

АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ ФРЕЗЕРНОЙ ГРУППЫ

Analysis of the development of control program groups for milling machine tools

Analiza opracowywania programów sterujących dla grupy frezarek

Т.М. Мендебаев, В.А. Тимирязев, А.З. Габдуллина, М.Ф. Керимжанова

А н н о т а ц и я: В статье рассматриваются системы программного управления для фрезерных станков. Излагается методика разработки управляющих программ для изготовления деталей машин, их редактирование и запись при проектировании технологических операций на станках с ЧПУ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: управляющая программа, подпрограмма, постоянный цикл, операция, технологический переход.

A b s t r a c t: This article discusses a software management system for milling machines. The technique of development of control programs for the production of machine parts, editing and writing when designing technological operations on CNC machines.

К e y w o r d s: control program, a subroutine, a constant cycle of operation, the technological transition

S t r e s z c z e n i e: W artykule rozpatrywane są systemy sterowania programowego dla frezarek. Przedstawiono metodykę opracowania programów sterujących dla wykonywania części maszyn i ich redagowanie oraz zapis w trakcie projektowania operacji technologicznych na obrabiarkach sterowanych numerycznie.

S ł o w a k l u c z o w e: program sterujący, podprogram, operacja, zabieg technologiczny, powtarzalny cykl

Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) фрезерной и сверлильно-расточной групп предназначены для выполнения различных технологических переходов по изготовлению, в первую очередь, корпусных и различных других деталей машин. На основе поставленных задач обработки и при наличии применяемой заготовки, проектирование технологических операций на фрезерных и сверлильно-расточных станках начинают с выбора технологических баз и выявления последовательности обработки поверхностей детали. Базирование заготовок на этих станках в большинстве случаев осуществляется по трем плоскостям, в координатный угол или по плоскости и двум базовым отверстиям. Однако возможно также базирование с использованием двойной направляющей базы, когда корпусная деталь устанавливается по двум главным отверстиям с опорой на два базовых конуса.

Постоянные циклы фрезерования широко применяют на современных фрезерных станках с ЧПУ класса CNC (Computer Numerical Control). Рассмотрим их применение на конкретных системах.

Устройство ЧПУ типа NCT 2000 CNC, применяемое на фрезерно-расточных станках, позволяет с помощью разработанных макрокоманд и подпрограмм реализовать различные циклы фрезерования и сверления. На рис.1 представлен цикл фрезерования впадины концевой фрезой с периодическим

заглублением инструмента по выполнению обработки очередной плоскости.

Задание цикла осуществляется кадром следующего формата:

```
G65 P999 X...Y... Z...I...J...K...R...F...D...E...Q...M...  
S...T...
```

Для выполнения рассматриваемого цикла необходимо вызвать и загрузить для отработки макрокоманду за номером 0999.

По адресам X...Y...Z... задают размеры впадины (размеры контура). Принадлежность соответствующей координаты к длине, ширине или глубине впадины характеризует применяемая функция G17, G18, G19, определяющая плоскость расположения впадины. При функции G17, когда обработка выполняется в плоскости X0Y, глубину впадины определяет координата Z. Длину впадины определяет наибольшая из координат X или Y, а ширину наименьшая из оставшихся двух координат.

По адресу R кодируют радиус скругления углов впадины. Если слово с этим адресом не заполняется, то скругление углов определяется радиусом применяемой фрезы.

Параметры I...J...K... определяют задаваемое расстояние от точки врезания 1 до торца обрабатываемой поверхности соответственно для случая G19(I), G18(J), G17(K).

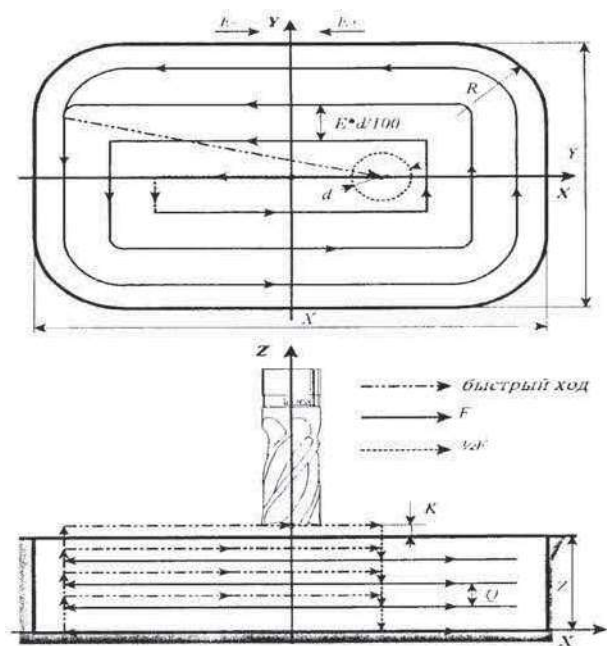


Рисунок 1. Схема постоянного цикла контурного фрезерования пальцевой фрезой с периодическим заглублением при обработке очередной плоскости
 Fig. 1. Schematic of a constant cycle finger contour milling cutter with periodic recessed in the processing of regular plane

Параметр D определяет адрес ячейки, содержащий данные коррекции радиуса применяемой фрезы. По этому адресу необходимо задавать номер регистра коррекции радиуса инструмента, используемого в программе.

По адресу E задают два вида информации. Численное значение параметра E определяет задаваемую глубину резания в % от диаметра фрезы. Знак «+» или «-», задаваемый при этом параметре, определяет соответственно:

“E+” фрезерование с обходом контура против часовой стрелки;

“E-” фрезерование с обходом контура по часовой стрелке.

Если численное значение E не определено, то система по умолчанию принимает его + 0,83%. С целью обеспечения равномерного распределения припуска на проходы система управления может самостоятельно изменить численное значение параметра E с учетом ширины создаваемой впадины и диаметра применяемой фрезы. Однако эти изменения могут быть только в сторону уменьшения параметра E. Величину построчного смещения фрезы обычно задают равной $E = 0,01d$, от диаметра применяемой фрезы.

Параметр Q определяет глубину врезания (ширину фрезерования), которая задается в мм. Количество уровней n послойного фрезерования на общую глубину Z система определяет автоматически как ближайшее большее целое от $n = Z/Q$. При этом глубина резания t на последнем проходе $t \leq Q$.

Поэтому с целью равномерного распределения глубину врезания на выполняемых проходах, система управление, учитывая глубину впадины, может предложить изменить заданное значение параметра Q. При этом такие изменения по величине могут быть направлены только в сторону уменьшения параметра Q.

По адресу F задают значение подачи, применяемой в процессе выполнения цикла. Однако система автоматически уменьшает заданную подачу на 50% в следующих случаях:

- в начальный этап фрезерования, когда фреза заглубляется на размер Q;
- при продольном фрезеровании паза, когда глубина резания равна диаметру фрезы $E = \emptyset$.

По адресам M, S, T кодируют соответственно вспомогательные команды – частоту вращения шпинделя и применяемый режущий инструмент. В предложении по вызову подпрограммы фрезерования впадины по адресам M, S, T можно задать одну функцию, которые выполняются до начала фрезерования паза. Включается вращение шпинделя и на рабочей подаче происходит заглубление фрезы на заданную величину Q.

При реализации цикла концевая фреза выводится в начальную точку врезания 1 по центру создаваемой впадины на безопасном расстоянии K от торца обрабатываемой поверхности. Включается вращение шпинделя и на рабочей подаче происходит заглубление фрезы на глубину врезания Q. После этого происходит фрезерование паза вдоль оси X при глубине резания равной диаметру фрезы. Продольная подача при выполнении этих двух первых переходов не превышает 50% от заданного значения. Затем происходит перемещение фрезы по спиральной траектории, в результате чего происходит расширение размеров впадины на данном уровне заглубления до заданных размеров X, Y. Фрезерование при этом осуществляется с заданной подачей с глубиной резания не превышающей E мм. По окончании фрезерования первого уровня фреза возвращается на вертикаль врезания, повторно заглубляется на глубину Q, а затем по аналогичной схеме осуществляет фрезерования впадины на втором уровне. Такой послойный съем материала заготовки продолжается до момента достижения требуемой глубины впадины Z. По завершению цикла фреза возвращается в ту же начальную точку врезания 1.

Если в приведенном выше формате цикла не задавать координату, определяющую ширину впадины, то ширина впадины будет получена как удвоенное значение радиуса скругления углов впадины 2R, а цикл фрезерования будет иметь вид, представленный на рис.2а.

В свою очередь, если в формате цикла не задавать ни ширину впадины, ни радиус скругления R, то в результате фрезерования будет получено заглубление в виде паза, ширина которого равна диаметру фрезы (рис. 2б).

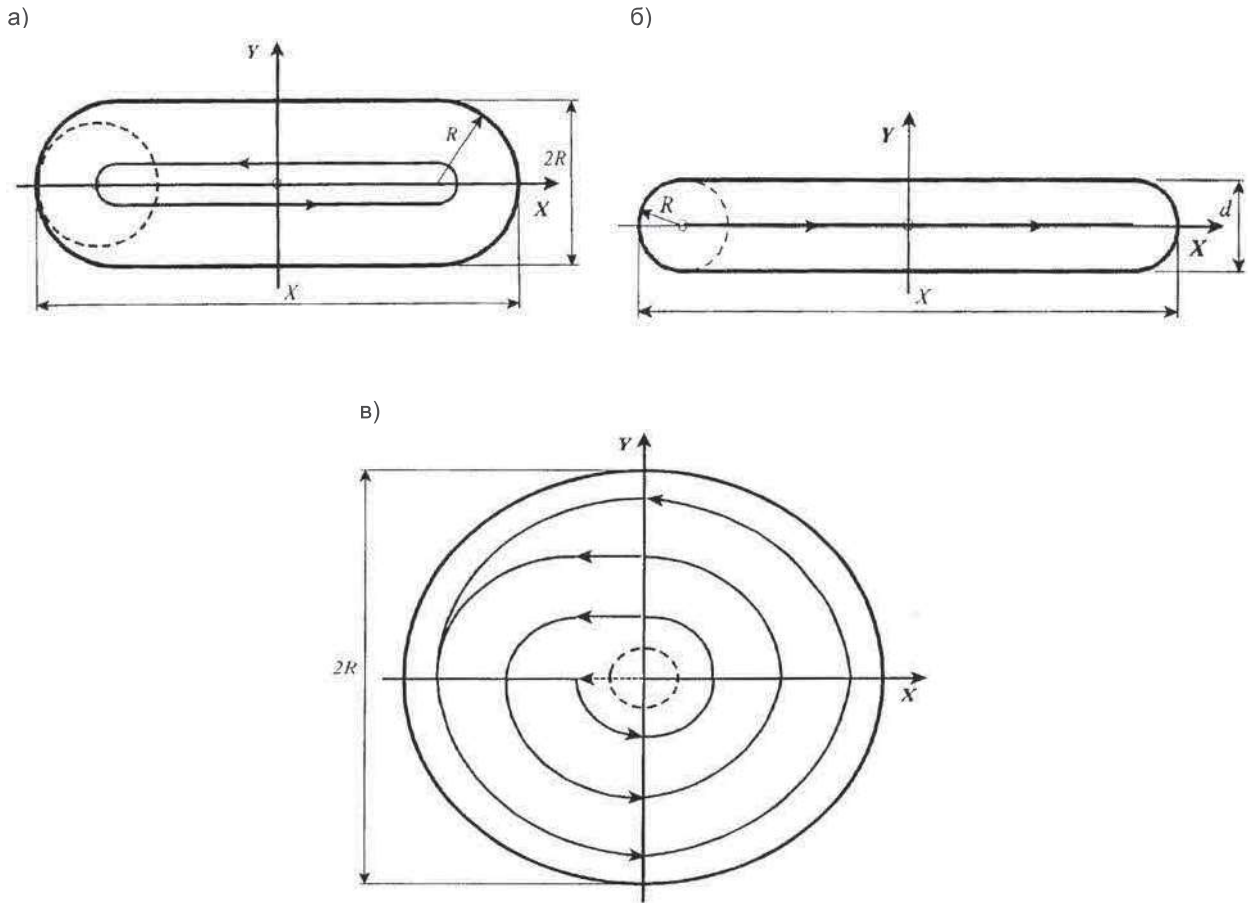


Рисунок 2. Схемы фрезерования впадин различной конфигурации: а) продольной с шириной равной $2R$; б) продольной с шириной равной диаметру фрезы; в) круглой
 Fig. 2. Scheme of milling cavities of different configurations: a) to the longitudinal the width of equal to $2R$, б) with the longitudinal width equal to the diameter of the cutter, c) a round

В тех случаях, когда в формате цикла не заданы ни длина, ни ширина впадины, а задан радиус скругления R , то в результате фрезерования будет получена круглая впадина согласно схемы, приведенной на рис. 2в.

Если в формате рассматриваемого цикла не задавать ни длину, ни ширину паза, ни радиус скругления R , то приведенный цикл фрезерования впадин будет трансформирован в цикл сверления отверстий.

На рис. 3 представлена схема программирования цикла фрезерования пальцевой фрезой группы концентрично расположенных пазов. Цикл реализуется на фрезерных станках с системой ЧПУ класса CNC «Sinumerik 8MC» как станочная подпрограмма. Цикл задается кадром следующего формата: N...L950 R10 R11 R12 R13, где L950 – код цикла; R10... R13 – параметры цикла.

Параметр R10 определяет ширину паза, который соответствует диаметру применяемой пальцевой фрезы, а параметр R11 определяет задаваемую длину паза.

Параметром R12 задают радиус окружности, проходящей через середину концентрично расположенных пазов, а параметром R13 задают число

равномерно расположенных по периметру одинаковых пазов. фрезерования задают отдельным кадром.

Необходимые технологические и геометрические данные вводятся по запросу. На основе введенных параметров система CNC сама рассчитывает дополнительные данные, необходимые для выполнения рассматриваемой подпрограммы (цикла). В состав таких данных входят координаты положения пазов, траектория перемещения фрезы в процессе фрезерования и при перемещении на быстром ходу от одного паза к другому. В результате станок осуществляет поочередное фрезерование заданных в программе пазов.

Рассмотренные выше циклы фрезерования определяются соответствующими макрокомандами. Нажатие кнопки стоп в процессе выполнения цикла влечет за собой останов станка после завершения цикла.

Предварительное (черновое) фрезерование при наличии на поверхности больших припусков следует выполнять с помощью торцевых фрез, последовательными проходами по схеме зигзага. Ширину поверхности, обрабатываемой за проход и диаметр фрезы выбирают, так, чтобы возникающие упругие перемещения инструмента не оказывали существенное влияние на точность чистовых проходов. Поэтому при

Задание:
параметров
R10,R11,R12.R15
Вызов L950

CNC

Машинная подпрограмма:

Расчет:

- радиуса паза
- длины паза
- траектории перемещения и коррекции инструмента

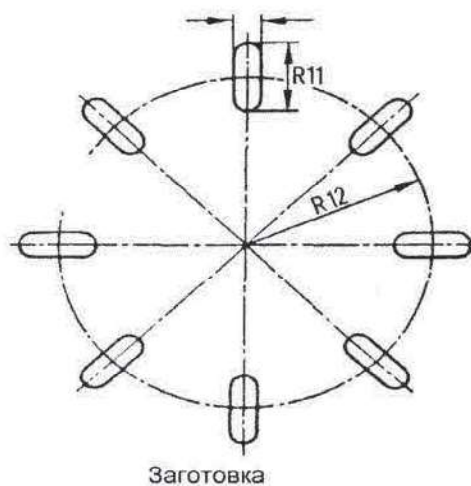
Обработка:

- всех пазов
- тангенциальный вход и выход при обработке пазов

Число пазов 8R13

Чертеж

R10



Станок

Рисунок 3. Схема программирования цикла фрезерования группы пазов концентрично расположенных относительно центра
Fig. 3. Scheme of programming milling cycle group of slots located concentrically relative to the center

сравнительно большом и неравномерном припуске диаметр торцевых фрез рекомендуется уменьшать. В свою очередь, для выполнения чистовых проходов следует применять торцевую фрезу большего диаметра, что позволяет перекрыть ширину обрабатываемой поверхности. Для достижения высоких требований по параметрам геометрической точности и шероховатости поверхности на чистовые проходы оставляют малые припуски, а обработку выполняют торцевыми фрезами с пластинами из минералокерамики и сверхтвердых материалов, создаваемых на основе нитрида бора.

Для обработки наружных и внутренних контуров применяют концевые фрезы, работающие наружной цилиндрической поверхностью. Однако эти фрезы применяют также для обработки плоских поверхностей в углублениях, в пазах, в различных по геометрии выемках. При фрезеровании наружной цилиндрической поверхностью стенок и ребер диаметр D концевые фрезы выбирают из условия:

$$D = (5 \dots 10) b + 2r, \quad (1)$$

где b – толщина получаемой стенки или ребра;
 r – радиуса закругления режущих кромок по торцу фрезы.

В случае обработки контурной поверхности на диаметр фрезы накладывается дополнительное ограничение, определяемое геометрией контура, согласно

которому радиус фрезы $0,5D$ не должен превышать наименьшего радиуса сопряжения R_{min} в создаваемом контуре:

$$0,5D \leq R_{min}. \quad (2)$$

Для прорезания обычных пазов, ширина которых равны удвоенному радиусу закругления $2R$ на концах паза, диаметр концевой фрезы следует выбирать равным ширине паза $D = 2R$. Это позволяет выполнить обработку паза с меньшим числом проходов. Однако для получения более точной ширины подобных пазов, диаметр концевой фрезы следует выбирать меньше ширины паза $D < 2R$, что позволяет выполнить дополнительный чистовой проход по контуру паза.

При глубине паза значительно большем диаметра фрезы, припуск по глубине делят на несколько частей и осуществляют послойный съем материала заготовки. Поэтому при выполнении углублений, канавок, пазов концевую фрезу сначала заглубляют по оси шпинделя на величину, равную глубине резания. Для этого на зубьях расположенных по торцу фрезы выполняют заточку по специальной геометрии. Возможно выполнение заглубления по предварительно полученному отверстию. С этой целью предусматривают дополнительный переход – сверление отверстия, диаметр которого превышает диаметр фрезы.

Для уменьшения деформаций заготовки обработку углублений рекомендуется выполнять с середины

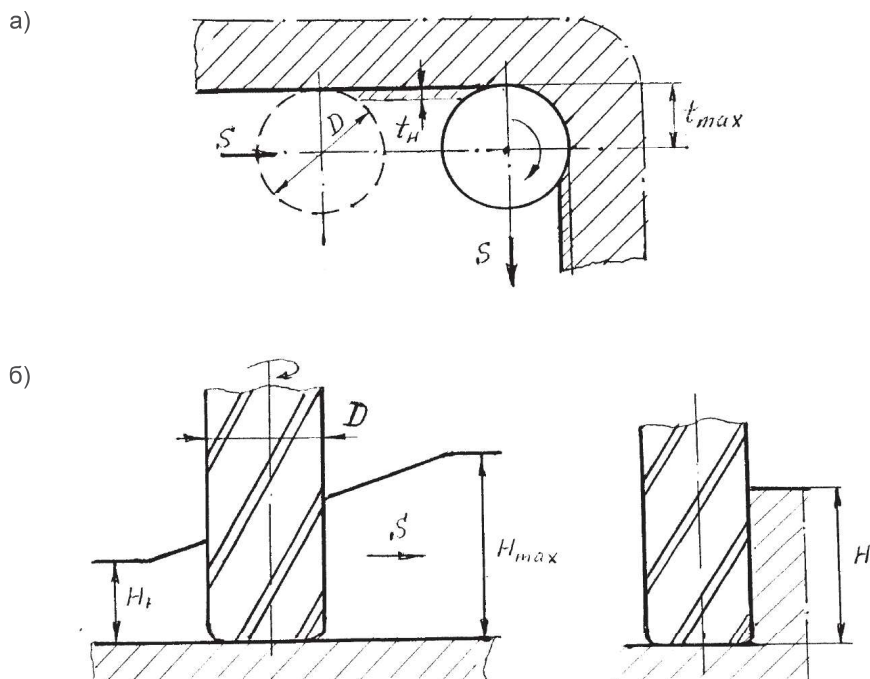


Рисунок 4. Изменение параметров обработки при контурном фрезеровании концевой фрезой: а) изменение глубины резания при перемене направления движения, б) изменение ширины фрезерования при изменении высоты стенки
 Fig. 4. Changing the processing parameters for contour milling end mill: a) the change in the depth of cut when changing direction of movement, b) change the width of the milling when changing the height of the wall

контура, а обработку уступа и выемок следует начинать с удаления крайних слоев металла.

В процессе чистового прохода по контуру концевая фреза на участке внутреннего радиусного сопряжения подвергается действию скачкообразной, многократно возрастающей нагрузки. Фреза практически останавливается и меняет направление подачи (рис. 4а). В результате происходит резкое изменение глубины резания от заданного номинального значения $t_H \approx 0.2 \dots 1$ мм до максимального, предельного значения, равного радиусу фрезы $t_{max} = 0,5D$. Резкое, многократное увеличение силы резания вызывает отжим фрезы и образование на обработанной поверхности погрешности формы в виде уступов, выемок, подрезов. Возможна также и поломка инструмента, что означает возникновение аварийной ситуации и получение бракованной детали.

Колебание нагрузки при контурном фрезеровании концевой фрезой происходит также в результате изменения ширины фрезерования B , которая меняется в соответствии с изменением высоты обрабатываемой стенки или ребра $B = H$ (рис. 4б).

Для уменьшения возрастающей силы резания при обходе закруглений и других криволинейных участков рекомендуется применять концевую фрезу с радиусом меньшим, чем минимальный радиус закругления на создаваемом контуре. При этом припуск под чистовой проход на радиусах внутренних сопряжений, рекомендуется оставлять не выше $1 \dots 2$ мм, а на остальных участках стационарного резания не выше $(0,15 \dots 0,25) D$ диаметра фрезы. Кроме того

рекомендуется на длине $10 \dots 15$ мм перед точкой резкого изменения направления движения вводить командой G 09 торможение для уменьшения контурной подачи в $2 \dots 3$ раза. На современных станках с ЧПУ подобное торможение предусмотрено программным обеспечением УЧПУ.

В соответствии с составом выявленных технологических переходов по обработке поверхностей заготовки фрезерованием выбирают требуемые по конструкции фрезы – торцевые, концевые, дисковые и другие. При этом определяют не только номенклатуру фрез, но и их количество с учетом стойкости инструмента, рассчитываемой для выбранных режимов резания, и необходимости проведения своевременной планово-предупредительной замены.

Последовательность выполнения фрезерных технологических переходов с использованием соответствующих фрез, в общем случае, определяется геометрией изготавливаемой детали и ее заготовки. Траектория перемещения фрезы формируется как перемещение ее центра по выявленным опорным точкам, начиная от точки врезания до выхода инструмента. При контурном фрезеровании концевой фрезой, ее траектория формируется как перемещение ее центра по эквидистанте, расположенной на расстоянии радиуса фрезы от создаваемого контура детали. Подвод и отвод инструмента необходимо осуществлять на быстром ходу по коротким безопасным траекториям, обеспечивающим ввод фрезы по касательной к обрабатываемой поверхности. При этом на безопасном расстоянии, равном $3 \dots 5$ мм от

поверхности заготовки, необходимо осуществить переключение с подачи быстрого подвода на рабочую подачу.

При разработке траектории нельзя допускать остановку фрезы или резкого изменение подачи в процессе фрезерования, когда инструмент соприкасается с обрабатываемой поверхностью. Не соблюдение этого приводит к образованию «зарезов» на обработанной поверхности.

Для фрезерования контура праворежущей фрезой с попутной подачей, обход наружного контура следует выполнять по часовой стрелке, а обход внешнего контура против часовой стрелки. Обработку заготовки по черной поверхности, имеющей повышенную твердость, рекомендуется выполнять встречным фрезерованием, что повышает стойкость инструмента.

Выбор последовательности обработки, выполняемой в соответствии с задачами изготовления детали и возможностями оборудования, преследует цель такого построения технологической операции, при котором суммарные затраты времени на выполнение основных и вспомогательных технологических переходов будут минимальными. Для этого на детали выявляется совокупность обрабатываемых поверхностей и их геометрических элементов. В соответствии с этим определяют состав режущего инструмента, необходимого для выполнения предварительной и чистовой обработки. Рассматриваются зоны расположения обрабатываемых геометрических элементов, определяют состав и повторяющуюся потребность применения соответствующего инструмента для выполнения обработки в каждой из зон. Выявляют позиции, занимаемые заготовкой и режущим инструментом при выполнении обработки в каждой из зон.

Таким образом определяют совокупность элементов детали, находящихся в данной зоне и объединенных общим инструментом, что позволяет запрограммировать фрагмент операции, выполняемый по отдельной подпрограмме одним инструментом. На основе этого представляется возможным объединение нескольких подобных подпрограмм в комплексную программу по обработке заготовки с одной установки с использованием различных режущих инструментов.

В результате, учитывая требуемую технологическую последовательность выполнения переходов предварительной и чистовой обработки, затраты времени на замену режущего инструмента и перемещения его на холостом ходу от одной поверхности к другой, а также затраты времени на поворот рабочего стола и переустановку заготовки, выявляют оптимальную последовательность, при которой время на выполнение операции будет минимальным. На основе такого анализа может оказаться целесообразным установить инструмент в шпиндель один раз и выполнить все переходы, связанные с его использованием, перемещая заготовку на нужные позиции. Возможен также вариант, когда предпочтительным оказывается выполнение полной обработки всех геометрических

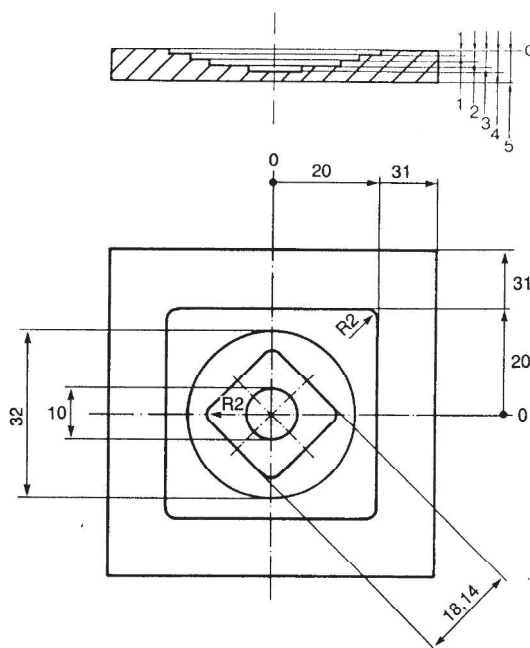


Рисунок 5. Эскиз изготавливаемой детали
Fig. 5. Sketch of manufactured parts

элементов, расположенных на одной стороне детали, без смены ее позиции с использованием необходимого состава режущего инструмента. Возможны и другие компромиссные варианты, которые могут быть выявлены путем расчета.

Разработка управляющей программы (УП) с применением подпрограмм показано на примере обработки детали типа плитка (рис. 5). В качестве заготовки используется плитка размерами 102x102x5 мм. Обработка выполняется на контурно-фрезерном станке вертикальной компоновки с использованием пальцевой фрезы $\varnothing 4$ мм.

Согласно чертежу необходимо составить УП для получения четырех углубленных контуров:

- 1) Первый контур в виде квадрата 20'20 глубиной 1 мм;
- 2) Второй контур в виде окружности $\varnothing 32$ мм с заглублением 2 мм;
- 3) Третий контур также имеет форму квадрата 18,4'18,4 глубиной 3 мм;
- 4) Четвертый контур представляет окружность $\varnothing 10$ мм на глубине 4мм.

Заготовка базируется в координатный угол. Создаваемые контурные поверхности расположены симметрично по центру детали. Поэтому для удобства разработки УП в качестве нуля детали был выбран ее центр, расположенный на верхней плоскости плитки (рис. 5).

Обработка 4-х контуров запрограммирована в соответствии с последовательностью расположения их плоскостей по вертикали. Вначале выполняется обработка плоскости первого контура. План обработки представлен на рис. 6.

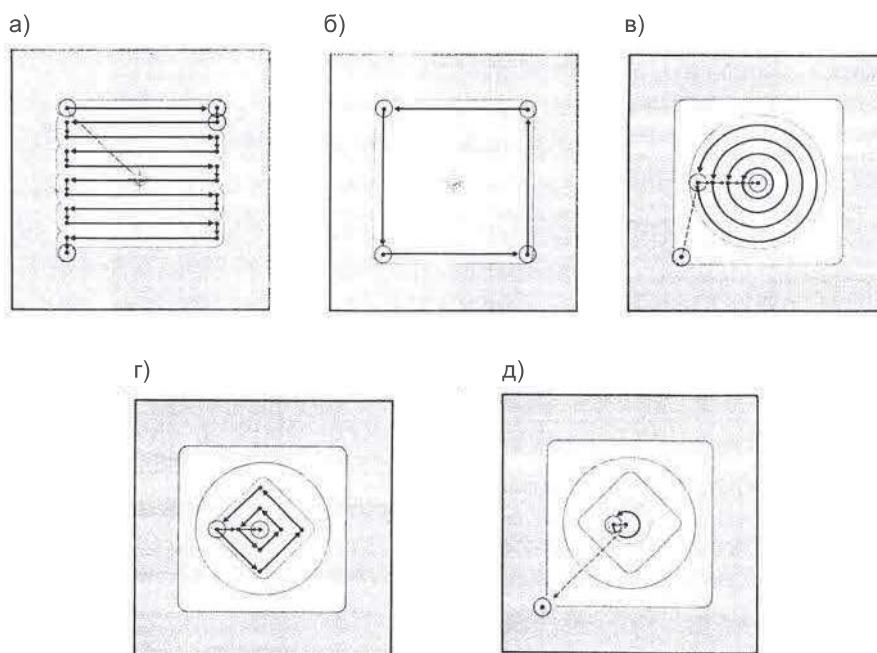


Рисунок 6. Схемы фрезерования внутреннего контура детали пальцевой фрезой: а) построчное фрезерование; б) фрезерование контура квадрата, в) построчное, круговое фрезерование плоскости круга, г) фрезерование плоскости квадрата, д) фрезерование плоскости и контура диаметром 10 мм

Fig. 6. Scheme inner contour milling cutter detail finger: a) line by line, circular milling plane of the circle, d) milling square plane, e) milling plane and loop diameter of 10 mm

1. Программа обработки плоскости 1, ограниченной квадратом 20'20 (рис. 6а).

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| N100 GO X+0,00 Y+0,00 Z+1,00 | Быстрый подвод к нулевой точке |
| N110 GO X-18,00 Y+17,00 Z+1,00 | Быстрое перемещение в точку врезания. |
| N120 M3 | Включение шпинделя. |
| N130 G1 X-18,00 Y+17,00 Z-1,00 F3 | Заглубление на уровень плоскости 1. |
| N140 G91 | Отсчет размеров в приращениях. |
| N150 G24 L5000 P5 | Вызов подпрограммы. |
| | Подпрограмма |
| N5000 G1 X+36,00 Y+0,00 Z+0,00 F3 | Фрезерование по X |
| 'N5010 G1 X+0,00 Y-3,50 Z+0,00 F3 | Смещение по (-Y) |
| N5020 G1 X-36,00 Y+0,00 Z+0,00 F3 | Фрезерование по (-X) |
| N5030 G1 X+0,00 Y-3,50 Z+0,00 F3 | Смещение по (-Y). |
| N5040 G26 | Возврат в основную программу. |

2. Чистовое фрезерование по контуру в плоскости 1 (рис. 6б).

| | |
|----------------------------------|--|
| N160 G90 | Отсчет в абсолютных размерах |
| N170 G1 X+18Y-18,00 Z-1,00 F2 | Чистовое фрезерование в направлении (-X) |
| N180 G1 X+18,Y+18,00 Z-1,00 F2 | Чистовое фрезерование в направлении (+Y) |
| N190 G1 X-18,00Y+18,00 Z-1,00 F2 | Чистовое фрезерование в направлении (-X) |
| N200 G1 X-18,00Y-18,00 Z-1,00 F2 | Чистовое фрезерование в направлении (-Y) |

3. Обработка плоскости 2, ограниченной окружностью Ø 32мм (рис. 6в).

| | |
|--|-------------------------------|
| N210 GO X-14,00 Y+0,00Z+2,00 | Перемещение в точку врезания. |
| N220 G1 X-14,00 Y+0,00Z-2,00 F2 | Заглубление на плоскость 2 |
| N230 G3 X-14,00 Y+0,00I+0,00 J+0,00 F | Фрезерование по кругу 1. |
| N240 G1 X-10,50 Y+0,00Z-2,00 F2 | Смещение по радиусу |
| N250 G3 X-10,50 Y+0,00I+0,00 J+0,00 F2 | Фрезерование по кругу 2. |
| N260 G1 X-7,00 Y+0,00Z-2,00 F2 | Смещение по радиусу |
| N270 G3 X-7,00 Y+0,00I+0,00 J+0,00 F2 | Фрезерование по кругу 3. |
| N280 G1 X-3,50 Y+0,00Z-2,00 F2 | Смещение по радиусу |

| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| N290 G3 X-3,50 Y+0,001+0,00 J+0,00 F2 | Фрезерование по кругу 4. |
| N300 G1 X+0,00 Y+0,00Z-2,00 F2 | Смещение |

4. Обработка плоскости 3, ограниченной квадратом 18,4´18,4 (рис. 6г).

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| N310 GOX-10,00 Y+0,00 Z+0,00 | Перемещение в точку врезания. |
| N320 G1X-10,00 Y+0,00 Z-3,00 F2 | Заглубление на плоскость 3 |
| N330 G1X+0,00 Y-10,00 Z-3,00 F2 | Фрезерование по (+X, -Y) |
| N340 G1X+10,00 Y+0,00 Z-3,00 F2 | Фрезерование по (+X, +Y) |
| N350 G1X+0,00 Y+10,00 Z-3,00 F2 | Фрезерование по (-X +Y) |
| N360 G1X-10,00 Y+0,00 Z-3,00 F2 | Фрезерование по (-X, -Y) |
| N370 G1X-5,00 Y+0,00 Z-3,00 F2 | Смещение |
| N380 G1X+0,00 Y-5,00 Z-3,00 F2 | Фрезерование по (+X, -Y) |
| N390 G1X+5,00 Y+0,00 Z-3,00 F2 | Фрезерование по (+X, +Y) |
| N400 G1X+0,00 Y+5,00 Z-3,00 F2 | Фрезерование по (-X, +Y) |
| N410 G1X-5,00 Y+0,00 Z-3,00 F2 | Фрезерование по (-X,-Y) |
| N420 G1X+0,00 Y+0,00 Z-3,00 F2 | Смещение |

5. Обработка плоскости 4, ограниченной окружностью Ø 10мм (рис. 6д).

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| N430 GO X-3,00Y+0,00Z+2,00 | Перемещение в точку врезания. |
| N440 G1 X-3,00Y+0,00Z-4,00 F2 | Заглубление на плоскость 4 |
| N450 G3 X-3,00Y+0,001+0,00 J+0,00 F2 | Фрезерование по кругу |
| N460 G1 X+0,00Y+0,00Z-4,00 F2 | Смещение |
| N470 GO X+0,00Y+0,00Z+0,0 | Вывод фрезы |
| N480 M5 | Выключение шпинделя |
| N490 GO X-20,00Y-20,00Z+20,00 | Отвод фрезы |
| N500 M2 | Конец программы |

Анализ разработки УП для обработки заготовок на фрезерных станках с ЧПУ позволяет сделать выводы:

1. Для разработки управляющих программ для программирования станков с ЧПУ и обрабатываемых центров, обслуживаемых промышленными роботами и манипуляторами широко используются системы CNC.
2. Изложена методика разработки УП для изготовления деталей машин, их редактирование и запись при проектировании технологических операций на станках с ЧПУ.
3. Разработку УП для различных видов операций можно осуществлять программированием с использованием постоянных циклов и подпрограмм с упрощенным описанием контура обрабатываемой детали. При этом имеются свои особенности при разработке УП для станков фрезерной, токарной или сверлильной групп.

Литература

- [1] Хватов Б.Н., Овсенко А.Н., Тимирязев В.А. Технологическая подготовка роботизированных комплексов. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2004. 128 с.
- [2] Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочник широкого профиля -М.: Высшая школа, 2004. 464 с.
- [3] Проектирование технологии автоматизированного машиностроения / Под ред. Соломенцева Ю.М. – М.: Высшая школа, 1999. 416с.

Мендебаев Т.М. – профессор, доктор технических наук Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан.

Тимирязев В.А. – профессор, доктор технических наук Московского государственного технологического университета «Станкин», г. Москва, Россия.

Габдуллина А.З. – Ph.D., ассоциированный профессор, кандидат технических наук Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан.

Керимжанова М.Ф. – Ph.D., кандидат технических наук Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан.

e-mail: aiman.22.66@mail.ru