Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ СТАНКОВ

Методические указания к практическим работам по курсу «Оборудование электрофизических и электрохимических методов обработки» для студентов направлений
15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2024 г.

УДК 621.9.07
ББК 34.5-5

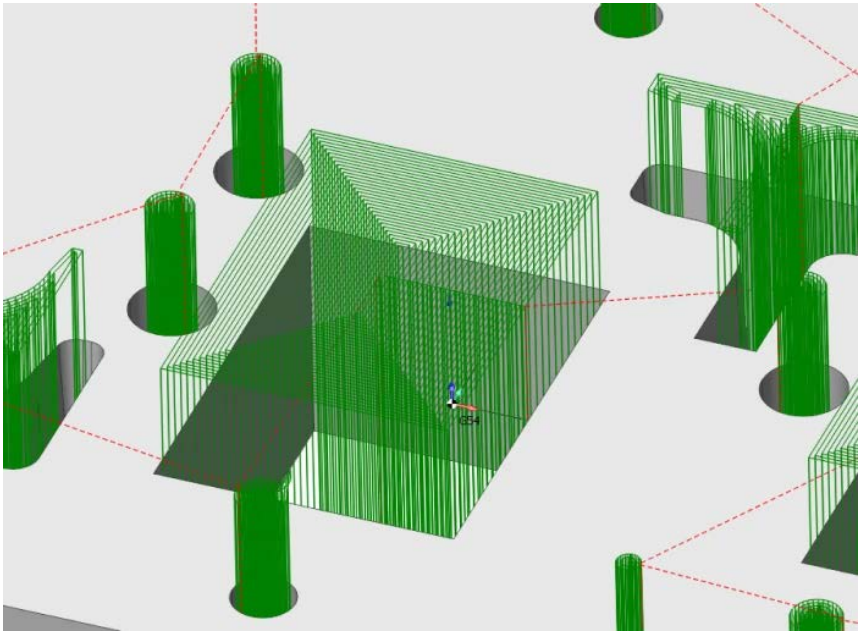
Стекольников М.В., Тихонов Д.А. Системы разработки управляющих программ для электроэрозионных станков: Методические указания к практическим работам по курсу «Оборудование электрофизических и электрохимических методов обработки» – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023. – 39 с.)

УДК 621.9.07
ББК 34.5-5

Одобрено редакционно-издательским советом
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Брошюра издается в авторской редакци

Общие сведения программирования электроэрозионного оборудования



1. Программирование электроэрозионного оборудования в машинных кодах (код ISO 7 bit)

В настоящее время производством электроэрозионного оборудования занимаются фирмы разных стран мира. Наиболее развитым рынком ЭЭ-оборудования по праву считается Япония [14]. Около

половины выпускаемых в мире электроэрозионных станков приходится на эту страну, где их изготовлением занимаются такие фирмы, как FANUC, MAKINO, MITSUBISHI, HITACHI, SEIBU, Sodic.

В Азии наращивают собственное производство фирмы Тайваня (Sure First, MAXIMART CO и др.), Индии (Electronica Machine Tools Ltd). Заводы по производству ЭЭ-станков известных фирм возникли и развиваются в Таиланде, Малайзии, Китае. В Европе наиболее известны фирмы AGIE и CHARMILLES TECHNOLOGIES – группа концерна GEORGE FISHER (Швейцария), HERBERT WALTER, INGERSOLL и ELOTHERM (Германия), ONA (Испания) [3].

Каждая фирма, выпускающая ЭЭ-оборудование, использует свое программное обеспечение для программирования обработки. Так, например, компания Electronica Machine Tools Ltd для программирования своих проволочно-вырезных электроэрозионных станков использует программное обеспечение Elcam, а компания Sodic Co. Ltd. использует программный пакет LN ASSIST. Данные программные продукты просты в освоении и позволяют оператору создать траекторию обработки и грамотно подобрать режимы резания.

Несмотря на то, что каждая фирма старается создать индивидуальный программный продукт, в его основе заложен стандартный язык программирования устройств с числовым программным управлением (ЧПУ) – ИСО 7 бит (ГОСТ 20999–83). Также этот язык программирования называется языком G- и M-кодов. Коды с адресом G, называемые подготовительными (основные), определяют настройку станка ЧПУ на определенный вид работы. Коды с адресом M называются вспомогательными и предназначены для управления режимами работы станка (табл. 5.1).

Программа, написанная с использованием G-кода, имеет жесткую структуру. Все команды управления объединяются в кадры – группы, состоящие из одной или более команд. Кадр завершается символом перевода строки (CR/LF) и имеет номер, за исключением первого кадра программы и комментариев. Первый (а в некоторых случаях ещё и последний) кадр содержит только один символ – «%». Завершается программа командой M02 или M30. Комментарии к программе размещаются в круглых скобках, как после программных кодов, так и в отдельном кадре.

Таблица 1

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ (ОСНОВНЫЕ) ФУНКЦИИ ГОСТ 20999–83	
G00	Быстрое позиционирование
G01	Линейная интерполяция
G02	Круговая интерполяция – по часовой стрелке
G03	Круговая интерполяция – против часовой стрелки
G04	Пауза
G06	Параболическая интерполяция
G08	Разгон
G09	Торможение
G17-G19	Выбор плоскости
G41	Коррекция на размер инструмента – левая
G42	Коррекция на размер инструмента – правая
G43	Коррекция на положение инструмента – положительная
G44	Коррекция на положение инструмента – отрицательная
G53	Отмена заданного смещения
G54-G59	Заданное смещение
G80	Отмена постоянного цикла
G81-G89	Постоянные циклы
G90	Абсолютный размер
G91	Размер в приращениях
G92	Установка абсолютных накопителей положения
G93	Скорость подачи в функции, обратной времени
G96	Постоянная скорость резания
G97	Обороты в минуту
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ГОСТ 20999–83	
M00	Программируемый останов
M01	Останов с подтверждением
M02	Конец программы
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки
M05	Останов шпинделя
M06	Смена инструмента
M07	Включение охлаждения №2
M08	Включение охлаждения №1
M09	Отключение охлаждения
M10	Зажим
M11	Разжим

Окончание табл . 1

M19	Останов шпинделя в заданной позиции
M30	Конец информации
M49	Отмена ручной коррекции
M59	Постоянная скорость шпинделя

Порядок команд в кадре строго не оговаривается, но традиционно предполагается, что первыми указываются подготовительные команды, (например, выбор рабочей плоскости), затем команды перемещения, затем выбора режимов обработки и технологические команды.

Подпрограммы могут быть описаны после команды M02, но до M30.

Понимание управляющей команды, записанной в машинных кодах, является необходимым условием для специалиста, работающего с ЧПУ-оборудованием. Зная язык программирования, оператор с легкостью может составить управляющую программу непосредственно на самом станке в режиме ручного программирования, а также выявить ошибки в уже написанной программе, если таковы имеются.

Рассмотрим программирование прошивки прямоугольной полости размером 15×15 и глубиной 17,5 мм в стальной заготовке [3]. Шероховатость поверхности Ra = 0,4 мкм, допуски на размер свободные. Для работы применяется медный электрод с коррекцией на сторону 0,180 мм, т.е. размером 14,64×14,64 мм. Программа может иметь следующий вид (рис. 1):

N1 G54 – устанавливается принятая в данной операции базовая система координат;

N2 G90 – принимается абсолютная система отсчета;

N3 G92 G00 X0 Y0 Z100.000 – кодом G92 и координатами X, Y, Z указываются координаты нуля программы, и по команде G00 «ускоренный ход» электрод центральной точкой устанавливается в ноль программы;

N4 G00 Z30.000 – на ускоренной подаче электрод позиционируется в точку 1 начала первого цикла обработки;

N5 G24 Z+ – кадром 5 задается команда на периодические выводы электрода из обрабатываемой плоскости (код G24 указывает направления вывода и оси), т.е. команда на так называемую релаксацию – возвратно-поступательные движения электрода; это необходимо для удаления шлама во время обработки и для ее стабилизации;

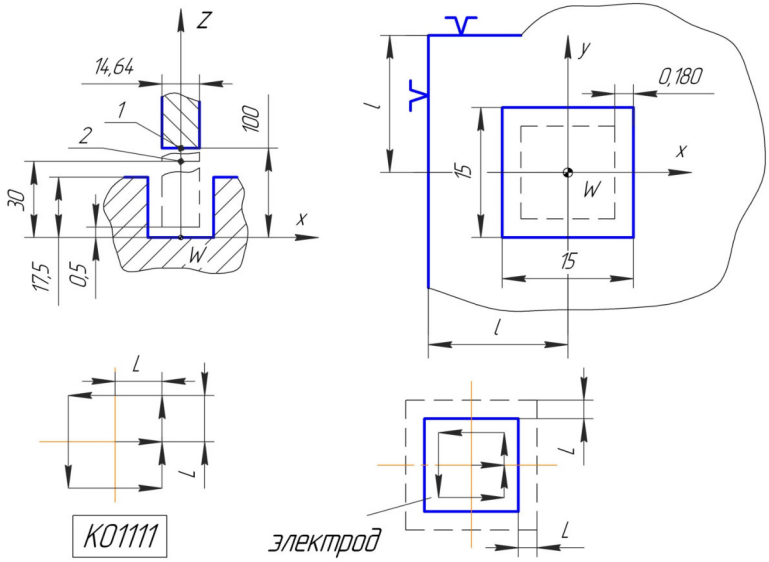


Рис. 1. Схема программирования прошивки отверстия
в стальной заготовке медным электродом

N6 C16 G01 Z17.000 – указывается код (C16) условий обработки, код берется из таблицы, где входными данными являются материалы электрода и заготовки, глубина прошивки, площадь (в плане) обрабатываемой полости, заданная шероховатость, количество электродов, задаваемая величина (в процентах) износа электрода и др.; выходные данные – режимы обработки: межэлектродный зазор, электрические параметры – напряжение, ток, характер импульсов, скорость подачи электрода; по команде G01 – рабочий ход – включается генератор и начинается процесс обработки в соответствии с режимами, определенными кодом C16; по команде кадра N6 будет прошита полость до $Z = 0{,}5$ мм (глубиной 17 мм); начальный период операции контролируется рабочим-оператором на стабильность процесса;

N7 C17 G01 Z0.250 – вводится новый режим кодом C17, осуществляется прошивка полости до высоты $Z = 0{,}250$ мм, т.е. оставляется припуск по высоте, равный 0,250 мм;

N8 C14 G01 Z0.12 – обработка до припуска по высоте 0,050 мм на режиме C12, более мягком, чем C17;

N9 C12 G01 Z0.050 – обработка до припуска по высоте 0,050 мм на режиме C12, более мягком, чем C14;

N10 C10 G01 Z0.020 – завершение обработки полости по высоте (в размер сечения электрода) на режиме C10, который определил примерный МЭЗ на последней обработке как 20 мкм; отсюда указание в УП на позиционирование электрода в точку по оси $Z = 0{,}020$ мм;

N11 C23 G01 K01111 L100 Z0.150 – кадром N11 вводится код C23, определяющий первые режимы орбитальной обработки, которая необходима для образования контура квадрата в заданный размер 15×15 мм; кодом G01 вводится в действие орбитальное движение электрода по схеме (подпрограмме), определенной кодом K01111; по адресу L в кадре задается величина смещения центра электрода при обработке *подпрограммы*, в данном примере 100 мкм (0,1 мм); обработка подпрограммы на режиме C23 ведется с расположением электрода по оси $Z = 0{,}150$ мм (на некотором расстоянии от обработанного дна);

N12 C24 G01 K01111 L130 Z0.100 – кадром N12 введен более мягкий режим (код C24), больший ход при обработке подпрограммы ($L = 130$ мкм) и меньшая высота по оси Z (равная 0,100 мм);

N13 C25 G01 K01111 L130 Z0.050 – завершение обработки на мягком режиме, определенном в условиях обработки кодом C25, подпрограмма K01111 отработана с ходом в 150 мкм ($L = 150$) на высоте по оси $Z = 0{,}050$ мм; полость обработана в размер квадрата 15 мм, этот размер (условно) может быть представлен: размер электрода 14,64 мм плюс ходы подпрограммы в кадре 13 (2×150 мкм) плюс вероятный МЭЗ (2×30 мкм), т.е. 14,640 + 0,300 + 0,060;

N14 L0 – отмена подпрограммы;

N15 G00 Z100.000 – возврат электрода на ускоренном ходу в исходную точку;

N16 M02 – конец программы.

2. Программирование проволочно-вырезных электроэрозионных станков

Программирование станков может осуществляться двумя способами:

– разработка управляющей программы непосредственно на самом станке в режиме ручного программирования MDI;

– разработка управляющей программы при помощи специальной системы проектирования на удаленном компьютере с ее дальнейшей загрузкой в буферную память станка.

2.1. Программирование проволочно-вырезных электроэрозионных станков в MDI-режиме

Рассмотрим ручное программирование проволочно-вырезных электроэрозионных станков на примере станков фирмы Electronica Machine Tools Ltd.

Программирование в MDI-режиме происходит путем задания начальных и конечных координат перемещения электрода в отдельно взятом кадре. При обходе кругового контура помимо координат *X* и *Y* необходимо указать координаты центра окружности *I*, *J* (параметры интерполяции). Режим интерполяции обозначается буквами: *C* – круговая интерполяция и *L* – линейная интерполяция. При круговой интерполяции, помимо задания координат перемещения и центра окружности, необходимо указать направление обхода. Направление круговой интерполяции задается командами С – обход по часовой стрелке и СС – обход против часовой стрелки.

Таким образом, при программировании электроэрозионного станка фирмы Electronica в MDI-режиме необходимость в использовании какого-либо специального кода отсутствует. Оператору необходимо лишь ввести координаты *X*-*Y* в инкрементном режиме вместе с типом интерполяции.

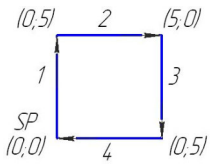


Рис. 2. Программирование прямолинейного контура

На рис. 5.2 показан пример программирования прямолинейного контура в MDI-режиме.

Создание Блока №1 представлено в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2

№	Нажать	На экране	Ввести
1	Клавиша Prog	Внизу экрана высвечивается BN. Номер блока указывает 000	01 на числовой клавиатуре
2	Клавиша Next	Внизу экрана высвечивается XE (конечная точка в направлении X)	000.000

Окончание табл. 5.2

3	Клавиша Next	Внизу экрана высвечивается YE (конечная точка в направлении Y)	005.000
4	Клавиша Next	Внизу экрана высвечивается M. Появляется сообщение L	Выберите `L, т.е. линейный режим
5	Клавиша Next	Внизу экрана высвечивается BN	02

Рис. 3. Создание блока №1

Блок №2 (рис. 4).

Вводится в продолжение. Процедура та же, что выше.

XE: 005.000

YE: 000.000

M: L

BN: 03

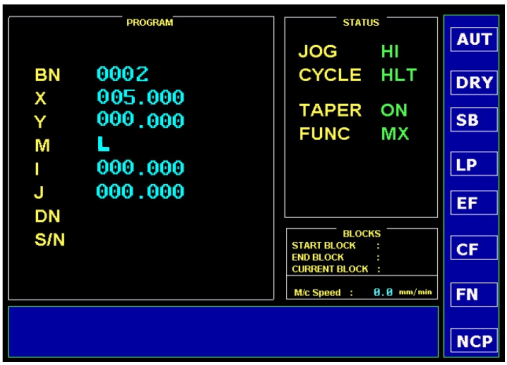


Рис. 4. Создание блока №2

Блок №3 (рис. 5)
XE: 000.000
YE: –005.00
M: L
BN: 04

Рис. 5. Создание блока №3

Блок №4 (рис. 6)
XE: –005.00
YE: 000.00
M: L
BN: 04

Рис. 6. Создание блока №4

Для завершения программы необходимо нажать клавишу «NEXT».

После создания управляющей программы ее необходимо сохранить в буферную память станка, после этого можно приступать к обработке.

2.2. Программирование проволочно-вырезных электроэрозионных станков при помощи системы проектирования Elcam

Elcam – это система программного обеспечения CAD/CAM, которая используется для создания управляющих программ для проволочно-вырезного электроэрозионного оборудования с ЧПУ. Данная система используется совместно со станками фирмы Electronica Machine Tools Ltd.

Система программного обеспечения Elcam позволяет спроектировать и отредактировать профиль обрабатываемой детали, по которому необходимо провести обработку на станке, и создать соответствующую данному профилю управляющую программу.

Система проектирования Elcam (рис. 7) по своей структуре и принципу работы напоминает систему проектирования AutoCad. Профиль обрабатываемой детали создается при помощи таких элементов, как точки, линии, отрезки, окружности и дуги. Созданный графический объект можно отредактировать с помощью команд, которые встречаются в любой системе проектирования, таких как Trim, Fillet, Extend и т.д.

Система Elcam позволяет распознавать чертежи, сохраненные в формате файлов dxf, что дает возможность создавать профиль детали при помощи любого графического редактора.

Пример спроектированного профиля обрабатываемой детали в системе Elcam представлен на рис. 8.

Создание профиля детали «скоба» состоит из следующих этапов:

1. С использованием функции создания окружности по заданным значениям центра и радиуса (center point, radius) в меню Draw создается окружность C1 с центром в точке (0, 0) и радиусом 50 мм.

2. Аналогично этапу 1 создается окружность C2 с центром в точке (0,0) и радиусом 71 мм.

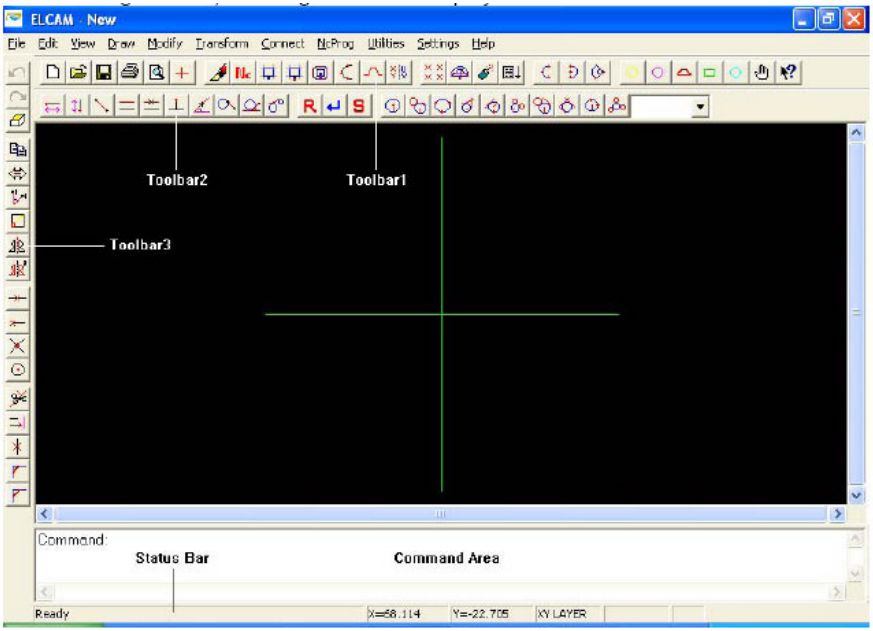


Рис. 7. Вид рабочего окна системы проектирования Elcam

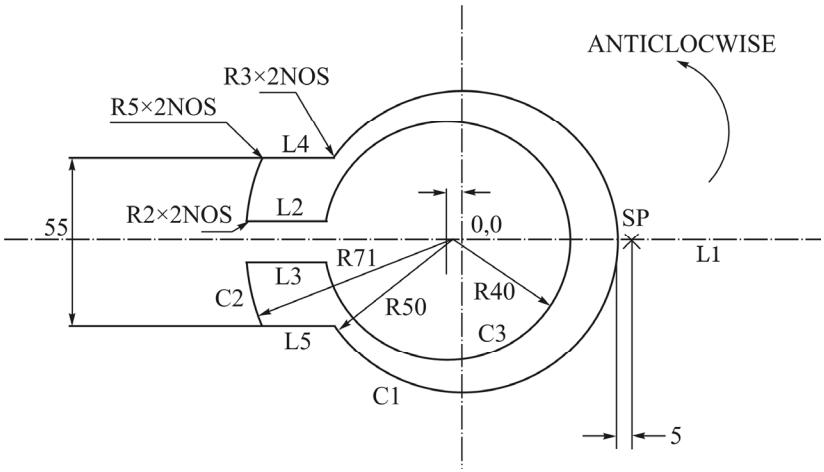


Рис. 8. Профиль детали «скоба», выполненный в системе проектирования Elcam (обработка против часовой стрелки)

3. Аналогично этапу 1 и этапу 2 создается окружность C3 с центром в точке (–5, 0) и радиусом 40 мм.

4. С использованием функции создания линии по заданной координате и углу (through point and angle) в меню Draw, создается линия L1, проходящая через точку (0,0) под углом 0º.

5. Аналогично этапу 5 создаются линии L2 и L3, расположенные параллельно линии L1 и на расстоянии от нее на 7 мм с обеих сторон.

6. Аналогично этапу 5 создаются линии L4, L5 с коррекцией 27,5 мм по обеим сторонам по отношению к линии L1.

На рис. 9 представлено графическое отображение этапов создания профиля с 1 по 6.

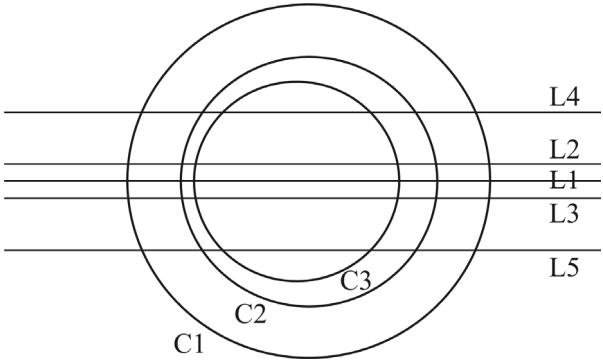


Рис. 9. Графическое отображение этапов создания профиля с 1 по 6

7. Пользуясь командой Trim, в меню Modify, необходимо удалить лишние элементы с целью получения соответствующего графического изображения профиля.

8. Пользуясь командой Fillet, в меню Modify, необходимо вставить закругление с радиусом 3 мм между прямой L4 и окружностью C1, а также прямой L5 и окружностью C1.

9. Аналогично этапу 8 необходимо вставить закругление с радиусом 5 мм между окружностью C2 и прямой L4, а также окружностью C2 и прямой 8.

10. По аналогии с этапами 8 и 9 необходимо вставить закругление между C2 и L2, C2 и L3 с радиусом 2 мм.

Графическое отображение этапов с 7 по 10 представлено на рис. 10.

Для дальнейшего создания траектории движения электрода инструмента необходимо к графическому отображению профиля заготовки добавить прямолинейный участок, по которому будет происходить врезание электрода в деталь. Для этого требуется выполнить разрыв окружности C1 в точке пересечения C1 с L1 (функция Blow в меню Modify). Далее следует провести отрезок от точки с координатами (55; 0) до точки пересечения C1 и L1 (рис. 5.11).

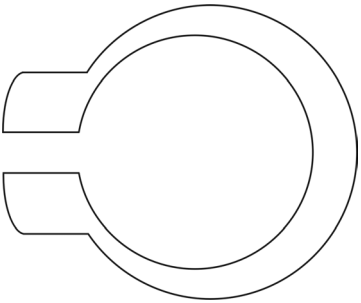


Рис. 10. Графическое отображение этапов создания профиля с 7 по 10

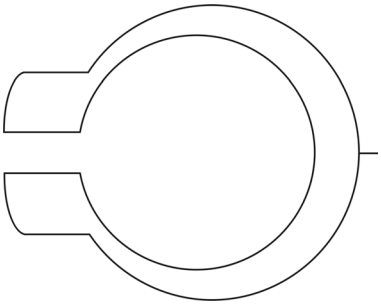


Рис. 11. Профиль детали, подготовленный для создания траектории движения

После проектирования профиля детали необходимо преобразовать его в траекторию движения электрода инструмента.

При создании траектории движения необходимо учитывать три основных момента:

1. Расположение начальной точки (start point – SP, см. рис. 7) траектории.

Стартовая точка должна быть установлена таким образом, чтобы электрод-инструмент мог легко базироваться относительно нее. Также начальную точку необходимо устанавливать не на профиле детали, который необходимо будет вырезать, а на некотором расстоянии от него. На рис. 11 стартовая точка смещена от обрабатываемого профиля детали на 5 мм и имеет координату (55; 0). Как правило, это делается для того, чтобы электрод смог врезаться в деталь и на установленном режиме начать обработку.

2. Расположение конечной точки траектории (end point).

Неправильное расположение конечной точки траектории может повлиять на возникновение подреза основного контура электродом инструментом при его выходе из зоны резания.

3. Определение коррекции на проволоку (OFFSET).

Коррекция на проволоку считается равной 0,5 × диаметр проволоки + перерез. Коррекция на проволоку может быть положительной (влево – G41) или отрицательной (вправо – G42) в зависимости от направления движения и от того, находится ли проволока внутри или снаружи профиля (рис. 5.12).

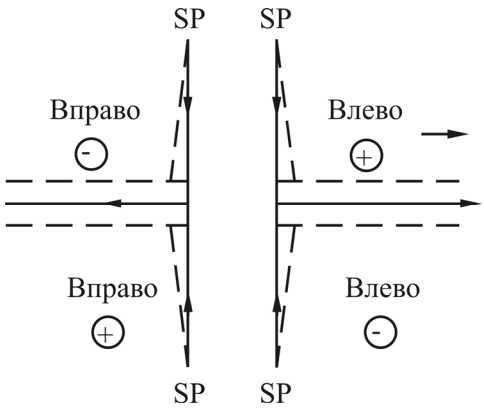


Рис. 12. Коррекция на проволоку

Для получения точного значения перереза на опытном образце необходимо выполнить пробный рез на тех же режимах, на которых будет осуществляться чистовая обработка.

Траектория обработки создается при помощи функции создания траектории (Path) в меню Connect. Данная функция позволяет распознать спроектированный профиль заготовки и преобразовать его в траекторию движения для электрода-инструмента.

По заданной траектории движения электрода инструмента система проектирования Elcam создает управляющую программу (УП) для проволочно-вырезного электроэрозионного станка.

Создание управляющей программы происходит при помощи диалогового окна (рис. 13).

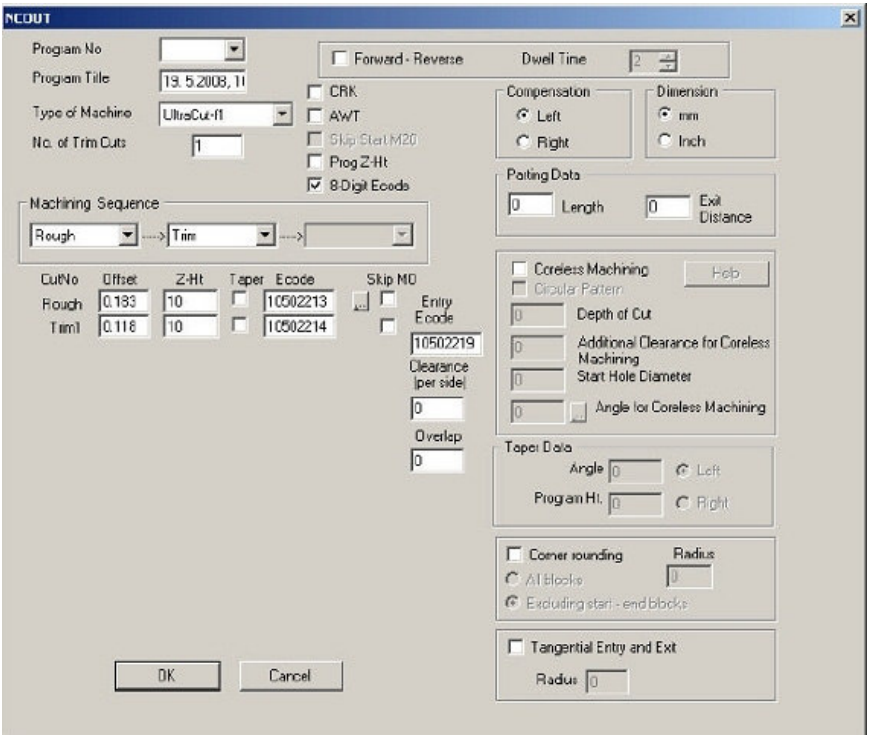


Рис. 13. Диалоговое окно

В диалоговом окне отображаются такие данные, как: номер программы (program number); название программы (program Title); величина коррекции (offset); направление коррекции (compensation direction), ввод Е-кодов (Entry E code) и др.

Е-код содержит в себе данные по оптимальным режимам резания исходя из заданных условий (материал заготовки, материал электрода, толщина заготовки и т.д.). Для каждого заданного условия обработки система проектирования Elcam подбирает номер Е-кода (рис. 14).

После ввода необходимых данных управляющая программа сохраняется на внешний носитель и может быть загружена в станок.

Для редактирования созданных управляющих программ в системе Elcam имеется вспомогательный режим WEdit (рис. 15).

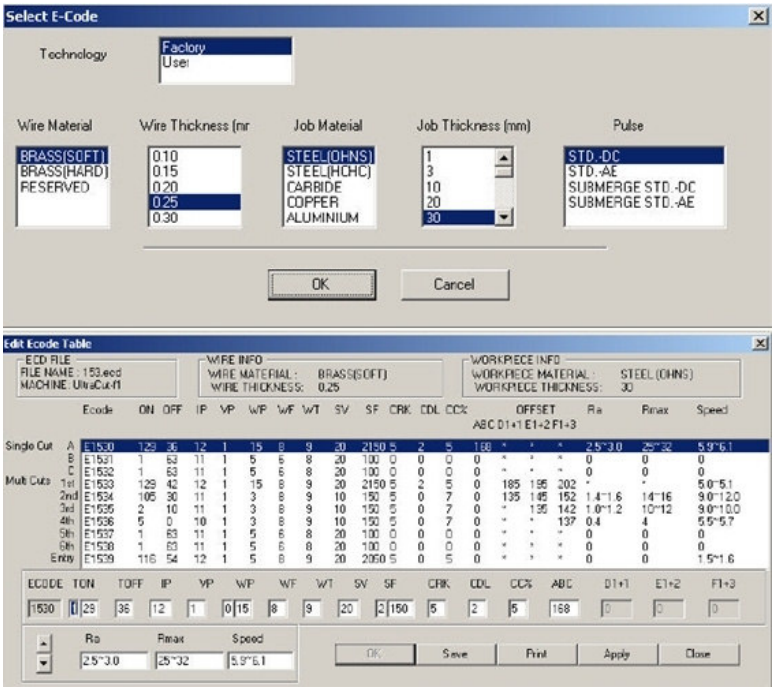


Рис. 14. Выбор Е-кодов

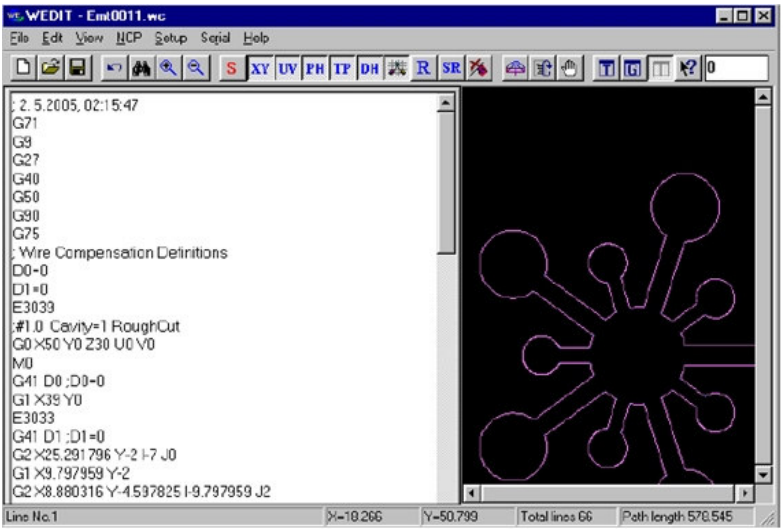


Рис. 15. Режим редактирования WEdit

Режим WEdit может быть использован для создания, загрузки, редактирования УП, а также для ее графического отображения перед тем, как будет выполнена обработка на станке с ЧПУ.

5.2.3. Программирование проволочно-вырезных электроэрозионных станков при помощи системы проектирования «Техтран»

Система предназначена для автоматизированной подготовки управляющих программ ЭЭ проволочной вырезки деталей с переменной и постоянной конусностью на многокоординатных электроэрозионных станках с ЧПУ [3].

Система «Техтран» обеспечивает решение следующих задач:

– программирование обработки деталей с вертикальной или наклонной боковой поверхностью;

– расчет перемещений проволоки по номинальному профилю или по эквидистантой траектории;

– контроль допустимого угла наклона проволоки;

– формирование траектории выборки сплошного материала в закрытых зонах.

Предусмотрена обработка деталей, имеющих боковые поверхности с конусностью следующих видов (рис. 16): нулевой, постоянной, переменной.

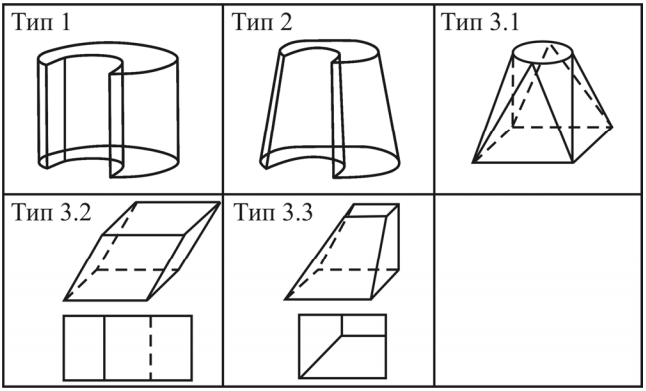


Рис. 16. Виды поверхностей, обработку которых можно описать в САП «Техтран»

Поверхности с нулевой конусностью (тип 1) обрабатываются без наклона проволоки, верхний и нижний контуры у них идентичны.

Поверхности с постоянной конусностью (тип 2) обрабатываются при постоянном наклоне проволоки, верхний и нижний контуры у них подобны.

Поверхности с переменной конусностью (тип 3) имеют несколько разновидностей:

– с различными верхним и нижним контурами и неопределенной конусностью (тип 3.1);

– верхний контур образован переносом и поворотом нижнего контура (тип 3.2);

– с различными верхним и нижним контурами и с известной конусностью (тип 3.3).

В САП предусмотрены различные методы программирования траектории движения проволоки для формирования объемной электроэрозионной обработки.

Средства контроля выполнения дают возможность просматривать значения переменных, использовать графическое окно для визуального контроля объектов программ и просматривать диагностическую информацию, сформированную в ходе выполнения программы.

В «Техтран», как при работах в любых других САП, генерация УП в машинных кодах для конкретного станка осуществляется на основе разработанного контура и схем движения после указания необходимого постпроцессора [3].

2.4. Программирование проволочно-вырезных электроэрозионных станков при помощи системы проектирования Mastercam Wire

Система подготовки УП для оборудования с ЧПУ Mastercam Wire является одной из наиболее распространенных CAM систем, которая используется для повседневной работы большинство программистов ЧПУ по всему миру. Mastercam Wire включает в себя полный спектр возможностей для проектирования электроэрозионной проволочной обработки с использованием новейших стратегий

и траекторий. Наличие библиотек технологий резки TECH позволяют программе быстро и просто выбрать правильные режимы в зависимости от потребностей конкретной обработки. Современные электроэрозионные станки фирм Mitsubishi или Makino поставляются вместе с системой проектирования Mastercam Wire, в которую автоматически загружаются библиотеки TECH, позволяющие управлять настройками мощности для этих станков.

В общем случае система Mastercam Wire позволяет:

– создавать профиль детали как в двухмерном, так и в трехмерном режиме проектирования;

– изменять технологические параметры в различных точках контура;

– осуществлять полный контроль всех аспектов подвода и отвода инструмента;

– анализировать и значительным образом снижать размеры программы благодаря использованию фильтра траектории.

В упрощенном виде процесс создания управляющей программы состоит из следующих этапов:

1. Проектирование профиля обработки (рис. 17).

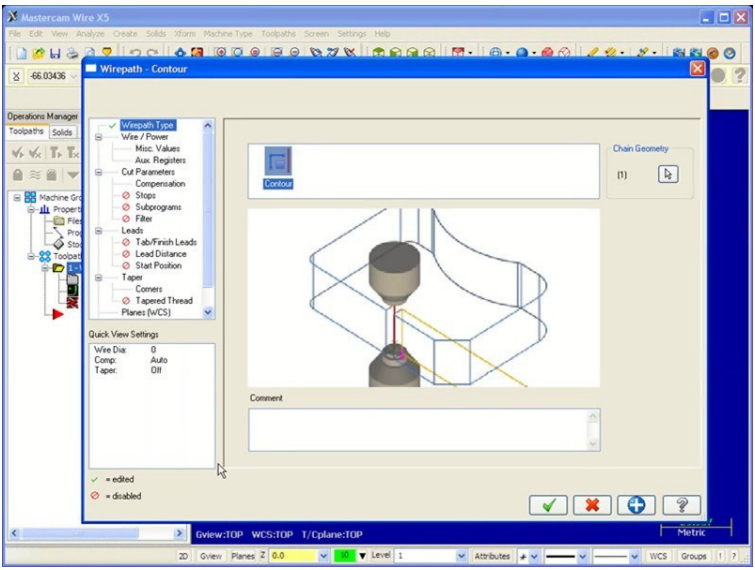


Рис. 17. Проектирование профиля обработки

2. Переход в меню назначения режимов обработки (рис. 5.18).

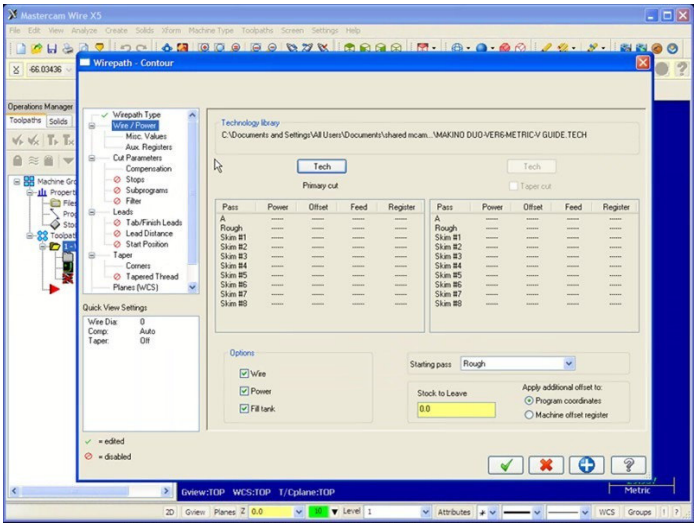


Рис. 18. Меню назначения режимов обработки

3. С использованием библиотеки технологий резки TECH (указанием размера и материала электрода, а также материала и толщины заготовки) выбирается режим обработки (рис. 19).

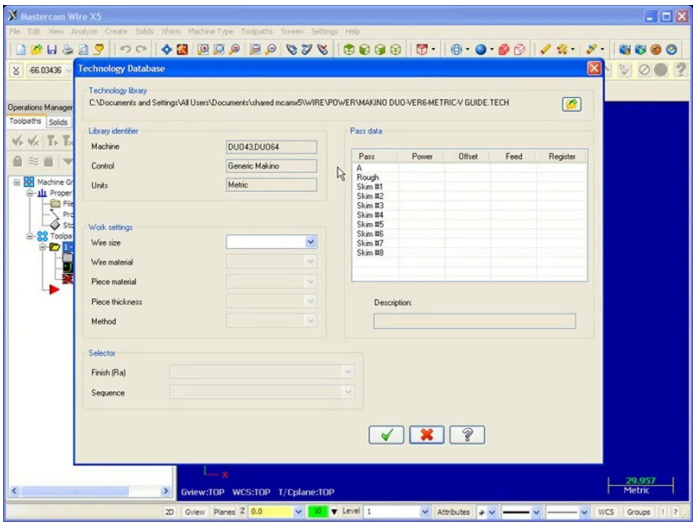


Рис. 19. Меню библиотеки технологий резки TECH

4. Сохранение созданной управляющей программы на электронный носитель информации и ее дальнейшая загрузка в проволочно-вырезной электроэрозионный станок.

Система Mastercam Wire позволяет осуществлять проектирование обработки, исходя из возможностей конкретного станка, автоматически выполняя требуемые настройки там, где это возможно.

5.2.5. Программирование проволочно-вырезных электроэрозионных станков при помощи системы проектирования 3D-LQ

Данная система в разных модификациях (LQ1W, LQ33W, LQ55W и др.) применяется на проволочно-вырезных ЭЭ станках фирмы Sodick Co. Ltd., Япония. Программирование осуществляется на основе электронных 3D-моделей, поскольку управляющая система станка (КЧПУ-генератор) основана на базе мощного компьютера с соответствующим программным обеспечением. В частности, система имеет полный установленный комплект программ, включая систему 3D CAD/CAM Q^3 vie (Esprit + Solid Works), пакет автоматизированного программирования обработки Sodick «Heart NC» с автотехнологом, программу «Super BS» – программу безэлектролизного скоростного резания, программы высокоточного разновысотного резания и обработки широкоугольных конусов, систему быстрого резания, систему прогностического интеллектуального управления, программу прецизионного контактного позиционирования, а также систему зеркального выхаживания [3].

В общем случае управляющая станком система позволяет:

– совершать контурное автопрограммирование;

– автоматический рассчитывать режимы обработки;

– назначать режимы обработки и МЭЗ (офсетов) для материалов: сталь, медь, твердые сплавы, алюминий, графит, относительно заданных параметрах проволоки;

– назначать режимы для сложнообрабатываемых металлов (например, титан, никель, молибден), а также для токопроводящих материалов, включая композиты, например COMPAX;

– просто и эффективно подключать в работу весь комплекс технологических программ и систем.

Задающим элементом у таких станков является 3D-модель обрабатываемой детали. Такая модель может быть подготовлена в CAD-системе, встроенной в УЧПУ (рис. 20), или в любой другой CAD-системе (совместимой с dxf) вне УЧПУ, записанной на электронный программоноситель.

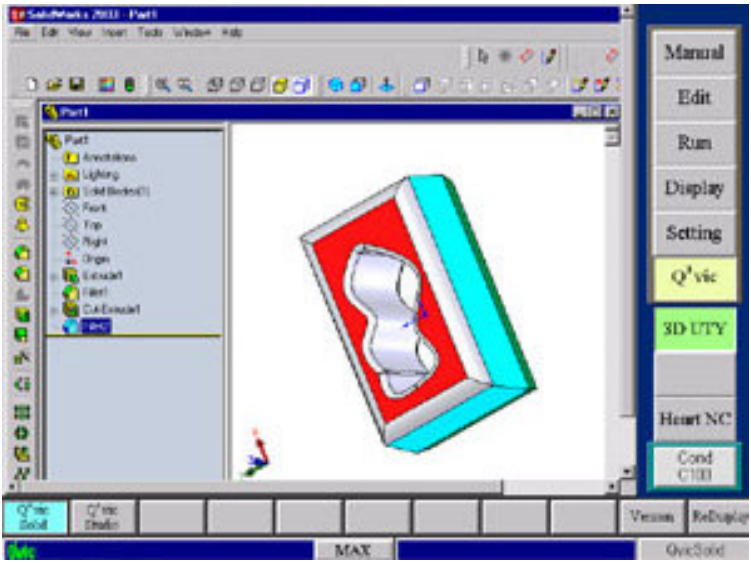


Рис. 20. Схема графического проектирования

Программирование обработки на указанных станках сводится к вводу в УЧПУ (в режиме диалога) исходных данных: материала заготовки, диаметра и материала проволоки, стартовой точки, схемы закрепления, требуемой шероховатости (или числа проходов), пожелания оператора по схемам проведения и завершения операции. В частности, можно указать УЧПУ на использование системы автоматической ориентации элементов станка на произвольно установленную заготовку, на уточнение системы координат заданной 3D-модели, на приоритеты при работе (производительность или точность) и др.

Система автопрограммирования УЧПУ определяет работу станка, показывает на возможные трудности (если такие есть) в осуществлении программы, требует указаний оператора.

Как правило, разработанная программа визуализируется на экране монитора УЧПУ, проверяется, корректируется (если необходимо) и записывается в память ПК УЧПУ. После подготовки к работе (установка и закрепление заготовки, заправка проволоки, заполнение бака водой и т.п.) станок включается на работу по УП, отрабатывает программу, показывает при этом ряд текущих данных, включая режимы, положение точки реза, время работы и т.п.

После изготовления деталь контролируется электронным измерительным устройством, например контрольно-измерительной машиной. Результаты контроля могут быть обработаны специальной программой (например, программой Power INSPECT в модуле Power Solution) и сравнены с параметрами исходной 3D-модели. Выявленные отклонения должны быть использованы для корректировки исходной программы [3].

3. Программирование копировально-прошивных электроэрозионных станков

Программирование копировально-прошивных электроэрозионных станков зависит от схемы обработки, вида электрода-инструмента, геометрии обрабатываемой детали, технико-технологических возможностей применяемого станка и системы управления [3].

3.1. Программирование копировально-прошивных электроэрозионных станков при помощи системы управления GURU

GURU позволяет создать управляющую программу для системы ЧПУ. Данная система используется совместно со станками фирмы Electronica Machine Tools Ltd.

При помощи системы проектирования GURU можно разрабатывать управляющую программу как на самом станке, так и на персональном компьютере (автономная версия GURU offline).

Данная система программирования дает возможность спроектировать и отредактировать траекторию обработки, и в дальнейшем создать по ней управляющую программу.

Общий вид диалогового окна системы GURU представлен на рис. 5.21.

Рис. 21. Общий вид диалогового окна GURU

Условно методика создания управляющей программы имеет следующий вид:

1. При помощи функции Machining (рис. 22) оператор задает траектории быстрых и рабочих перемещений электрода, может назначить Е-код, а также указать точку возврата электрода в межэлектродный зазор (GAP SHORT POINT).

Рис. 22. Отображение функции Machining

К командам, отвечающим за перемещения электрода, относятся:

– MOVE TO: Использование этой команды приравнено к команде быстрого перемещения, т.е. коду G0; используется для перемещения в заданную точку в режиме быстрых перемещений.

– LINE TO: Данная команда представляет собой команду рабочего линейного перемещения до заданной точки в режиме обработки, т.е. код G1.

– ARC CW и ARC CCW: Данные команды – это команды обработки по окружности (по часовой стрелке и против часовой стрелки), т.е. коды G2 и G3.

– ORBITAL CYCLE: Обработка по заданному циклу (круговому G82, цикл обработки многоугольника G84 и т.д.).

Система программирования GURU позволяет программировать любой профиль обработки с помощью команд обработки по заданному циклу. Оператору необходимо лишь ввести параметры, необходимые для задания цикла, – начальные и конечные точки радиусов, количество шагов для прохождения от начальной точки радиуса до конечной и т.д.

На рис. 23. представлен пример кругового цикла G81.

В процессе работы электрод выполняет круговой цикл с параметрами, заданными в качестве абсолютных координат.

Синтаксис команды имеет следующий вид: G81 X. Y. Z. P. Q. L. U. V. W. T. Параметры X, Y и Z задают начальные координаты цикла вдоль соответствующей оси. Параметры P и Q задают первоначальный и конечный радиусы дуги, а параметр L – количество шагов, чтобы выполнить обработку по радиусу.

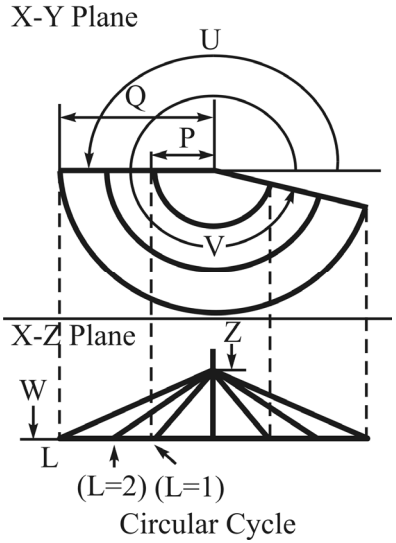


Рис. 23. Круговой цикл

Обработка выполняется из точки Z до W, конечной точки. Таким же образом U и V задают стартовый и конечный угол вектора. T определяет время задержки в секундах и переписывает текущее значение G48, если таковое задано.

Данный цикл может быть использован для раскрытия отверстий цилиндрическим электродом.

На рис. 24 представлен пример сферического цикла G80.

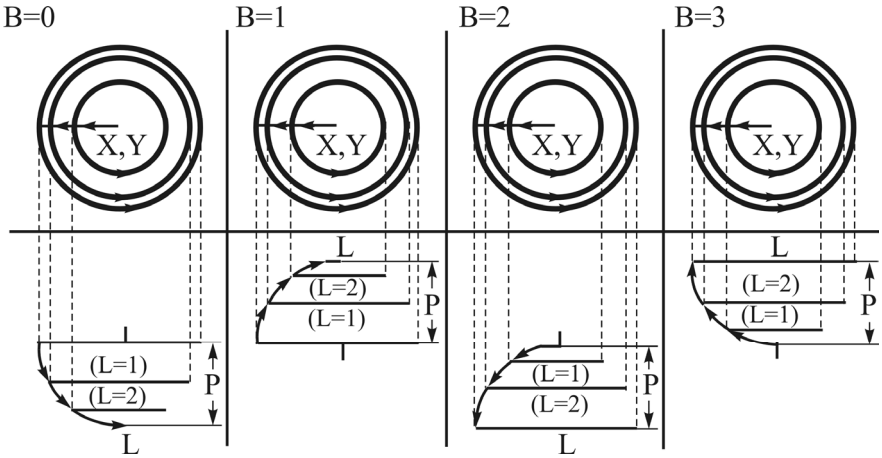


Рис. 24. Сферический цикл

В процессе работы электрод выполняет сферический цикл с параметрами, заданными в качестве абсолютных координат.

Синтаксис команды имеет следующий вид: G80 X. Y. Z. P. L. B.

Параметры X, Y и Z задают начало координат цикла вместе с соответствующими осями. Конец координат для сферы определяется параметром W. Параметр P задает радиус сферы. L задает количество радиусов сферы. Параметр B используется для выбора режима. Можно выбрать различные режимы:

- B = 0. Искрение выполняется от верхнего радиуса до нижнего радиуса в направлении перемещения вниз. Этот режим используется для обработки форм.
- B = 1. Искрение выполняется от верхнего радиуса до нижнего радиуса в направлении перемещения вверх. Этот режим используется для обработки форм.

• B = 2. Искрение выполняется от нижнего радиуса до верхнего радиуса в направлении перемещения вверх. Этот режим используется для обработки штампов.

• B = 3. Искрение выполняется от нижнего радиуса до верхнего радиуса в направлении перемещения вверх. Этот режим используется для обработки штампов.

Сферический цикл используется для чистовой обработки поверхности с канавками.

На рис. 25. представлен пример векторного цикла G87.

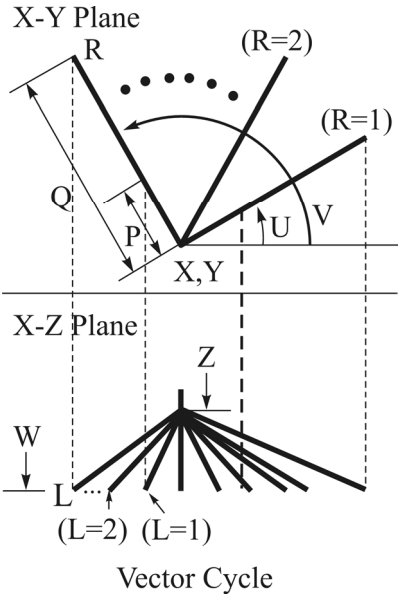


Рис. 25. Сферический цикл

В процессе работы электрод выполняет векторный цикл с параметрами, заданными в качестве абсолютных координатах.

Синтаксис команды имеет следующий вид: G87 X. Y. Z. P. Q. L. U. V. R. W. T.

Параметры X, Y и Z задают начальные координаты цикла вдоль соответствующей оси. Конечные координаты конуса задаются параметром W. Параметры P и Q задают первоначальный и конечный радиусы вектора. Параметр L задает количество шагов для того, чтобы построить траекторию обработки по всему радиусу. Таким же образом U и V задают начальный и конечный углы вектора. Параметр R задает количество шагов для выполнения перемещения по углу. T определяет время задержки при перемещении по окружности в секундах и переписывает текущее значение G48, если таковое задано.

Этот цикл используется, когда требуется компенсация точности во время обработки.

На рис. 26 представлен пример полигонного (цикл обработки многоугольника) цикла G84.

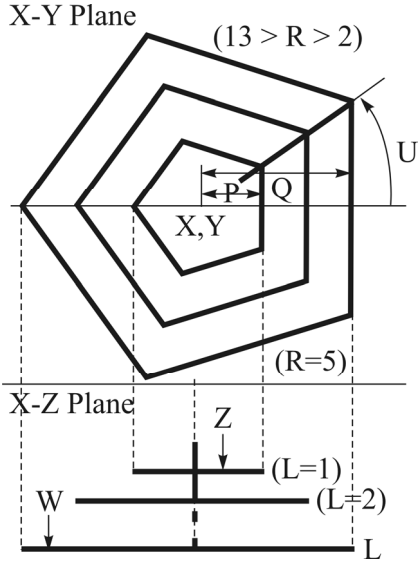


Рис. 26. Полигонный цикл

В процессе работы электрод выполняет цикл обработки полигональной поверхности с параметрами, заданными в качестве абсолютных координат.

Синтаксис команды имеет следующий вид: G84 X. Y. Z. P. Q. L. U. R. W. T.

Параметры X, Y и Z задают начальные координаты цикла вдоль соответствующей оси. Конечные координаты конуса задаются параметром W. Параметры P и Q задают первоначальные и конечный радиусы окружности. Параметр L задает количество шагов для того, чтобы построить траекторию обработки по всей многоугольной форме заготовки. U задает начальный угол многоугольника. Параметр R задает количество сторон многоугольника. Общее количество сторон многоугольника может быть от 3 до 12. T определяет время задержки при перемещении по окружности в секундах и переписывает текущее значение G48, если таковое задано.

Этот цикл используется для обработки полигональных заготовок.

Одним из вспомогательных модулей системы «GURU» является модуль XPERT (рис. 27).

XPERT – модуль, с помощью которого пользователь может создать программу для позиционирования различных частей пазов, например для позиционирования одного паза, нескольких пазов, выполнить обработку отверстий, равномерно расположенных по окружности и др., причем часть обрабатывающей программы для всех пазов остается неизменной.

Рис. 27. Вспомогательный модуль XPERT

На рис. 28 отображен пример создания одной канавки (Single Cavity).

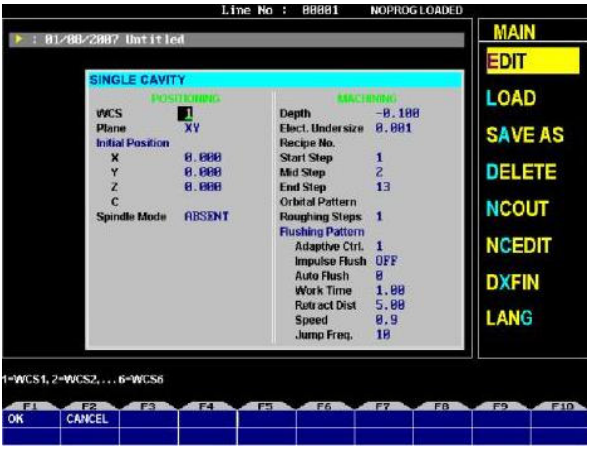


Рис. 28. Создание одной канавки в модуле XPERT

Для создания одной канавки необходимо выбрать рабочую систему координат (WCS) и указать главную плоскость, в которой будет выполняться обработка (Plane); далее, задав первоначальные координаты (initial position), приступить к формированию траектории обработки (Machining).

Еще одним вспомогательным модулем в системе GURU является модуль RECIPE (рис. 29).

Рис. 29. Вспомогательный модуль RECIPE

RECIPE – это инструмент, который помогает подобрать режим обработки исходя из условий обработки.

К условиям обработки относятся: материал электрода, материал заготовки, глубина обработки и т.д. После ввода этих данных GURU выдаст группу из 15 этапов, которые называются RECIPE.

С помощью RECIPE оператор может грамотно подобрать Е-код, который обеспечит нужную производительность процесса при определенном коэффициенте износа электрода инструмента.

После того как оператор составит управляющую программу, задав траекторию перемещения электрода и подобрав режимы обработки, ему необходимо вывести эту программу в буферную память станка. Для этих целей оператору необходимо воспользоваться командой NCOUT (рис. 30).

Рис. 30. Сохранение управляющей программы в буферную память станка

После сохранения управляющей программы в буферную память станок готов к работе.

3.2. Программирование копировально-прошивных электроэрозионных станков при помощи системы управления NEURO-Fuzzy

Программирование обработки при использовании копировально-прошивных станков с этими УЧПУ ведется без использования машинных кодов, поскольку интеллектуальный уровень систем таков,

что они сами решают все задачи разработки УП и управления оборудованием [3]. Характер работы на ЭЭ станках с NEURO-Fuzzy УЧПУ значительно отличается от работы на станках, программы для которых составляются в машинных кодах (рис. 31).

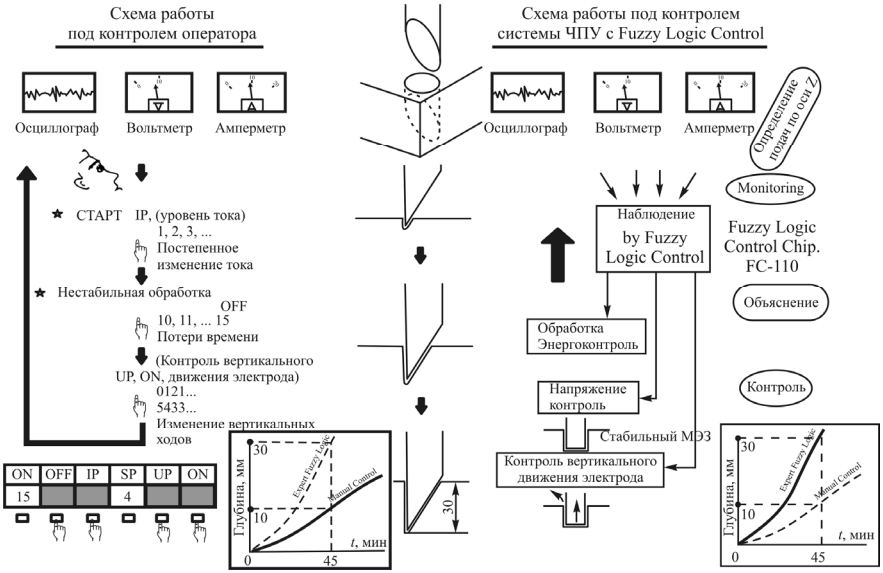


Рис. 31. Блок-схемы работы ЭЭ копировально-прошивных станков с разными методами программирования

Программирование станков с NEURO-Fuzzy УЧПУ заключается в указании системе исходных данных в диалоговом режиме.

К исходным данным относятся:

– глубина прошивки, мм;

– материалы электрода и заготовки;

– площадь (в плане) обрабатываемой полости, мм^2;

– занижение электрода, мкм;

– орбитальная подпрограмма;

– заданная шероховатость;

– минимальный угол.

Системе также можно задать приоритет в обработке: максимальную производительность или минимальный износ электрода.

При необходимости системе задается схема ориентации электрода относительно заготовки, например, положением центра координат обрабатываемой полости относительно боковых поверхностей заготовки или другое (рис. 32).

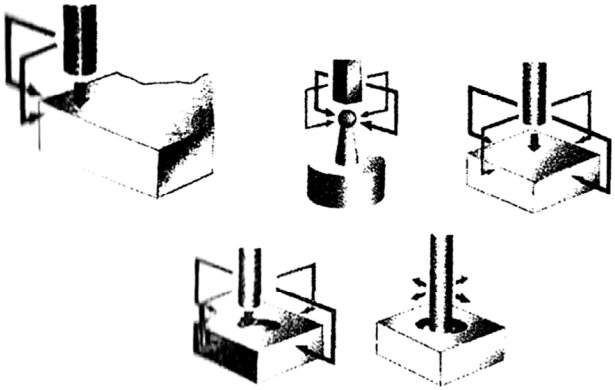


Рис. 32. Схемы, задаваемые для автоматической ориентации электрода относительно заготовки

Далее работа на станке ведется полностью в автоматическом режиме: электрод устанавливается в исходную точку, вырабатываются все необходимые режимы обработки, которые непрерывно корректируются после начала обработки до ее окончания, при этом система выдерживает стабильный МЭЗ, заданную осцилляцию и т.д. После исполнения заданных размеров и получения заданной шероховатости система ЧПУ отключает станок, завершив обработку.

NEURO-Fuzzy УЧПУ позволяет проводить программирование обработки и по другим схемам, в том числе с использованием электронной модели обрабатываемого изделия, в ручном режиме с применением различных подпрограмм и др. [3].

3.3. Программирование копировально-прошивных электроэрозионных станков при помощи программы LN ASSIST

Программа используется у копировально-прошивных ЭЭ станков фирмы Sodick Co. Ltd. (Япония) [3].

Программа LN ASSIST может быть применена для подготовки УП для ЭЭ станков как дополнительная к общему программному обеспечению компьютерных ЧПУ. Ее основу составляют типовые стандартные схемы обработки, которые представлены группами: горизонтальной обработки, трехмерные, специальные (рис. 33).

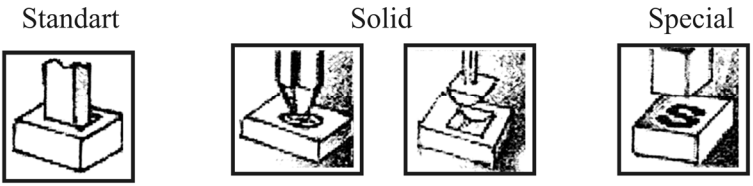


Рис. 33. Типовые схемы в системе LN ASSIST

В поддержку всех видов электродов программа имеет и различные орбитальные подпрограммы Loran Pattern, обладающие самыми различными схемами движений (рис. 34).

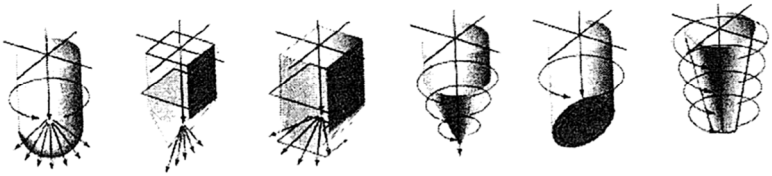


Рис. 34. Схемы некоторых орбитальных подпрограмм Loran Pattern

Программирование в программе LN ASSIST начинается с выбора схемы обработки. При программировании может быть использовано последовательно несколько схем обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журин А.В. Методы расчета технологических параметров и электродов-инструментов при электроэрозионной обработке: дис. … канд. техн. наук: 05.03.01. – Тула: Изд-во Тул. гос. ун-та, 2005. – 132 с.

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

3. Серебреницкий П.П. Современные электроэрозионные технологии и оборудование: учеб. пособие; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2007. – 228 с.

4. Коваленко В.С. Нетрадиционные методы обработки материалов в Японии // Электронная обработка материалов. – 2000. – №3. – С. 4–12.

5. Золотых Б.Н. Об открытии и развитии электроэрозионной обработки материалов // Электронная обработка материалов. – 2003. – №3. – С. 4–9.

6. Немилов Е.Ф. Электроэрозионная обработка материалов: учебник для ПТУ. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отдел-е. 1983. – 160 с.

7. Золотых Б.Н. Влияние длительности импульса на электрическую эрозию металлов // Электричество. – 1956. – №8. – С. 19–31.

8. Съянов С.Ю. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей при электроэрозионной обработке: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08. – Брянск: БГТУ, 2002. – 166 с.

9. Библиотечка электротехнолога. Вып. 2. Электроэрозионная обработка металлов: учеб. пособие / Е.М. Левинсон [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1971. – 256 с.

10. Фотеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки. – М.: Машиностроение, 1980. – 184 с.

11. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.

12. Абляз Т.Р. Изучение изменения свойств электродов в зависимости от режимов проволочно-вырезной электроэрозионной обработ-

ки // Вестник ПГТУ. Машиностроение, материаловедение. – 2011. – №13(1). – С. 87–93.

13. Киселев М.Г. Электроэрозионная обработка материалов: учеб.-метод. пособие. – Минск: Технопринт, 2004. – 111 с.

14. Верхотуров А.Д., Гитлевич А.Е. Борис Романович Лазаренко – великий ученый и организатор науки (к 100-летию со дня рождения) // Металлообработка. – 2010 – №2(56). – С. 2–8.

Стекольников Максим Владимирович
Тихонов Денис Александрович

СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ СТАНКОВ

Методические указания к практическим работам

Ответственный за выпуск Стекольников М.В.
Оригинал-макет Стекольников М.В.

Подписано в печать _____
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать RISO.
Объем _____ Тираж _____ Заказ № _____

413100, Россия, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.