. Тогда рабочий орган по оси X перемещается на расстояние $1800 + (-160) = 1640$. Если же геометрическая информация кадра G01G40X1800D03, то расстояние, на которое переместится рабочий орган по оси X, будет составлять $1800 + (+160) = 1960$.

В задании линейной интерполяции с коррекцией инструмента положительной и отрицательной (рис. 7.9) пунктирная линия – траектория движения центра инструмента, сплошная – программируется траектория.

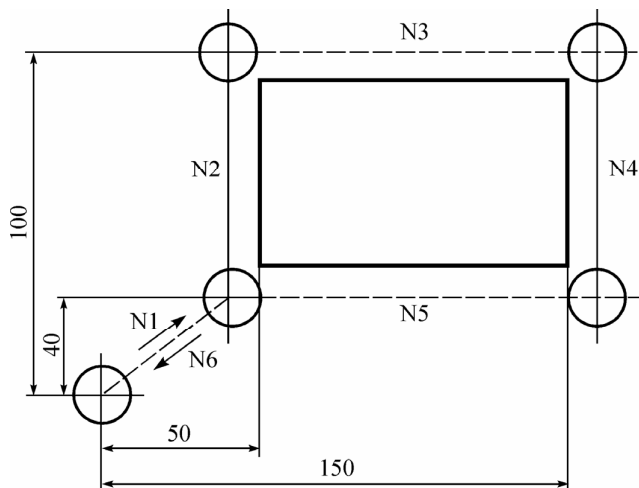


Рис. 7.9. Задание линейной интерполяции с коррекцией инструмента положительной и отрицательной

Содержание кадров при работе в абсолютных координатах следующее:

N1 G90 G0 G44 D15 X5000 G44 D15 Y4000 ПС.

N2 G1 G43 Y10000 F250 ПС.

N3 G43 X15000 ПС.

N4 G44 Y4000 ПС.

N5 G44 X5000 ПС.

N6 G0 G40 X0 Y0ПС.

Эта же программа при работе в приращениях выглядит следующим образом:

N1 G91 G0 G44 D15 X5000 G44 D15 Y4000 ПС.

N2 G1 G43 Y6000 F250 ПС.

N3 G43 X10000 ПС.

N4 G44 Y-6000 ПС.

N5 G44 X-10000 ПС.

N6 G0 G40 X-5000Y-4000 ПС.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность коррекции длины и положения инструмента настройки современных устройств ПУ?
2. Какими функциями задается коррекция положительная (отрицательная)?

Литература

1. Устройство числового программного управления NC-201: Руководство по эксплуатации. СПб., 2005.
2. Каталог NC 60 RUS (русская версия) [Электронный ресурс] / ООО Сименс 1997–2008. М., 2008. – Режим доступа: <http://www.automation-drives.ru/mc/support/cat/псБО.гш>.
3. Кузнецов, Ю. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. Кузнецов, А. Маслов, А. Банков. М., 1990.
4. Токарно-фрезерное оборудование [Электронный ресурс] / Группа компаний «ROBUR International»). М., 2005. – Режим доступа: <http://www.robur.ru/cdugardrus.htmlarticles/articlesid=140>.
5. Токарное оборудование [Электронный ресурс] / Группа компаний «ROBUR International»). М., 2008. – Режим доступа: <http://www.robur.ru/cdugardrus.htmllinks/index.php>.
6. Автоматы продольного точения с ЧПУ [Электронный ресурс] / ЗАО «ИРЛЕН-инжиниринг». СПб., 2005. – Режим доступа: www.irlen.ru.
7. Высокоточные обрабатывающие станки с ПУ [Электронный ресурс] / Соруригт ЗАО «М. Т. Е. – ФИНАНС». М., 2005. – Режим доступа: <http://www.mtef.ru/catalog/CPU>.
8. Вертикальные фрезерно-сверлильно-расточные обрабатывающие центры SODICK [Электронный ресурс] / SODICK Co., Ltd. М., 2005. – Режим доступа: http://www.sodick-euro.ru/Russian/mc_nanol00.htm.
9. Косилова, А.Г. Машиностроение: справочник технолога-машиностроителя / А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова. М., 1986. Т. 2.
10. Пестов, С.П. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ / С.П. Пестов. Челябинск, 2002.
11. Андреев, Г.И. Работа на токарных станках с ПУ с системой ЧПУ FANUC / Г.И. Андреев. СПб., 2005.
12. Кряжев, Д.Ю. Фрезерная обработка на станках с ПУ с системой ЧПУ FANUC / Ю.Ю. Кряжев. СПб., 2005.
13. Гжиров, В.И. Программирование обработки на станках с ПУ: справочник / В.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий // Машиностроение. М., 1990.
14. Сборник инструкций. Станок с ПУ. Т. 7. Ирлен-инжиниринг. СПб., 2001.
15. Немилев, Е.Ф. Справочник по электроэрозионной обработке материалов / Е.Ф. Немилев // Машиностроение, М., 1989.
16. Фотеев, Н.К. Технология электроэрозионной обработки / Н.К. Фотеев // Машиностроение. М., 1980.
17. Артамонов, Б.А. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / Б.А. Артамонов. М., 1983.

18. *Лившиц, А.Л.* Электроэрозионная обработка металлов / А.Л. Лившиц, М., 1979.
19. *Артамонов, Б.А.* Размерная электрическая обработка металлов / Б.А. Артамонов, М., 1978.
20. *Волосатова В.А.* Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / В.А. Волосатова // Машиностроение. М., 1988.
21. Электроискровое (электроэрозионное) оборудование мирового лидера из Японии [Электронный ресурс] / SODICK Co., Ltd. М., 2008. – Режим доступа: www.sodick-euro.ru/Russian/index.htm.
22. Технологии [Электронный ресурс] / «АЛПЛАСТ». СПб., 2008. – Режим доступа: <http://www.alplast-spb.ru/technologies.htm>.
23. *Бочков, В.М.* Расчет и составление программ для обработки деталей на станках с программным управлением: учеб. пособие / В.М. Бочков, Р.В. Юревич. Львов, 1981.
24. *Каштальян, И.А.* Обработка на станках с числовым программным управлением: справ. пособие / И.А. Каштальян, В.И. Клевзович. Минск. 1998.
25. *Дерябин, А.Л.* Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ / А.Л. Дерябин // Машиностроение. М., 1984.
26. *Федоренко, А.М.* Технология обработки на станках с ЧПУ: метод. указания по выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения специальности 1—36 01 01 «Технология машиностроения» / А.М. Федоренко. Могилев, 2005.
27. *Жолобов, А.А.* Программирование обработки деталей на станках с микропроцессорными УПУ: учеб. пособие / А.А. Жолобов, А.Н. Жигалов. Минск, 1990.
28. Устройства числового программного управления NC-110, NC-200, NC-210: руководство программиста МС. СПб., 2004.
29. Устройства числового программного управления NC-110, NC-200, NC-210: руководство программиста ТС. СПб., 2004.

Оглавление

Введение	3
ГЛАВА 1. Технологический процесс обработки на станках с программным управлением.....	5
1.1. Особенности структуры технологического процесса	5
1.2. Этапы проектирования ТП для станков с ПУ	6
1.3. Проектирование маршрутных технологических процессов обработки деталей на станках с ПУ.....	14
1.4. Выбор оборудования для обработки заготовок деталей различных групп	19
1.5. Разработка технологических процессов обработки на токарных станках	21
1.6. Разработка ТП обработки на фрезерных станках	31
1.7. Разработка операций обработки отверстий	45
1.8. Особенности разработки операций для многоцелевых станков...	50
1.9. Виды технологической документации	56
ГЛАВА 2. Точность обработки на станках с ПУ	59
2.1. Общие сведения о погрешностях обработки поверхностей деталей на станках с ПУ	59
2.2. Методика определения погрешности линейного позиционирования станков с ПУ	67
2.3. Способы наладки станков с ПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы	70
2.4. Рекомендации по эксплуатации станков с ПУ.....	74
ГЛАВА 3. Основы программного управления.....	78
3.1. Системы программного управления	78
3.2. Системы координат станков с ПУ	81
3.3. Система координат детали	88
3.4. Система координат инструмента	90
3.5. Методы программирования систем ПУ	94
3.6. Кодирование и запись управляющих программ	96
3.7. Формат кадра управляющей программы	106
3.8. Порядок разработки УП	109
3.9. Использование САМ-систем при разработке УП	110
3.10. Структура САМ-системы	114

ГЛАВА 4. Программирование токарной обработки на станках, оснащенных системой ПУ-НЦ 31	115
4.1. Особенности программирования системы ПУ «Электроника НЦ-31».....	115
4.2. Формат кадра.....	117
4.3. Задние режимов резания.....	117
4.4. Вспомогательные функции	119
4.5. Программирование перемещений инструмента	119
4.6. Программирование обработки поверхности фасок.....	120
4.7. Программирование обработки с использованием подготовительных функций.....	122
ГЛАВА 5. Программирование токарной обработки на станках, оснащенных системой SINUMERIK 802D	131
5.1. Особенности программирования системы SINUMERIK 802 D ...	131
5.2. Кодирование управляющей программы.....	137
5.3. Программирование обработки на станках с ПУ	159
ГЛАВА 6. Программирование обработки на станках, оснащенных УПУ НЦ-201	176
6.1. Особенности программирования системы УПУ НЦ-201.....	176
6.2. Формат кадра	177
6.3. Типы кадров	178
6.4. Подготовительные функции	179
6.5. Программирование подачи	182
6.6. Программирование режимов работы шпинделя	183
6.7. Программирование режущего инструмента, используемого при обработке	183
6.8. Программирование вспомогательных функций	183
6.9. Программирование токарной обработки на станках, оснащенных системой ПУ НЦ-201	185
6.10. Программирование обработки на станках типа обрабатывающий центр	210
6.11. Программирование фрезерной обработки	218
6.12. Программирование контурной обработки на основе языка GTL.....	225
6.13. Программирование с использованием переменных.....	252
6.14. Кадры с трехбуквенными операторами.....	255

ГЛАВА 7. Наладка и подналадка станков с программным управлением ...	260
7.1. Наладка и подналадка токарных станков с ПУ	260
7.2. Подготовка технологической оснастки	261
7.3. Размещение рабочих органов станка в исходном для работы положении	270
7.4. Наладка электронных и электрических аппаратов систем управления станками с программным управлением	273
7.5. Установка режимов работы станков с ПУ	273
7.6. Проверка функционирования станка после наладки.....	276
7.7. Коррекция длины и положения инструмента	279
Л и т е р а т у р а	283

Учебное издание

Мычко Виктор Степанович

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ НА СТАНКАХ
С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Учебное пособие

Редактор *Т.К. Хваль*

Художественный редактор *В.А. Ярошевич*

Технический редактор *Н.А. Лебедевич*

Корректор *Т.К. Хваль*

Компьютерная верстка *С.В. Шнейдер*

Подписано в печать 08.11.2010. Формат 84×108/32. Бумага офсетная. Гарнитура
«Times New Roman». Офсетная печать. Усл. печ. л. 15,12. Уч.-изд. л. 16,0.
Тираж 800 экз. Заказ 3448.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство "Вышэйшая школа"».
ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: info@vshph.by <http://vshph.com>

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».
ЛП № 02330/0494160 от 30.04.2009. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.