

**TẠ DUY LIÊM**

# **HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ CHO MÁY CÔNG CỤ**



**NHÀ XUẤT BẢN  
KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**



**TẠ DUY LIÊM**

# **HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ CHO MÁY CÔNG CỤ**

**CẤU TRÚC - CHỨC NĂNG  
LẬP TRÌNH - VẬN HÀNH**

*(In lần thứ 2)*



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**

**HÀ NỘI - 2001**

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Biên tập :

Chế bản :

Vẽ bìa :

PGS, PTS. TÔ ĐĂNG HẢI  
NGUYỄN THỊ NGỌC KHIUÊ  
PHẠM VĂN NIÊN  
TRẦN VĂN CẦM  
HUƠNG LAN

6 - 6TO . 5

442 - 68 - 2001

KHKT - 2001

---

In 1500 cuốn khổ 16 x 24 cm tại Công ty In Hàng không.

Giấy phép xuất bản số 442 - 68 - 16/5/2001

In xong và nộp lưu chiểu tháng 6/2001

## LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay đa số các máy công cụ hiện đại được điều khiển theo chương trình số. Đây là điều kiện kĩ thuật cơ bản để thực hiện những dự án tự động hóa linh hoạt (flexible automatization) trên từng máy công cụ điều khiển số riêng lẻ (CNC Machines), hay ở các trung tâm gia công điều khiển số (CNC Engineering Centre), cũng như việc ghép nối chúng thành một hệ thống tự động linh hoạt (flexible automatical machine system), điều khiển liên thông bằng các máy điện toán ghép mạng (CIM).

Tiến bộ mạnh mẽ của kĩ thuật vi điện tử đã tạo điều kiện nâng cao một cách đáng kể công năng của các hệ điều khiển số, đồng thời với việc giảm giá thành của các bộ điều khiển này. Những cụm vi xử lý với tư cách là bộ phận chính yếu của thiết bị, cùng những cụm ngoại vi tương thích và bản thân các máy vi tính, đều là những phần cứng (hard ware) không thể thiếu trong mỗi hệ điều khiển số CNC (Computerized Numerical Control).

Trong hệ CNC, máy công cụ và hệ điều khiển số hợp thành một thiết bị gia công có khả năng điều khiển bằng lập trình trực tiếp (Programmable Control). Như vậy thay cho điều khiển các role tương ứng, thông qua các mạch logic ghép cứng, người ta dùng hệ điều khiển vi điện tử, có thể lập trình tự do, trong đó, máy công cụ thực hiện các nhiệm vụ chuyên môn thông qua một chương trình điều khiển thiết lập trước. Việc lập trình trực tiếp trên máy nhờ đối thoại giữa người và hệ điều khiển số làm cho máy công cụ CNC trở nên hữu dụng và kinh tế ngay cả cho các xí nghiệp có quy mô nhỏ và trung bình.

Mặt khác, do tất cả thông tin cần thiết để máy công cụ CNC thực hiện từ một công đoạn công nghệ riêng lẻ nào đó, đến một quy trình công nghệ tổng thể, đều được đưa vào hệ điều khiển dưới dạng mã số, mà các thiết bị gia công CNC cho phép đặt chúng vào quá trình vận hành của cả xí nghiệp thông qua hệ thống quản lý dữ liệu tổng hợp. Đó là một lợi thế mạnh mẽ để nâng cao trình độ quản lý của các xí nghiệp công nghiệp hiện đại, nhờ ứng dụng của các mạng liên thông cục bộ LAN (Local Area Network).

Vào đầu thế kỉ tới, lợi thế đó sẽ được phát huy trong chiến lược gia công toàn cầu, trong đó, dòng thông tin điều khiển được thu phát, chuyển



*giao bằng hệ thống vệ tinh, thực hiện mối liên kết hệ thống: nhu cầu thị trường- đơn đặt hàng- nhà thiết kế- nhà chế tạo- nhà cung cấp- nhà tiêu dùng...trong mạng liên thông toàn cầu WAN (World Area Network).*

*Cuốn sách này được biên soạn cho sinh viên ngành cơ khí với chủ ý ứng dụng hệ thống tín chỉ (credit system), mềm hóa quá trình giảng dạy của thầy và trò, theo đó mỗi học phần có thời lượng khoảng 15 tiết lên lớp. Nó diễn giải một cách nhìn tổng quát về trình độ hiện tại và khuynh hướng phát triển của ngành điều khiển số cho máy công cụ, các vấn đề cấu trúc, chức năng của các hệ điều khiển số và máy công cụ điều khiển số, cũng như các biện pháp khai thác máy CNC và kĩ thuật lập trình CNC.*

*Ngoài đối tượng phục vụ chủ yếu là sinh viên theo học ngành cơ khí của các trường đại học kĩ thuật và công nghệ, trong một mức độ nhất định, sách có thể phục vụ các kĩ sư, các cán bộ kĩ thuật và người làm nghiên cứu, trước đây chỉ làm việc với các máy công cụ thông thường, nay có nhu cầu và điều kiện tìm hiểu thêm về các máy công cụ điều khiển theo chương trình số.*

*Tác giả bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới bạn bè và đồng nghiệp, cũng như các cán bộ chuyên trách của nhà xuất bản đã giúp đỡ nhiệt tình để cuốn sách sớm được ra mắt phục vụ bạn đọc. Về những khiếm khuyết khó có thể tránh được, chúng tôi xin bạn đọc lượng thứ và chỉ giáo thêm.*

**Tạ Duy Liêm**

## MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
Các ký tự, đơn vị và ý nghĩa cơ bản dùng trong các công thức	11
<b>PHẦN THỨ NHẤT: NHẬP MÔN KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN THEO CHƯƠNG TRÌNH SỐ CNC</b>	
<b>Chương 1: KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ ĐỊNH NGHĨA</b>	13
1.1. Khái niệm cơ bản	13
1.2. Quá trình phát triển, trình độ hiện tại của máy công cụ và công nghệ gia công điều khiển theo chương trình số	14
1.2.1. Quá trình phát triển	14
1.2.2. Trình độ hiện tại	15
1.3. Các dạng điều khiển số	16
1.3.1. Điều khiển điểm	16
1.3.2. Điều khiển đoạn hay đường thẳng	
1.3.3. Điều khiển biên dạng tuyến tính và phi tuyến trong mặt phẳng hoặc trong không gian	17
<b>Chương 2: CHỨC NĂNG VÀ CẤU TẠO CỦA CÁC HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ</b>	19
2.1. Nguyên lý vận hành của các máy công cụ điều khiển số (máy NC)	19
2.1.1. Chương trình gia công chi tiết	19
2.1.2. Bộ logic điều khiển	19
2.1.3. Chương trình tương thích chuyên dụng và những dữ liệu điều chỉnh máy	21
2.2. Dòng lưu thông tín hiệu trong hệ điều khiển số	21
2.3. Các thông tin điều khiển	23
2.3.1. Điều khiển	
2.3.2. Biểu thị thông tin qua tín hiệu	24
2.4. Các hệ thống số và mã số	24
2.4.1. Hệ thập phân	24
2.4.2. Hệ nhị phân	24
2.4.3. Các hệ thống số khác	25

2.4.4. Hệ thống ký tự số - chữ cái nhị phân	26
2.5. Xử lý thông tin (xử lý dữ liệu) trong điều khiển số	31
2.5.1. Điều khiển đọc	31
2.5.2. Bộ nhớ chương trình	31
2.5.3. Cụm tính toán hiệu chỉnh	31
2.5.4. Bộ nội suy	32
2.5.5. Phân biệt hệ điều khiển NC và CNC	33
<b>Chương 3. ĐIỀU KHIỂN CNC</b>	<b>35</b>
3.1. Cấu trúc của hệ điều khiển CNC	35
3.1.1. Bus thông tin song song	35
3.1.2. Các môđun phần cứng tiêu chuẩn	36
3.1.3. Ưu điểm của phương thức điều khiển CNC	36
3.2. Các cấu tử phần cứng của hệ điều khiển CNC	36
3.2.1. Cụm vi xử lý $\mu P$ (microprocessor)	36
3.2.2. Máy vi tính	38
3.3. Nguyên tắc làm việc của microprocessor	39
3.3.1. Bộ phát lệnh (instruction pointer) đưa ra địa chỉ của các lệnh mới	39
3.3.2. Phần mềm hệ thống của điều khiển số	40
3.3.3. Ví dụ về lệnh ngắt	41
3.4. Các mức phát triển của hệ điều khiển CNC đa xử lý	42
3.4.1. Mức phát triển vào giai đoạn 1970-71	42
3.4.2. Mức phát triển hiện tại	43
3.5. Mô tả chức năng của một hệ điều khiển đa xử lý	43
3.5.1. Các khối chức năng của cụm điều khiển trung tâm	43
3.5.2. Bộ điều phối dữ liệu DC (Data Controller)	46
3.5.3. Bộ điều khiển các trục (Axis Controller)	46
<b>PHẦN THỨ HAI: TẠO HÌNH TRÊN MÁY CÔNG CỤ CNC</b>	
<b>Chương 4: XỬ LÝ CÁC DỮ LIỆU CHƯƠNG TRÌNH TẠO HÌNH</b>	<b>49</b>
4.1. Nội suy	49
4.1.1. Khái niệm, định nghĩa	49
4.1.2. Các dạng nội suy	
4.2. Phương pháp nội suy	51
4.2.1. Phương pháp nội suy thẳng	51
4.2.2. Nội suy vòng theo phương pháp DDA	55

<b>Chương 5: CHUYỂN ĐỘNG CHẠY DAO TRONG MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ</b>	<b>57</b>
5.1. Các dạng chuyển động chạy dao	57
5.2. Điều chỉnh vị trí kiểu mạch kín	58
5.3. Truyền động chạy dao trong máy công cụ CNC	62
5.3.1. Các nhiệm vụ của truyền động chạy dao	62
5.3.2. Động cơ điện một chiều	64
5.3.3. Động cơ điện xoay chiều	67
5.4. Các khâu truyền động cơ khí	68
5.5. Cơ sở tính toán cho truyền động chạy dao	69
<b>Chương 6: CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO VỊ TRÍ TRÊN MÁY CNC</b>	<b>72</b>
6.1. Tổng quan về các phương pháp đo vị trí	72
6.1.1. Các khái niệm quan trọng liên quan đến phép đo vị trí	72
6.1.2. Các phương pháp đo	72
6.2. Các dụng cụ đo vị trí	76
6.2.1. Dụng cụ đo tương tự	76
6.2.2. Dụng cụ đo vị trí kiểu số	79
 <b>PHẦN THỨ BA: HỆ THỐNG DỮ LIỆU VÀ CẤU TRÚC CỦA CHƯƠNG TRÌNH LÀM VIỆC TRÊN MÁY CÔNG CỤ CNC</b>	
<b>Chương 7: CHƯƠNG TRÌNH LÀM VIỆC SOẠN THẢO CHO HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ</b>	<b>85</b>
7.1. Các dữ liệu cần nạp	85
7.1.1. Hệ tọa độ	85
7.1.2. Các điểm chuẩn	87
7.2. Cấu trúc của một chương trình	91
7.2.1. Câu lệnh	91
7.2.2. Từ lệnh	92
7.2.3. Ký tự địa chỉ và những dấu hiệu đặc biệt (DIN 66025)	93
7.3. Mô tả từng từ lệnh riêng lẻ trong một câu lệnh	94
7.4. Các mã số mô tả các tính chất của máy công cụ điều khiển số	110
7.4.1. Mô tả tất hệ điều khiển số	110
7.4.2. Mô tả tất cho cấu trúc một câu lệnh	111

<b>Chương 8: HOẠT ĐỘNG CỦA MỘT HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ</b>	<b>113</b>
8.1. Điều khiển vận hành một hệ điều khiển số	113
8.1.1. Bảng điều khiển	113
8.1.2. Chỉ thị trên màn hình	113
8.1.3. Nạp dữ liệu vào hệ điều khiển; Dữ liệu đầu ra từ hệ điều khiển	115
8.2. Các dữ liệu hiệu chỉnh máy	117
8.3. Các phần bù sai lệch	117
8.4. Do trên máy CNC	118
8.5. Các dạng vận hành của hệ thống điều khiển CNC	121
8.5.1. Vận hành bằng tay	121
8.5.2. Vận hành điều khiển bằng chương trình	122
8.5.3. Các chế độ dừng chương trình	122
8.6. Xử lý các thông tin công nghệ - Điều khiển bằng chương trình đã nhớ	123

### **PHẦN THỨ TƯ: KỸ THUẬT LẬP TRÌNH CNC**

<b>Chương 9: CÁC PHƯƠNG PHÁP LẬP TRÌNH CHO HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ</b>	<b>127</b>
9.1. Lập trình trực tiếp trên máy CNC	128
9.2. Lập trình trong quá trình chuẩn bị sản xuất	132
9.3. Lập trình bằng tay	133
9.3.1. Cơ sở hình học của lập trình bằng tay	134
9.3.2. Cơ sở công nghệ của lập trình bằng tay	136
9.4. Những khả năng lập trình đặc biệt của hệ điều khiển CNC	147
9.4.1. Chinh lý dao cụ	147
9.4.2. Các mô tả biên dạng	150
9.4.3. Phân chia lát cắt	153
9.4.4. Lập trình theo tọa độ cực	155
9.4.5. Các chu kỳ công tác	156
9.4.6. Kỹ thuật chương trình con	160
9.4.7. Lập trình với các tham số	162
9.4.8. Gia công kết cấu đối xứng kiểu gương ảnh	167

<b>Chương 10: CÁC VÍ DỤ LẬP TRÌNH</b>	<b>169</b>
10.1. Ví dụ lập trình 1: Thanh truyền	169
10.2. Ví dụ lập trình 2: Cam lệch tâm	170
10.3. Ví dụ lập trình 3: Thanh truyền phẳng	173
10.4. Ví dụ lập trình 4: Vô lăng quay tay	175
<b>Chương 11: LẬP TRÌNH BẰNG MÁY</b>	<b>178</b>
11.1. Ứng dụng của lập trình bằng máy	178
11.2. Lập trình bằng máy tại nơi lập trình độc lập	179
11.3. Các chương trình máy tính Processor và Postprocessor	181
11.4. Các ngôn ngữ lập trình	183
11.5. Tiêu chuẩn lựa chọn các ngôn ngữ lập trình NC	185
11.6. Mô tả của một ngôn ngữ lập trình NC qua ví dụ áp dụng EXAPT1	188
11.6.1. Cấu trúc chuẩn của chương trình gia công	188
11.6.2. Ví dụ cho một chương trình gia công thiết lập trong EXAPT1	192

## **PHẦN THỨ NĂM: MỘT SỐ CHUYÊN ĐỀ NÂNG CAO VÀ PHỤ LỤC**

### **ĐIỀU KHIỂN SỐ TRỰC TIẾP TRUYỀN DỮ LIỆU TỪ MÁY TÍNH CHỦ DNC, ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI AC VÀ HỆ THỐNG GIA CÔNG LINH HOẠT FMS**

1. Điều khiển số trực tiếp truyền dữ liệu từ máy tính chủ DNC (Direct Numerical Control)	197
2. Điều khiển thích nghi AC (Adaptive Control)	200
3. Hệ thống gia công linh hoạt FMS (Flexible Manufacturing System)	202
Phụ lục 1: Các chữ viết tắt trong lĩnh vực kỹ thuật CNC và kỹ thuật vi tính dành cho công nghệ CNC	205
Phụ lục 2: Các bảng biểu	207
Bảng 1: Mã số của điều khiển đường G theo DIN 66025	207
Bảng 2: Xác định các mặt phẳng nội suy	208
Bảng 3: Chu kỳ công tác (DIN 66025)	209
Bảng 4: Lập trình chạy dao công tác	209



Bảng 5: Mã số cho lệnh chọn số vòng quay	209
Bảng 6: Mã số các chức năng hỗ trợ M (DIN 66025)	210
Bảng 7: Các địa chỉ lập trình của hệ điều khiển CNC Philips NC 6600 (tương thích với DIN 66025)	211
Bảng 8: Ký hiệu chức năng bằng tiếng Anh trên các phím bấm của hệ điều khiển CNC	213
Bảng 9: Các dữ liệu hiệu chỉnh máy của hệ điều khiển General Electric 1050 HLX, tham số 00, số từ 0 đến 4	214
Bảng 10: So sánh các biện pháp đo và hiệu chỉnh theo những đặc tính khác nhau cũng như ưu nhược điểm của các phương pháp này	215
<b>Tài liệu tham khảo</b>	<b>216</b>

## CÁC KÝ TỰ, ĐƠN VỊ VÀ Ý NGHĨA CƠ BẢN TRONG CÁC CÔNG THỨC

<i>Ký tự</i>	<i>Đơn vị</i>	<i>Ý nghĩa</i>
F	N	Lực
J	$\text{kg.m}^2$	Mômen quán tính
L	mm	Chiều dài hành trình
M	N.m	Mômen
N	l	Số bước nội suy
R	mm	Bán kính
T	s	Thời gian
U	V	Điện thế
d	mm	Đường kính
f	Hz	Tần số
i	l	Số đếm gia số
i	A	Cường độ dòng điện
kv	$\text{s}^{-1}$	Khuếch đại tốc độ
l	mm	Chiều dài
m	kg	Khối lượng
n	$\text{min}^{-1}$	Số vòng quay/phút
$\Delta x$	mm	Khoảng dịch động trên trục x
$\Delta f$	mm	Đơn vị dịch động điều chỉnh vị trí
$\Phi$	$\text{A.m}^{-1}$	Cường độ từ trường
$\eta$	l	Hiệu suất tác dụng
$\omega$	rad/s	Tốc độ góc

*Phần thứ nhất*

**NHẬP MÔN KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN  
THEO CHƯƠNG TRÌNH SỐ CNC**

*Chương 1*

**CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ ĐỊNH NGHĨA**

**1.1. KHÁI NIỆM CƠ BẢN**

**1.1.1. Điều khiển (động từ); Sự/Quá trình điều khiển (danh từ)**

Là quá trình xảy ra trong một hệ thống giới hạn, trong đó một hay nhiều đại lượng là đại lượng đầu vào, các đại lượng khác là đại lượng đầu ra, chúng tác động và ảnh hưởng đến hệ thống theo những quy luật riêng.

**1.1.2. Điều khiển số NC (Numerical Control)**

Là hệ thống điều khiển đặc trưng bởi các đại lượng đầu vào là những tín hiệu số nhị phân, chúng được đưa vào hệ điều khiển dưới dạng một chương trình điều khiển có hệ thống. Trong hệ điều khiển số ứng dụng cho điều khiển máy công cụ, các đại lượng đầu vào là những thông tin, dữ liệu hay số liệu nạp vào.

**1.1.3. Thông tin hình học (Geometrical Information)**

Là hệ thống thông tin điều khiển các chuyển động tương đối giữa dao cụ và chi tiết, liên quan trực tiếp đến quá trình tạo hình bề mặt, còn gọi là thông tin về đường dịch chuyển (hình thành đường sinh và đường chuẩn của bề mặt hình học muốn tạo ra).

**1.1.4. Thông tin công nghệ (Technological Information)**

Là hệ thống thông tin cho phép máy thực hiện gia công với những giá trị công nghệ yêu cầu: chuẩn hóa các góc tọa độ, chọn chiều sâu lát cắt, tốc độ chạy dao, số vòng quay trục chính, chiều quay trục chính, vị trí xuất phát của dao, đóng hay ngắt mạch tưới dung dịch trơn nguội, mạch đo lường và kiểm tra...

### 1.1.5. Máy công cụ điều khiển theo chương trình số (M-CNC)

Là thế hệ máy công cụ được điều khiển theo chương trình viết bằng mã ký tự số, chữ cái và các ký tự chuyên dụng khác, trong đó hệ thống điều khiển có cài đặt các bộ vi xử lý  $\mu P$  (microprocessor) làm việc với các chu kỳ thời gian từ 1 đến 20  $\mu s$  và có bộ nhớ tối thiểu 4 KByte, đảm nhiệm các chức năng cơ bản của chương trình điều khiển số như: tính toán tọa độ trên các trục điều khiển theo thời gian thực, giám sát các trạng thái của máy, tính toán các giá trị chỉnh lý dao cụ, tính toán nội suy trong điều khiển quỹ đạo biên dạng (tuyến tính và phi tuyến), thực hiện so sánh các cặp giá trị cần - thực...

### 1.1.6. Ưu điểm cơ bản của M-CNC

- So với các máy công cụ điều khiển tay, kết quả làm việc của M-CNC không phụ thuộc vào tay nghề thuần thực của người điều khiển. Người điều khiển máy chủ yếu đóng vai trò theo dõi kiểm tra các chức năng hoạt động của máy.
- So với các máy điều khiển tự động theo chương trình cứng (dùng cam, dưỡng, cữ chặn, trục gài bi, công tác hành trình...), M-CNC có tính linh hoạt cao trong công việc lập trình, đặc biệt khi có trợ giúp của máy vi tính, tiết kiệm được thời gian chỉnh máy, đạt được tính kinh tế cao ngay cả với loạt sản phẩm nhỏ.
- Ưu điểm chỉ có trong M-CNC đó là phương thức làm việc với hệ thống xử lý thông tin "điện tử - số hóa", cho phép nối ghép với hệ thống xử lý số trong phạm vi quản lý toàn xí nghiệp, tạo điều kiện mở rộng tự động hóa toàn bộ quá trình sản xuất, ứng dụng các kỹ thuật quản lý hiện đại thông qua mạng liên thông cục bộ (LAN) hay mạng liên thông toàn cầu (WAN).

## 1.2. QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN, TRÌNH ĐỘ HIỆN TẠI CỦA NGÀNH MÁY CÔNG CỤ VÀ CÔNG NGHỆ GIA CÔNG ĐIỀU KHIỂN THEO CHƯƠNG TRÌNH SỐ

### 1.2.1. Quá trình phát triển

Cuối những năm 40, Học viện Công nghệ MIT (Massachusetts Institute of Technology) của Hoa Kỳ thực hiện dự án nghiên cứu kỹ thuật điều khiển số.

. 1953 - Công bố sáng chế máy phay điều khiển theo chương trình số NC.

. 1959 - Triển lãm máy công cụ tại Paris, trình bày những máy NC đầu tiên của Châu Âu.

. 1960 - Các hệ điều khiển số được chế tạo tương ứng với trình độ kỹ thuật của công nghệ bóng đèn điện tử và role (cơ/ điện/ thủy lực), kích thước còn lớn, nhạy cảm với các điều kiện môi trường và còn đắt, không thể dùng được trong những xưởng máy thông thường. Máy NC ở thời kỳ này được ứng dụng chủ yếu trong công nghiệp hàng không.

. Từ sau 1960, bóng đèn điện tử được thay thế bởi các phần tử bán dẫn điện tử rời rạc, diốt (đèn 2 cực) và tranzito (đèn 3 cực), nhưng đa số các linh kiện lẻ vẫn đòi hỏi có thể tích chiếm chỗ đủ lớn, còn rất nhiều mối hàn và những ổ cắm, ghép nối (giao diện), vừa tốn kém khi chế tạo, vừa hạn chế độ tin cậy trong vận hành điều khiển. Thông tin điều khiển ghi trên băng đục lỗ, dung lượng thấp, phải đọc thông tin theo từng bước, khi gia công nhiều chi tiết giống nhau vẫn phải đọc băng đục lỗ cho từng lần gia công. Khi thay đổi chương trình điều khiển, chẳng hạn muốn thay đổi chế độ cắt cho phù hợp hơn, đòi hỏi phải cải biến hay làm lại băng đục lỗ.

. Trong những năm 70, ngành điều khiển số nhanh chóng ứng dụng các thành tựu phát triển của kỹ thuật vi điện tử, vi mạch tích hợp; những hệ NC sử dụng các bán mạch logic nổi cứng được thay thế bởi các hệ điều khiển có bộ nhớ với dung lượng đủ lớn; do nối ghép các cụm vi tính vào hệ điều khiển số mà những phần cứng có nhiệm vụ chuyên dụng trước đây được thay thế bằng những phần mềm linh hoạt hơn. Dung lượng nhớ ngày càng được mở rộng, tạo điều kiện lưu trữ trong hệ điều khiển số trước hết là từng chương trình đơn lẻ, sau đó là cả một thư viện chương trình, lại có thể sửa đổi chương trình đã lập một cách dễ dàng thông qua cấp lệnh bằng tay, thao tác trực tiếp trên máy.

### 1.2.2. Trình độ hiện tại

- Các chức năng tính toán trong hệ thống CNC ngày càng hoàn thiện và đạt tốc độ xử lý cao do tiếp tục ứng dụng những thành tựu phát triển của các bộ vi xử lý  $\mu$ P. Các hệ thống CNC được chế tạo hàng loạt lớn theo công thức xử lý đa chức năng, dùng cho nhiều mục đích điều khiển khác nhau.
- Vật mang tin từ băng đục lỗ, băng từ, đĩa từ tiến tới đĩa compact (CD)

có dung lượng nhớ ngày càng mở rộng, độ tin cậy và tuổi thọ cao.

- Việc cài đặt các cụm vi tính trực tiếp vào hệ NC để trở thành hệ CNC (Computerized Numerical Control) đã tạo điều kiện ứng dụng máy công cụ CNC ngay cả trong xí nghiệp nhỏ, không có phòng lập trình riêng, nghĩa là người điều khiển máy có thể lập trình trực tiếp trên máy. Dữ liệu nạp vào, nội dung lưu trữ, thông báo về tình trạng hoạt động của máy cùng các chỉ dẫn cần thiết khác cho người điều khiển đều được hiển thị trên màn hình.
- Màn hình ban đầu chỉ là đen trắng với các ký tự chữ cái và con số nay đã dùng màn hình màu đồ họa, độ phân giải cao (có thêm toán đồ và hình vẽ mô phỏng tĩnh hay động); biên dạng của chi tiết gia công, chuyển động của dao cụ đều được hiển thị.
- Các hệ CNC riêng lẻ có thể ghép mạng cục bộ hay mạng mở rộng để quản lý điều hành một cách tổng thể hệ thống sản xuất của một xí nghiệp hay của một tập đoàn công nghiệp.

### 1.3. CÁC DẠNG ĐIỀU KHIỂN SỐ

Các dạng máy công cụ khác nhau, các bề mặt tạo hình khác nhau đòi hỏi những chuyển động tương đối rất khác nhau giữa dao cụ và chi tiết gia công. Các dạng điều khiển số theo đó được phân ra thành: điều khiển điểm, điều khiển đoạn hay đường thẳng và điều khiển biên dạng phi tuyến (hình 1-1).

#### 1.3.1. Điều khiển điểm

Ở máy khoan, khoét, doa, cắt ren lỗ - chi tiết gia công phải được định vị tại một điểm cố định trên bàn máy. Trong quá trình định vị, dao không vào cắt, chuyển động trên các trục riêng lẻ lúc này đều không có ràng buộc bởi các quan hệ hàm số, tốc độ của các chuyển động định vị không phụ thuộc vào các yếu tố công nghệ.

Quá trình như vậy cũng xảy ra ở các máy hàn điểm hay máy gấp cạnh lá tôn khi điều khiển dịch động cho các mảnh gá chặn, bàn gấp.

Điều khiển số thực hiện quá trình chuyển động này thuộc dạng điều khiển điểm.

#### 1.3.2. Điều khiển đoạn hay đường thẳng

Trên máy tiện, khi gia công các chi tiết hình trụ đơn giản, hay ở máy phay khi gia công các biên dạng song song với các trục, cần thực hiện các



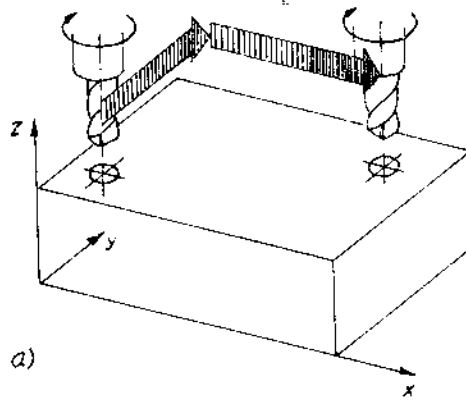
chuyển động với tốc độ cắt gọt lựa chọn khác nhau, nhưng yêu cầu chỉ thực hiện trên từng trục một (vẫn không có ràng buộc bởi các quan hệ hàm số).

Điều khiển số thực hiện quá trình chuyển động gia công đó thuộc dạng điều khiển đoạn hay đường thẳng.

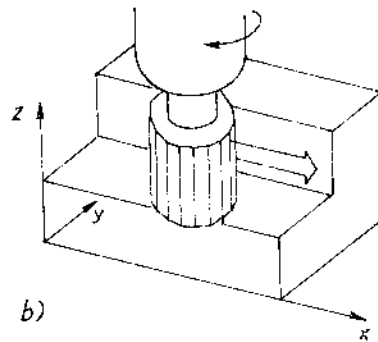
### 1.3.3. Điều khiển biên dạng tuyến tính và phi tuyến trong mặt phẳng hoặc trong không gian

Nếu giữa điểm bắt đầu một chuyển động và điểm kết thúc nó cần sản sinh một biên dạng có ràng buộc bởi các quan hệ hàm số (tuyến tính hay phi tuyến) thì điều khiển số thực hiện chuyển động như vậy thuộc dạng điều khiển biên dạng (tuyến tính hay phi tuyến, phẳng hoặc không gian).

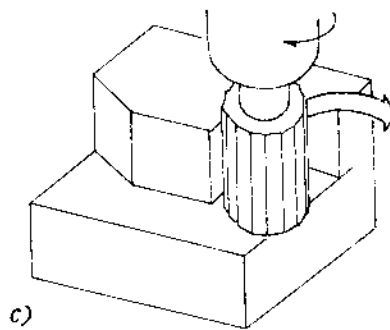
Dạng điều khiển này đòi hỏi phải có các truyền động biệt lập, điều chỉnh được vị trí theo thời gian thực trên mỗi trục tọa độ và đảm bảo quan hệ phụ thuộc hàm số với các chuyển động đồng thời trên các trục khác. Giá trị cần ứng với một vị trí tức thời trên một trục - phải được tính toán



a)



b)



c)

**Hình 1-1.** Các dạng điều khiển số  
a. Điều khiển điểm; b. Điều khiển đường (tuyến tính);  
c. Điều khiển biên dạng (phi tuyến).

một cách tuần tự (theo nhịp điều khiển) đúng với ràng buộc hàm số của biên dạng cần gia công.

Điều khiển biên dạng như vậy bao gồm cả khả năng điều khiển điểm cũng như điều khiển đoạn hay đường thẳng. Nó được dùng trong các máy tiện, máy phay, các trung tâm gia công (máy công cụ tự động đa chức năng, có quá trình đổi dao tự động, thực hiện được nhiều công nghệ khác nhau như khoan, phay, cắt ren, tiện rộng...), các máy gia công bằng điện cực ăn mòn, dây điện cực và máy cắt bằng tia hồ quang áp lực cao (plasma)...

## Chương 2

CHỨC NĂNG VÀ CẤU TẠO  
CỦA CÁC HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ**2.1. NGUYÊN LÝ VẬN HÀNH CỦA CÁC MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ (MÁY NC)**

Hình 2-1 là sơ đồ nguyên lý vận hành của một máy phay đứng NC, điều khiển trên 3 trục tọa độ X, Y, Z.

**2.1.1. Chương trình gia công chi tiết**

Những thông tin cần thiết để gia công một chi tiết nào đó, được tập hợp một cách hệ thống gọi là chương trình gia công chi tiết. Chương trình này có thể:

- Được soạn thảo và lưu trữ trong vật mang tin (băng từ, đĩa từ hoặc đĩa compact CD) và được đưa vào hệ điều khiển số qua cửa nạp tương thích;
- Được đưa vào hệ điều khiển số thông qua các nút bấm bằng tay trên bảng điều khiển. Nhờ bảng điều khiển cũng có thể đưa vào hệ điều khiển số các thông tin đặc biệt (số liệu về dao cụ, các giá trị hiệu chỉnh biên dạng, các dữ liệu điều chỉnh máy);
- Được chuyển trực tiếp từ bộ nhớ của một máy tính điều hành chủ sang hệ điều khiển số của từng trạm gia công (nguyên tắc vận hành DNC).

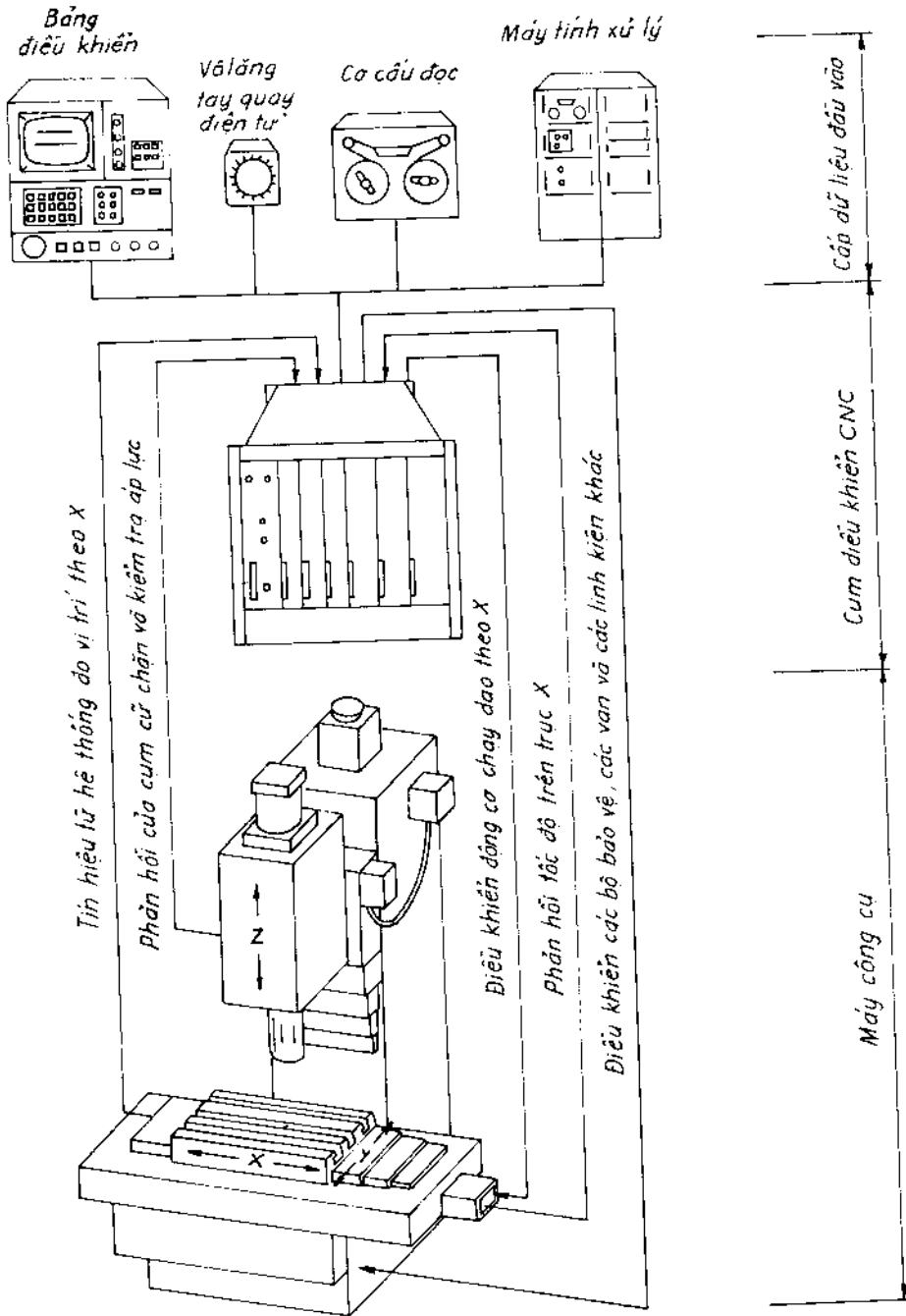
**2.1.2. Bộ logic điều khiển**

Bộ logic điều khiển xử lý các dữ liệu chương trình nhờ các phần mềm hệ thống (systematical software) nhằm:

- Cung cấp các giá trị cần về vị trí cho từng trục riêng lẻ của máy công cụ theo một tần số phụ thuộc vào tốc độ xử lý dữ liệu chương trình;
- So sánh các giá trị cần ( $GT_c$ ) và giá trị thật ( $GT_t$ ) về vị trí, xác định giá trị chênh lệch:

$$\Delta_{c/t} = GT_c - GT_t$$

và cấp lệnh điều khiển tương ứng cho role tốc độ của từng trục chạy dao



Hình 2-1. Nguyên lý vận hành của một máy công cụ điều khiển số

riêng lẻ. Nhờ vậy từng trục máy chuyển động độc lập nhưng vẫn phối hợp được với nhau sao cho biên dạng gia công được sinh ra với tốc độ gia công đã được lập trình.

### 2.1.3. Chương trình tương thích chuyên dụng và những dữ liệu điều chỉnh máy

Nhờ các chương trình này, hệ điều khiển số đảm bảo được sự tương thích với các thông số kỹ thuật chuyên môn của máy công cụ mà nó điều khiển.

Những dữ liệu điều chỉnh máy xác định: tốc độ chạy nhanh (không cắt) tối đa, bố trí xếp đặt các trục máy, các trạng thái đóng mạch của hệ điều khiển và giới hạn vùng làm việc của hệ thống công nghệ (bàn máy, gá lắp, dao cụ).

Chương trình gia công chi tiết còn bao hàm những thông tin liên quan trực tiếp đến máy:

- Lệnh đóng / ngắt mạch bơm dung dịch trơn nguội.
- Lệnh tạo số vòng quay và chiều quay cho trục chính.
- Lệnh đổi dao cụ.

Bộ logic điều khiển chuyển tiếp những lệnh này qua một cụm điều khiển tương thích cài đặt trong hệ điều khiển số đến các khâu điều khiển máy như: van, role, các cầu dao tiếp mạch... Ngược lại, cụm điều khiển tương thích cũng tiếp nhận các thông tin phản hồi từ các công tác ngắt cuối (cứ chặn), các bộ cảnh báo áp suất và những bộ phận khác lắp đặt trên máy (có kèm theo dụng cụ phát tín hiệu) để chuyển thành các thông báo về tình trạng sẵn sàng hoạt động hoặc trạng thái dừng... cho hệ điều khiển số.

## 2.2. DÒNG LƯU THÔNG TIN HIỆU TRONG HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ

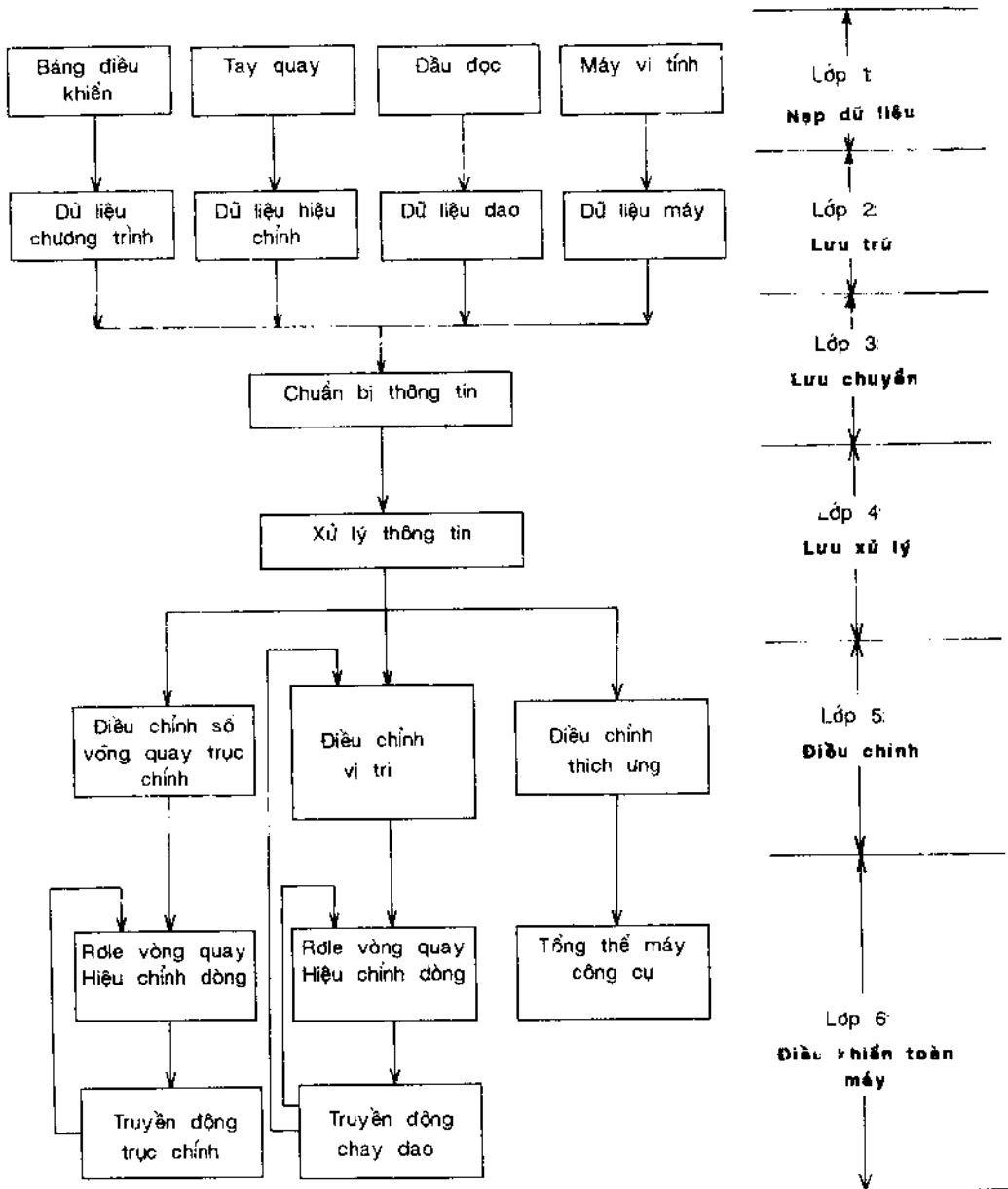
Hình 2-2 trình bày dòng lưu thông tin hiệu trong hệ điều khiển số. Trong đó chia thành các lớp thông tin sau đây:

### • Lớp 1: Nạp dữ liệu

- Bảng tay, nhờ bảng điều khiển.
- Bảng tay, nhờ các cơ cấu cơ khí (tay quay, tay gạt) cấp xung.

Dạng cấp tín hiệu này giới hạn cho việc gia công các chi tiết lẻ, kết cấu đơn giản hoặc cho các quá trình điều chỉnh máy.

- Bảng đầu đọc các vật mang tin (băng từ, đĩa từ, đĩa compact).



Hình 2-2. Lưu thông tin hiệu trong hệ điều khiển số



- Trực tiếp (online) từ bộ nhớ của một máy tính điều hành gia công.

- **Lớp 2: Lưu trữ**

Thông tin đầu vào được lưu trữ trong các bộ nhớ bán dẫn. Chương trình gia công chi tiết, các dữ liệu về dao cụ và giá trị hiệu chỉnh được lưu trữ trong bộ nhớ RAM. Các dữ liệu hiệu chỉnh máy cũng được lưu trữ trong bộ nhớ RAM hoặc trong bộ nhớ EAROM. Các dữ liệu chương trình cho cụm điều khiển tương thích (PC = Programmable Control) được lưu trữ trong bộ nhớ PROMs.

- **Lớp 3: Lưu chuyển**

Trong lớp này, các dữ liệu chương trình bắt đầu được xử lý. Đường dịch chuyển cần thực hiện trong câu lệnh kế tiếp được tính toán, quỹ đạo tương quan với biên dạng lập trình được tìm ra có tính đến khoảng cách bằng bán kính dao. Các thủ pháp kiểm tra, nghiệm lại những thông số chương trình quan trọng như điểm kết thúc một đường cong phi tuyến...

- **Lớp 4: Lưu xử lý**

Lớp này bao gồm các bộ nội suy, tìm ra những giá trị cần về vị trí cho mạch điều chỉnh vị trí trên từng trục chạy dao. Nó cũng đưa ra các số liệu điều khiển trục chính công tác, cũng như điều khiển chung toàn máy.

- **Lớp 5: Điều chỉnh**

Gồm các cụm điều chỉnh vị trí, điều chỉnh tốc độ dịch chuyển trên các trục cho phù hợp với tốc độ chạy dao đã lập trình, tùy thuộc vào vị trí tức thời của mỗi trục.

- **Lớp 6: Điều khiển toàn máy.**

## 2.3. CÁC THÔNG TIN ĐIỀU KHIỂN

### 2.3.1. Điều khiển

Điều khiển là những tác động ảnh hưởng có mục đích đến dòng lưu thông năng lượng và dòng lưu thông vật chất thông qua các thông tin.

Thông tin - trong mối quan hệ này - là những thông báo cho hệ điều khiển tạo điều kiện thực hiện những quá trình chức năng xác định.

Để điều khiển máy công cụ, hệ điều khiển số cần những thông tin sau:

- Chuyển động tương đối giữa dao cụ và chi tiết.
- Các số liệu công nghệ về tốc độ chạy dao và tốc độ cắt.

- Các chu trình gia công xác định bởi điều kiện công nghệ đặc trưng (khoét rãnh, phay khoang rỗng, cắt ren).
- Các chức năng phụ (dẫn dòng dung dịch trơn nguội, đổi dao).

### 2.3.2. Biểu thị thông tin qua tín hiệu

Một thông tin có thể được trình bày bằng những giá trị hoặc những diễn biến giá trị của thông số tín hiệu.

Hệ thống tín hiệu chỉ chấp nhận những giá trị số - rời rạc - xác định gọi là các tín hiệu số.

Hệ điều khiển làm việc với các tín hiệu số mà ta đang nghiên cứu chính là hệ thống điều khiển số.

## 2.4. CÁC HỆ THỐNG SỐ VÀ MÃ SỐ

Nhìn chung các hệ thống số được xây dựng từ các con số là tổng lũy thừa của cơ số tương ứng với hệ thống mà ta gọi tên.

### 2.4.1. Hệ thập phân (decimal system)

Cơ số hệ thống là 10, ví dụ:  $100_{10} = 1 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 0 \cdot 10^0$

Chỉ số "10" đưa vào để biểu thị sự trình bày một con số trong hệ thập phân. Do đã quá thông dụng mà khi biểu diễn các con số của hệ thập phân không cần viết chỉ số này.

Số mũ lũy thừa của cơ số hệ thống biểu thị đồng thời khoảng cách vị trí kể từ dấu phẩy:

- Vị trí đầu tiên bên trái dấu phẩy ứng với số mũ "0".
- Từ vị trí này về bên trái dấu phẩy, các số mũ lũy thừa dần dần tăng lên;
- Kể từ bên phải dấu phẩy, các số mũ lũy thừa dần dần giảm đi: -1, -2, -3...

Cơ số của hệ thống đồng thời biểu thị số các ký tự số mà hệ thống cần có để biểu thị các giá trị con số: trong hệ thập phân đó là 10 ký tự số: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

### 2.4.2. Hệ nhị phân (Dual system hay binary system)

Hệ nhị phân có cơ số hệ thống là 2, nó có một ý nghĩa đặc biệt trong kỹ thuật xử lý tin. Giá trị con số 100 được biểu thị trong hệ thống này như sau:

$$100_2 = 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 1100100$$

(tương ứng trong hệ thập phân =  $64 + 32 + 0 + 0 + 4 + 0 + 0 = 100_{10}$ ).

*Ý nghĩa đặc biệt của hệ thống:*

Các giá trị con số muốn biểu diễn chỉ cần hai ký tự là 1 và 0, chúng sẽ được kỹ thuật thực hiện tương đối đơn giản. Ví dụ, cấp dòng năng lượng là ứng với trạng thái (hay ký tự) 1; ngắt dòng năng lượng là ứng với trạng thái (hay ký tự) 0. Về mặt kỹ thuật tin học, dạng khác nhau của dòng năng lượng không có ý nghĩa gì, dù nó là năng lượng điện, nhiệt, quang, thủy lực hay khí nén... Xử lý tin chỉ quan tâm đến ký tự biểu thị trạng thái và do đó ý nghĩa quan trọng của hệ nhị phân nằm trong các giải pháp điện tử cho các tín hiệu 0 và 1. Các tín hiệu điện tử này có tốc độ xử lý cao, lại có mật độ tích chứa lớn trong các phần tử bán dẫn điện tử.

*Quy đổi từ hệ thập phân sang hệ nhị phân:*

Ví dụ, cho một giá trị số thập phân:

$$Z_{10} = 23,625$$

Chia cột từ dấu phẩy

23

0,625

Liên tục chia cho 2

Liên tục nhân với 2

$$23 : 2 = 11 \text{ lẻ } 1$$

$$0,625 \cdot 2 = 1,250 = 0,250 + 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ lẻ } 1$$

$$0,25 \cdot 2 = 0,50 = 0,50 + 0$$

$$5 : 2 = 2 \text{ lẻ } 1$$

$$0,50 \cdot 2 = 1,00 = 0,00 + 1$$

$$2 : 2 = 1 \text{ lẻ } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ lẻ } 1$$

Vậy giá trị số tương ứng trong hệ nhị phân là:  $Z_2 = 10111,101$

Đổi ngược lại hệ thập phân:

$$\begin{aligned} Z_{10} &= 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} \\ &= 16 + 4 + 2 + 1 + 1/2 + 1/8 = 23 + 0,5 + 0,125 = 23,625 \end{aligned}$$

**2.4.3. Các hệ thống số khác**

Để biểu thị các số lớn, hệ nhị phân cần đến một số lớn vị trí của ký tự biểu thị, gây trở ngại cho kỹ thuật tính (bằng tay). Trong kỹ thuật tính điện tử số, ngoài hệ nhị phân còn có ứng dụng của các hệ thống số khác như:

- *Hệ bát phân (octal system)*

Cơ số hệ thống = 8. Hệ này cần có 8 ký tự số để biểu thị các con số: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Ví dụ:  $100_{10} = 144_8 = 1.8^2 + 4.8^1 + 4.8^0 = 64 + 32 + 4 = 100_{10}$

• **Hệ thập lục phân (hexadecimal system)**

Cơ số hệ thống = 16. Hệ này cần đến 16 ký tự để biểu thị các con số: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.**

Ví dụ:  $100_{10} = 64_{16} = 6.16^1 + 4.16^0 = 96 + 4 = 100_{10}$

Bảng 2-1 trình bày so sánh các hệ thống số với giá trị biểu thị từ 1 đến 16.

**Bảng 2-1.**

Hệ nhị phân							Hệ bát phân			Hệ thập phân			Hệ thập lục phân		
$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	$8^2$	$8^1$	$8^0$	$10^2$	$10^1$	$10^0$	$16^2$	$16^1$	$16^0$
						1			1			1			1
					1	0			2			2			2
					1	1			3			3			3
				1	0	0			4			4			4
				1	0	1			5			5			5
				1	1	0			6			6			6
				1	1	1			7			7			7
			1	0	0	0		1	0			8			8
			1	0	0	1		1	1			9			9
			1	0	1	0		1	2		1	0			A
			1	0	1	1		1	3		1	1			B
			1	1	0	0		1	4		1	2			C
			1	1	0	1		1	5		1	3			D
			1	1	1	0		1	6		1	4			E
			1	1	1	1		1	7		1	5			F
		1	0	0	0	0		2	0		1	6		1	0
1	1	0	0	1	0	0	1	4	4	1	0	0		6	4

**2.4.4. Hệ thống ký tự số - chữ cái nhị phân**

Hệ nhị phân thuần túy (chỉ biểu thị các con số) được ứng dụng để xử lý số liệu trong nội bộ hệ điều khiển.

Để đưa vào hay xuất ra những thông tin cho hệ điều khiển, ngoài những con số còn cần đến các ký tự chữ cái, dấu trong câu, dấu biểu trưng, dấu phép tính... Những ký tự đa dạng này có thể được trình bày nhờ các tổ hợp ký tự 1 và 0 thuộc hệ nhị phân.

Quy luật tổ hợp các ký tự 1 và 0 để biểu thị nhiều ký tự đa dạng khác nhau được gọi là mã số (code) và được tiêu chuẩn hóa (quốc gia và quốc tế).

Ký tự 0 và 1 cũng được quan niệm là bit (đơn vị thông tin nhỏ nhất, viết tắt của Binary digit hay ký tự nhị phân).

Các mã số ứng dụng trong quá trình cấp và chuyển giao thông tin trong điều khiển số phải thỏa mãn những điều kiện sau:

- Phải là mã nhị phân: các ký tự truyền đi phải được biểu thị bằng tổ hợp các ký tự nhị phân 0 và 1
- Mã số phải đảm bảo đủ nhiều khả năng tổ hợp các ký tự nhị phân, nhờ đó tất cả các chữ cái, chữ số cũng như các ký tự đặc biệt, dấu hiệu hoạt động, dấu hiệu tính toán đều có thể biểu thị được.
- Mã số phải được xây dựng sao cho các lỗi trong khi truyền đạt thông tin được nhận ra một cách tự động (lỗi xảy ra ngay trong khi lập trình hay khi băng từ, đĩa từ bị nhiễm bẩn, có vết xước, có virus, hay đầu từ của bộ đọc làm việc không tốt...).
- Mã số cần tương thích được với các mã truyền đạt thông tin trong xử lý số nói chung.

Trong hệ điều khiển số, để truyền đạt thông tin thường dùng mã số theo tiêu chuẩn DIN 66024. Đây là một tiêu chuẩn con nằm trong hệ tiêu chuẩn Mỹ ASCII (American Standard Code for Information Interchange).

Mã số này cho phép trình bày toàn bộ các thông tin cần thiết cho hoạt động của máy công cụ điều khiển theo chương trình số.

Mã số theo tiêu chuẩn DIN 66024 cũng là mã số ISO. Đó là hệ mã số 7 bit, mỗi một ký tự biểu đạt đều được trình bày qua sự tổ hợp của 7 bit. Như vậy ta có thể biểu đạt:

$$2^7 = 128 \text{ ký tự khác nhau.}$$

7 bit của một ký tự được bổ sung thêm bit thứ 8 - bit kiểm tra - sao cho mỗi ký tự đều thường xuyên đưa ra một số chẵn của 1 bit.

Bảng 2-2. trình bày mã số theo DIN 66024 (hoặc ISO) cho 50 ký tự có các tổ hợp bit xác định.

Chú ý:

- Hệ Binary Coded Decimal Numerals (BCD): mỗi chữ số trong một con số thập phân được mã hóa nhị phân riêng. Ví dụ, số thập phân 359 mã hóa trong code BCD như sau:

011	0101	1001
↓	↓	↓
$1.2^1 + 1.2^0$	$1.2^2 + 1.2^0$	$1.2^3 + 1.2^0$
$2 + 1$	$4 + 1$	$8 + 1$
3	5	9

- Các ký tự biểu đạt chữ viết tắt:

NUL	No	Ký tự điền đầy, không mang ý nghĩa nào
BS	Backspace	Bước lùi của cơ cấu viết trong một dòng
HT	Horizontal Tabulator	Ký tự chỉ chuyển tiếp của cơ cấu viết đến vị trí cột chữ tiếp theo trong một dòng
LF	Line Feed	Đổi dòng (xuống dòng)
CR	Carriage Return	Lùi giá bút viết. Ký tự chỉ chuyển động lùi của cơ cấu viết đến vị trí cột đầu tiên trong một dòng
SP	Space	Khoảng trống giữa hai ký tự (giá bút viết tiến một bước nhưng bỏ trống, không có ký tự được viết)
DEL	Delete	Xóa các ký tự viết sai hoặc ký tự không mong muốn

Bảng 2-2.

Bit-Nr. (K = bit kiểm tra)	K	7	6	5	4	3	2	1			
Số rãnh (T = rãnh chu kỳ)	8	7	6	5	4	T	3	2	1		
Mã nhị phân				2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>		2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>		
Nr.	Ký tự	T	ố	h	ợ	p	ký	tự	0	và	1
1	NUL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	BS	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	HT	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
4	LF	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
5	CR	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1
6	SP	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7	(	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
8	)	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
9	%	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
10	:	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
11	/	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
12	+	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
13	-	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1
14	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
15	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
16	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
17	3	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
18	4	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
19	5	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
20	6	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
21	7	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
22	8	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
23	9	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
24	A	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
25	B	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

26	C	1	1	0	0	0	0	0	1	1
27	D	0	1	0	0	0	0	1	0	0
28	E	1	1	0	0	0	0	1	0	1
29	F	1	1	0	0	0	0	1	1	0
30	G	0	1	0	0	0	0	1	1	1
31	H	0	1	0	0	1	0	0	0	0
32	I	1	1	0	0	1	0	0	0	1
33	J	1	1	0	0	1	0	0	1	0
34	K	0	1	0	0	1	0	0	1	1
35	L	1	1	0	0	1	0	1	0	0
36	M	0	1	0	0	1	0	1	0	1
37	N	0	1	0	0	1	0	1	1	0
38	O	1	1	0	0	1	0	1	1	1
39	P	0	1	0	1	0	0	0	0	0
40	Q	1	1	0	1	0	0	0	0	1
41	R	1	1	0	1	0	0	0	1	0
42	S	0	1	0	1	0	0	0	1	1
43	T	1	1	0	1	0	0	1	0	0
44	U	0	1	0	1	0	0	1	0	1
45	V	0	1	0	1	0	0	1	1	0
46	W	1	1	0	1	0	0	1	1	1
47	X	1	1	0	1	1	0	0	0	0
48	Y	0	1	0	1	1	0	0	0	1
49	Z	0	1	0	1	1	0	0	1	0
50	DEL	1	1	1	1	1	0	1	1	1

Bít kiểm tra

Vùng bít dành cho các ký tự chữ cái

Vùng bít dành cho các ký tự số thập phân

Các giá trị số trong hệ nhị phân

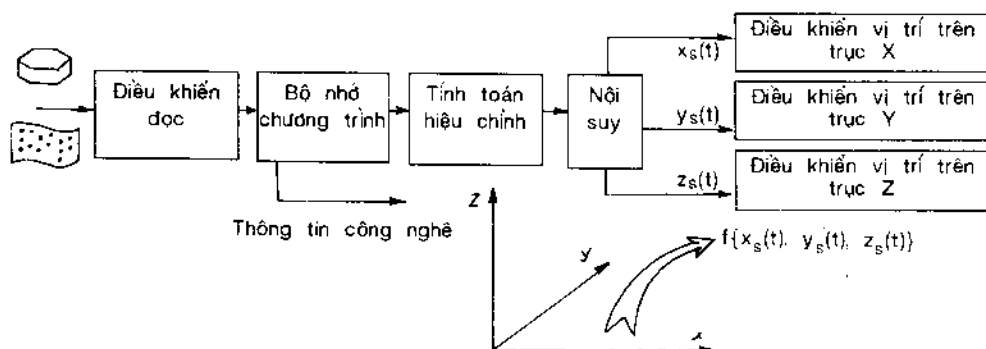
Rãnh dẫn bằng

Các giá trị số trong hệ nhị phân



## 2.5. XỬ LÝ THÔNG TIN (XỬ LÝ DỮ LIỆU) TRONG ĐIỀU KHIỂN SỐ

Hình 2-3 trình bày sơ đồ xử lý các dữ liệu chương trình trong điều khiển số.



Hình 2-3 Dòng thông tin trong mạch điều khiển vị trí của hệ CNC.

### 2.5.1. Điều khiển đọc

Điều khiển đọc bao quát cả quá trình đọc tin. Nó kiểm tra các thông tin đã được đọc về tính đúng đắn của hình thức cấu trúc tin (tính chẵn của số bit trong mã ISO) và ngừng ngay quá trình đọc khi phát hiện các cấu trúc tin mắc lỗi.

### 2.5.2. Bộ nhớ chương trình

Bộ nhớ chương trình đảm bảo chuẩn bị và thực hiện các bước xử lý song song (xử lý đồng thời) các thông tin của một công đoạn gia công vốn đã được đọc vào theo thứ tự từng bước (dạng chuyển động, tọa độ của điểm kết thúc chuyển động, tốc độ trên đường biên dạng, số vòng quay và chiều quay của trục chính).

Dung lượng bộ nhớ của các hệ CNC hiện đại cho phép nội dung thông tin của nhiều chương trình con được lưu trữ cùng lúc trong bộ nhớ.

### 2.5.3. Cụm tính toán hiệu chỉnh

Cụm tính toán hiệu chỉnh có nhiệm vụ đảm bảo các dữ liệu chương trình đọc vào phù hợp với không gian làm việc của máy. Các tính toán hiệu chỉnh còn được đòi hỏi nhằm:

- Đảm bảo vị trí của hệ tọa độ chi tiết gia công trong hệ tọa độ máy (hình 2-4). Nhờ vậy trong chương trình, tất cả các tọa độ điểm trên biên dạng đều được tính dựa trên cơ sở hệ tọa độ chi tiết gia công.
- Đảm bảo có tính đến sai lệch giữa kích thước lắp thực tế của dao với kích thước danh nghĩa của dao, chúng thường làm cơ sở cho các chương trình con (hình 2-5).

Ví dụ, khi lập trình rất dễ không để ý đến chiều dài dao. Đoạn ZNA (đoạn đường song song với trục Z từ điểm N đến điểm A) được lập trình như đoạn đường chạy vào tiếp cận với chi tiết gia công. Chiều dài thực sự của dao sẽ được đưa vào hệ điều khiển

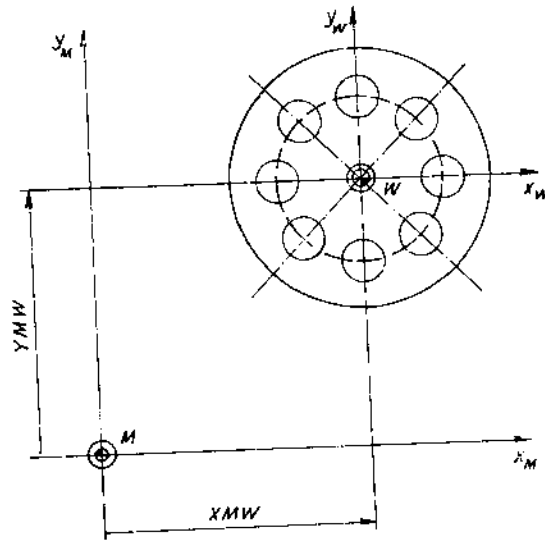
ngay khi thao tác trên máy. Cụm tính toán hiệu chỉnh sẽ tính cho đoạn đường tiếp cận tăng/giảm thích hợp:

$$ZPA = ZNA - ZPN$$

- Đảm bảo tính toán biên dạng tương đương so với biên dạng chi tiết trong khoảng cách bằng bán kính dao, nếu trong chương trình, các tọa độ của biên dạng chi tiết cũng được lập trình (hình 2-6).

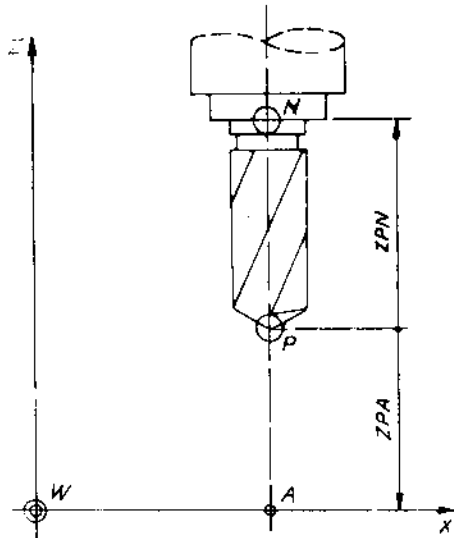
#### 2.5.4. Bộ nội suy

Bộ nội suy tính toán tọa độ của các điểm trên đường dịch chuyển dọc theo biên dạng cần, đoạn biên dạng giữa điểm khởi xuất và điểm kết thúc mà tọa độ của chúng đã được đưa vào chương trình (hình 2-7). Việc tính toán được thực hiện với một tần số phụ thuộc vào tốc độ chạy dao  $\mu$ . Các tọa độ



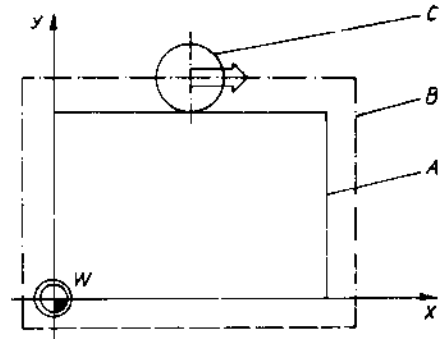
Hình 2-4. Dịch chuyển điểm gốc của hệ tọa độ chi tiết so với điểm gốc của hệ tọa độ máy.

M: Gốc tọa độ máy; W: Gốc tọa độ chi tiết; X<sub>MW</sub>: Giá trị lượng dịch chuyển của điểm W so với điểm M theo hướng X; Y<sub>MW</sub>: Giá trị lượng dịch chuyển của điểm W so với điểm M theo hướng Y;



**Hình 2-5.** Lượng điều chỉnh tính đến chiều dài thực của dao

A. Điểm trên chi tiết, tại đó điểm cắt của dao P cần phải đi tới; N. Điểm chuẩn của cơ cấu kẹp dao; P. Điểm chuẩn của dao cắt; W. Điểm gốc của hệ tọa độ chi tiết



**Hình 2-6.** Tính toán khoảng cách tương ứng theo bán kính dao.

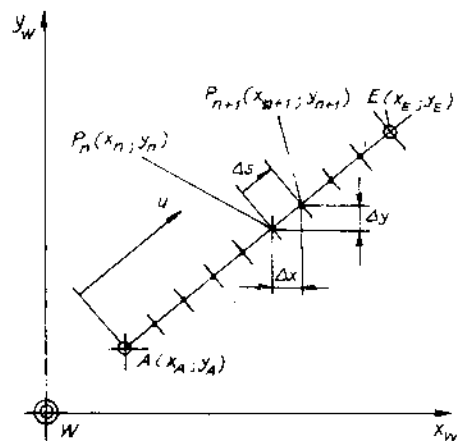
A. Biên dạng chi tiết; B. Khoảng cách tương ứng so với biên dạng chi tiết theo bán kính dao phay; C. Dao phay; W. Gốc tọa độ chi tiết

$x_n(t)$ ,  $y_n(t)$  là các giá trị cần về vị trí, cấp vào mạch điều chỉnh vị trí trên những trục chuyển động khác nhau của hệ điều khiển. Các đại lượng dẫn sẽ tác động vào mạch điều chỉnh vị trí, nhờ đó các trục máy được dẫn động theo những giá trị cần và thông qua chuyển động điều chỉnh đồng thời trên nhiều trục, biên dạng đòi hỏi sẽ được sản sinh.

### 2.5.5. Phân biệt hệ điều khiển NC và CNC

- Điều khiển NC (Numerical Control)

Đặc tính của hệ điều khiển này là "chương trình hóa các mối liên hệ",



**Hình 2-7.** Nội suy biên dạng tuyến tính.

A. Điểm khởi động; E. Điểm đích. W. Gốc tọa độ chi tiết

trong đó mỗi mảng linh kiện điện tử riêng lẻ được xác định một nhiệm vụ nhất định, liên hệ giữa chúng phải thông qua những dây nối hàn cứng trên các mạch logic điều khiển.

Chức năng điều khiển được xác định chủ yếu bởi phần cứng.

- Điều khiển CNC (Computerized Numerical Control)

Điều khiển CNC là một hệ điều khiển có thể lập trình và ghi nhớ. Nó bao hàm một máy tính cấu thành từ các bộ vi xử lý (microprocessor) kèm theo các bộ nhớ ngoại vi.

Đa số các chức năng điều khiển đều được giải quyết thông qua phần mềm, nghĩa là các chương trình làm việc có thể thiết lập trước.

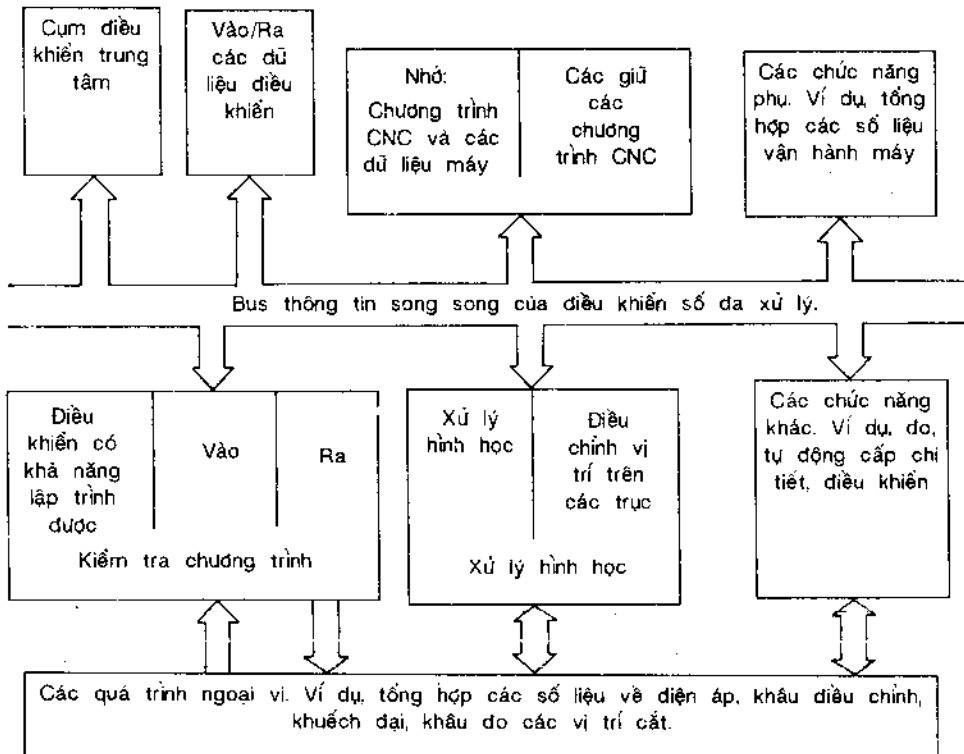
Nhờ các chương trình hệ thống CNC (người sử dụng thường khó có thể can thiệp vào chương trình này) mà các máy tính có thể được sử dụng để thực hiện những chức năng điều khiển yêu cầu.

Do các hệ điều khiển số hiện đại đều có nguyên lý cấu trúc và xử lý dữ liệu theo dạng điều khiển CNC, các phần thảo luận tiếp theo chỉ bàn tới hệ điều khiển này.

## ĐIỀU KHIỂN CNC

### 3.1. CẤU TRÚC CỦA HỆ ĐIỀU KHIỂN CNC

Hình 3-1 trình bày cấu trúc điển hình của một hệ điều khiển CNC đa xử lý. Đặc tính cơ bản của hệ là bao hàm một bus - thông tin song song tiêu chuẩn và những môđun phần cứng tiêu chuẩn.



Hình 3-1. Điều khiển CNC đa xử lý

#### 3.1.1. Bus thông tin song song

"Bus" theo quan niệm của kỹ thuật số là một đường dẫn liên hệ cho các tín hiệu. Tất cả các cấu tử phần cứng trong hệ điều khiển đều được nối ghép liên hệ với bus.

Đường dẫn trong bus có tác dụng hai chiều (bidirectional), nghĩa là, tín hiệu chạy trong bus theo hai chiều khác nhau.

Kề bên bus có thể cài đặt nhiều môđun tác dụng, trong đó mỗi môđun tác dụng có thể giải quyết một lưu thông dữ liệu.

### 3.1.2. Các môđun phần cứng tiêu chuẩn

- Xử lý trung tâm cho điều khiển quá trình trung tâm.
- Các xử lý cho những nhiệm vụ điều khiển cụ thể khác nhau.
- Bộ nhớ các dữ liệu điều khiển và dữ liệu máy.
- Các môđun xử lý hình học trong từng trục riêng lẻ.
- Các giao diện (interface) "vào/ra - nhị phân" cho xử lý các dữ liệu công nghệ.
- Các giao diện có tính trình tự để nối ghép các điều khiển ngoại vi.

### 3.1.3. Ưu điểm của phương thức điều khiển CNC

- Tính linh hoạt: Sử dụng nhiều môđun điều khiển như nhau cho các nhiệm vụ điều khiển khác nhau; có thể trang bị lại khi cần mở rộng phạm vi nhiệm vụ điều khiển.
- Tuổi bền của hệ thống cao: Do bus hệ thống không lệ thuộc vào microprocessor; do sự trao đổi thông tin của từng môđun riêng lẻ đều có giải pháp kỹ thuật tốt nhất.
- Tính tiện dụng: Thời gian thiết lập nhanh, mọi công tác dịch vụ bảo dưỡng và đào tạo sử dụng đều được thống nhất hóa.

## 3.2. CÁC CẤU TỬ PHẦN CỨNG CỦA ĐIỀU KHIỂN CNC

### 3.2.1. Cụm vi xử lý $\mu P$ (microprocessor)

Cụm vi xử lý thực chất là hạt nhân của một thiết bị xử lý số, nó thực hiện các chức năng tính toán và điều khiển.

Nếu tất cả linh kiện điện tử cần thiết cho chức năng xử lý, kể cả những đường dây liên hệ giữa chúng, được gộp lại (ghép mạch) trên một bản nhỏ bằng chất bán dẫn, kích thước mỗi cạnh chỉ vài milimet (chíp thông tin có vi mạch tích hợp cực lớn - VLSI), ta gọi nó là một cụm vi xử lý  $\mu P$ .

Hình 3-2. chỉ rõ nguyên tắc cấu trúc của một  $\mu P$ , các phần tử chính yếu bao gồm:

*Bộ nhớ sơ bộ, không lưu chọn (Scratch - Pad - Memory)*, còn gọi là truy nhập phụ trợ. Bộ nhớ này chứa đựng những thông tin cần thiết cho điều khiển diễn biến chương trình, ví dụ đếm mỗi bước nhảy của chương trình, truy nhập các chỉ số, truy nhập các địa chỉ cơ bản.

*Truy nhập cảnh báo (Flag-register)* , trong đó mỗi cảnh báo là một dấu

hiệu chuyên dụng hay tín hiệu báo sự xuất hiện của một trạng thái xác định. Ví dụ, trạng thái tràn ngập, trạng thái truyền đạt, trạng thái rỗng trong nội dung bộ tích nhớ. Đa số các cảnh báo được đưa ra một cách tự động từ bộ xử lý. Những "lệnh nhảy có điều kiện" tạo khả năng phân nhánh trong nội bộ chương trình hoặc những bước nhảy vào/ra chương trình con tùy thuộc vào những cảnh báo khác nhau.

**Bộ tích nhớ (Accumulator)** là bộ nhớ hàm chứa những dữ liệu cần nối ghép và tiếp nhận kết quả của những tính toán số học và tính toán logic dùng để thực hiện mạch nối ghép.

**Cụm logic số ALU (Arithmetic Logic Unit)** là một phần của  $\mu P$ , đảm nhận các tính toán số học (ví dụ: cộng, trừ, nhân, chia) và các tính toán logic (ví dụ: so sánh).

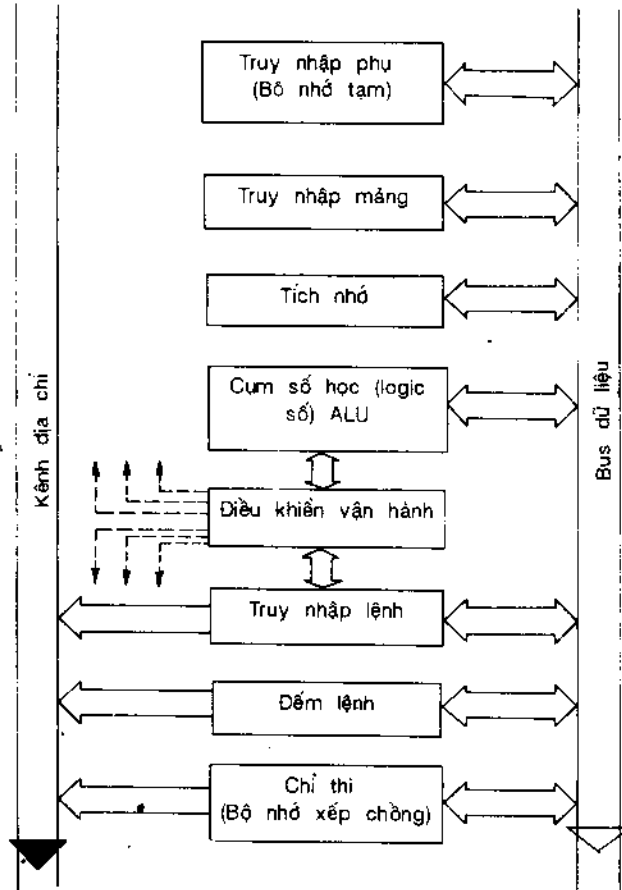
**Điều khiển thao tác lệnh** giải mã phần điều hành của mỗi lệnh chứa trong phần truy nhập lệnh và sản sinh các tín hiệu điều khiển cho quá trình thực hiện lệnh.

**Truy nhập lệnh** là bộ nhớ các lệnh vừa được xử lý.

**Bộ phát lệnh** truy nhập những địa chỉ của các lệnh chạy hoặc là thứ tự của chúng.

Các bộ phát lệnh, truy nhập lệnh và điều khiển thao tác lệnh hợp thành cụm điều khiển của microprocessor.

**Bộ nhớ xếp chồng (Stack-pointer)**. Hoạt động theo nguyên tắc LIFO (Last



Hình 3-2. Sơ đồ khối của một  $\mu P$  (microprocessor).

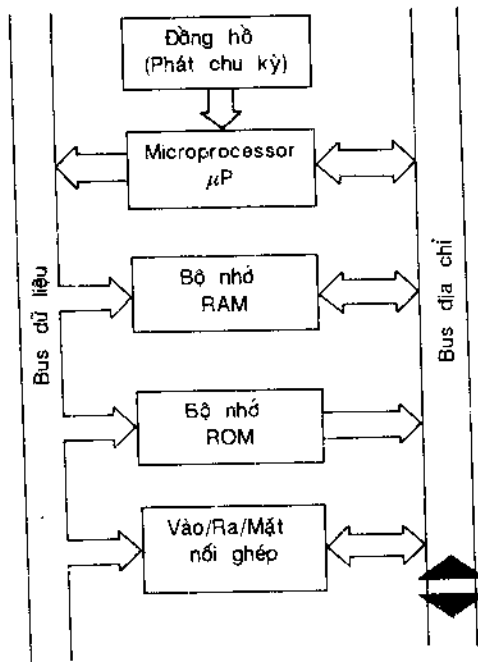
In / First Out), nghĩa là thông tin truy nhập cuối cùng lại được đưa ra đầu tiên.

Khi viết vào bộ nhớ này một thông tin, thứ tự của nó được đánh theo chiều giảm (decremental) và khi đọc ra theo thứ tự tăng dần (incremental), sao cho nó luôn luôn có chỗ nhớ, tại đó một thao tác vừa được thực hiện.

### 3.2.2. Máy vi tính

Nếu bổ sung thêm cho microprocessor một số cụm chức năng mở rộng, ta sẽ có một máy vi tính. Các cụm kết cấu cơ bản của máy vi tính được trình bày trên hình 3-3.

- Máy phát chu kỳ (tactgenerator), gọi đơn giản là đồng hồ. Thực chất là một cụm phát dao động nhờ tinh thể thạch anh, sản sinh chu kỳ chuẩn cho tiến trình làm việc của microprocessor
- Bộ nhớ ROM (Real Only Memory) là bộ nhớ mà nội dung của nó chỉ đọc được nhưng không cái biến được, cũng như không xóa được (còn gọi là nhớ chết). Nội dung bộ nhớ do các nhà chế tạo thiết lập trong khi sản xuất các cụm vi mạch IC. Các thông tin đã lưu trữ vẫn giữ lại được khi cắt điện áp nguồn. Các bộ nhớ ROM được sử dụng trong các cụm điều khiển  $\mu P$  với chức năng là "bộ nhớ chương trình hệ thống". Chương trình hệ thống của các hệ điều khiển số ngày nay chiếm khoảng 50 Kbyte hay nhiều hơn nữa (1 Kbyte = 1024 Byte).



Hình 3-3. Sơ đồ khối của một vi xử lý (vi tính).

- Bộ nhớ RAM (Random Access Memory) là bộ nhớ đọc - viết với sự can



thiếp tùy chọn, nghĩa là người sử dụng có thể viết vào, trích ra hoặc xóa bỏ các dữ liệu. Trong máy vi tính, RAM có chức năng lưu trữ các chương trình và dữ liệu. Nó bao gồm ba loại:

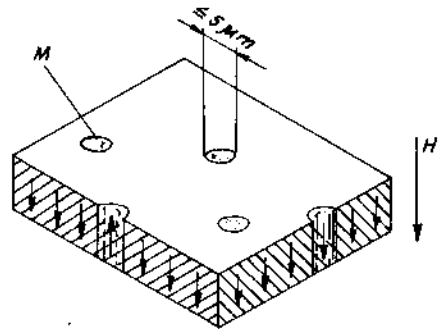
**Bộ nhớ RAM động (RAM dynamics):** Sử dụng dung lượng nhớ trong để lưu trữ thông tin. Những thông tin nhị phân trình bày thông qua trạng thái tích nạp của tụ. Tổn hao tích nạp khi bị dò điện phải được làm cho cân bằng ngay trong một vài phần nghìn giây (refreshing).

Mặc dù, để thực hiện được điều đó cần phải có thêm những phần cứng, nhưng RAM động vẫn là ưu việt vì các ô nhớ chiếm rất ít chỗ so với RAM tĩnh (RAM statics).

**Bộ nhớ RAM tĩnh (RAM statics):** Sử dụng các Byte của vi mạch Flipflop cấu thành từ các tranzito.

Trong khi các bộ nhớ RAM tĩnh và RAM động đều mất đi các thông tin đã lưu trữ khi bị cắt điện áp nguồn, thì bộ nhớ từ hóa (Bubble Memory) vẫn giữ lại được những thông tin này ngay cả khi mất điện áp.

Trong Bubble Memory, nơi chứa các thông tin lưu trữ là những khoang bị nhiễm từ dạng hình trụ rất nhỏ ( $\phi \leq 5 \mu\text{m}$ ), có vị trí thẳng đứng trong một màng vật liệu từ rất mỏng và có thể được nhận biết do chúng có chiều từ hóa ngược với chiều từ trường của màng vật liệu (hình 3-4).



Hình 3-4. Bộ nhớ từ hóa (bubble memory).

H. Từ trường; M. Từ trường ngược hướng.

Nhờ một từ trường ngoài, những khoang nhiễm từ có thể chuyển dịch được trên một đường xác định. Một tín hiệu được thể hiện bởi sự tồn tại của một khoang bị nhiễm từ tại một chỗ xác định. Do có dung lượng nhớ lớn, lại không phụ thuộc vào việc cấp điện áp nguồn mà bộ nhớ từ hóa ngày càng được ứng dụng nhiều trong hệ điều khiển CNC.

### 3.3. NGUYÊN TẮC LÀM VIỆC CỦA MICROPROCESSOR

**3.3.1. Bộ phát lệnh (Instruction Pointer) đưa ra địa chỉ của các lệnh mới**

Lệnh được đọc ra, được giải mã và được thực hiện. Nếu lệnh đó là một

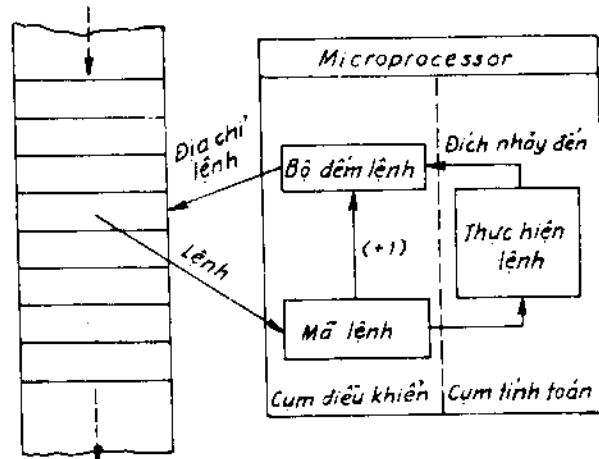
lệnh nhảy (nhảy đến một địa chỉ lệnh khác), địa chỉ nhảy được tích vào bộ phát lệnh. Với những dạng lệnh thông thường thì bộ phát lệnh đếm tăng lên 1 (hình 3-5).

### 3.3.2. Phần mềm hệ thống của điều khiển số

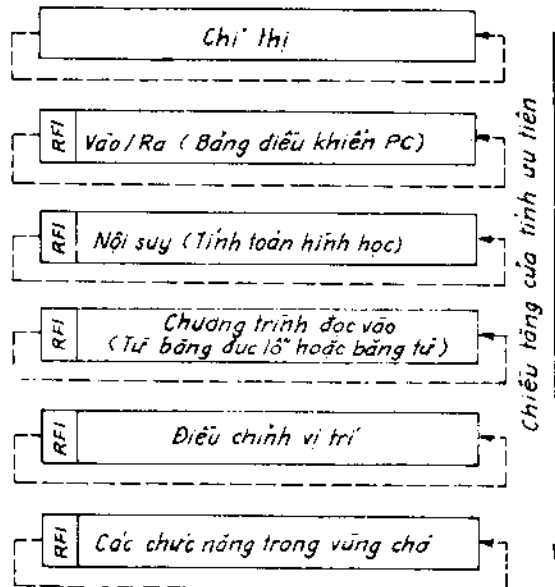
Phần mềm hệ thống bao gồm nhiều khối liên hệ với nhau (ví dụ: vào/ra, nội suy, điều chỉnh vị trí). Những bộ phận chương trình này được xử lý theo chu kỳ, trong đó những đòi hỏi từ bộ phát chu kỳ ngoại vi (Hardware - Interrupts = lệnh ngắt thuộc phần cứng) hay qua phần mềm của hệ thống (Software - Interrupts = lệnh ngắt thuộc phần mềm) được xử lý

Hình 3-6 chỉ rõ cấu trúc ưu tiên trong phần mềm hệ thống của một hệ điều khiển số. Các chương trình có mức ưu tiên cao hơn, theo quy luật, chạy thường xuyên hơn là những chương trình có mức ưu tiên thấp hơn. Tuy nhiên, nhìn chung phải đảm bảo được mỗi một

Chương trình hệ thống điều khiển số (phần mềm)



Hình 3-5 Nguyên lý làm việc của microprocessor.



Hình 3-6. Cấu trúc ưu tiên của phần mềm hệ thống trong điều khiển số  
RFI: Request for Interrupt.

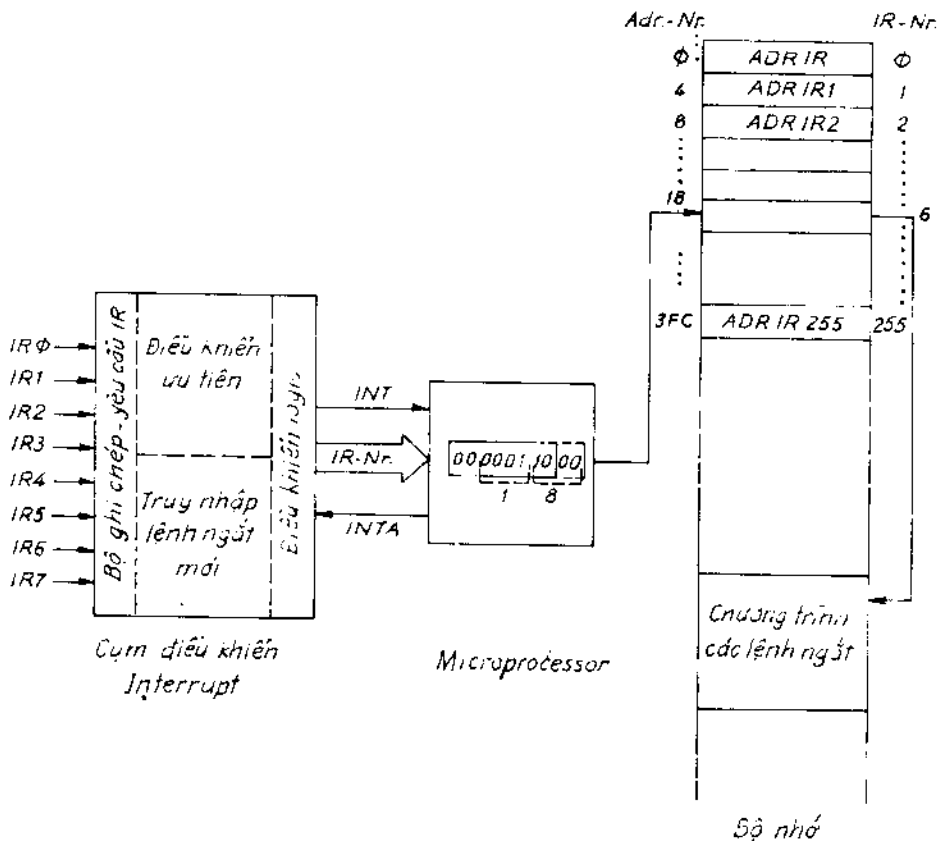
khởi chương trình có thể chạy lại được thường xuyên và chỉ như thế thì toàn bộ hệ thống mới hoạt động tốt.

### 3.3.3. Ví dụ về lệnh ngắt

µP vừa chạy trong khối chương trình "hiển thị" và đưa thông tin lên màn hình. Nếu thời gian chu kỳ đã được xác định, được điều khiển bởi cụm phát chu kỳ và đã đến điểm kết thúc, chương trình "hiển thị" sẽ bị ngắt (interrupts). Điều này cũng xảy ra nếu thời gian chu kỳ dù chưa đến điểm kết thúc nhưng một chương trình mới có mức ưu tiên cao hơn được đưa vào xử lý.

Quá trình chạy một interrupts trình bày trên hình 3-7.

Các  $\mu P$  được ghép nối với một cụm điều khiển interrupt, cụm này lưu trữ những lệnh ngắt đi tới trong bộ truy nhập lệnh ngắt (Interrupt - Request - Register).



**Hình 3-7.** Cấu trúc của interrupt.

Điều khiển ưu tiên của cụm điều khiển interrupt sẽ so sánh lệnh mới tới với lệnh hiện đang xử lý. Nếu lệnh mới có mức ưu tiên cao hơn,  $\mu P$  sẽ nhận được tín hiệu "INT". Theo đó,  $\mu P$  sẽ kết thúc nốt lệnh đang xử lý và khởi động tiếp theo không phải là lệnh kế tiếp theo thông lệ mà là chuyển tín hiệu "INTA" (Interrupt Acknowledge) đến cụm điều khiển interrupt. Cụm này thông báo cho  $\mu P$  số của lệnh ngắt mới. Cụm tính toán dùng số của lệnh này để tìm địa chỉ của chương trình đòi hỏi.

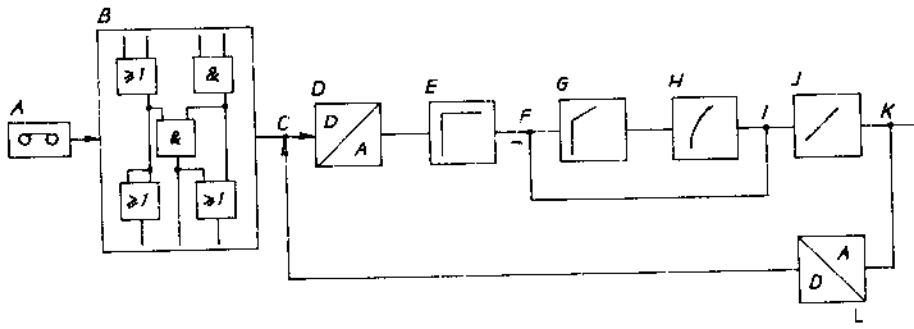
Chương trình này được đưa vào xử lý cho đến khi nó bị ngắt bởi một lệnh khác có mức ưu tiên cao hơn hoặc cho đến khi phần mềm quay lại tại điểm kết thúc chương trình của interrupt.

### 3.4. CÁC MỨC PHÁT TRIỂN CỦA HỆ ĐIỀU KHIỂN CNC ĐA XỬ LÝ

Sự phát triển từ hệ NC đến hệ CNC từ 1970 đến nay là tiến trình song song với sự phát triển công năng của các máy tính.

#### 3.4.1. Mức phát triển vào giai đoạn 1970-71

Hình 3-8 trình bày sơ đồ nguyên tắc của một hệ NC có hệ thống đo vị trí số (digital) và mạch điều chỉnh vị trí liên tục, trong đó việc xác định nhiệm vụ điều khiển dựa vào các đường dây liên hệ cứng, còn gọi là lập trình qua các liên hệ cứng.



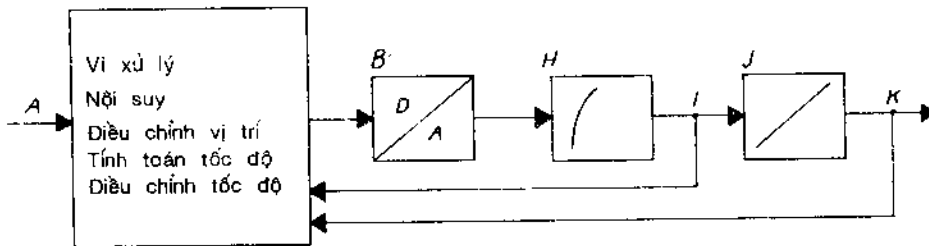
Hình 3-8. Sơ đồ khối của hệ điều khiển số (NC) có liên hệ với hệ thống đo vị trí hiện số và mạch điều chỉnh vị trí.

- A. Đọc bảng dục lỗ; B. Mạch logic ghép cứng; C. So sánh giá trị cần thực về vị trí;  
D. Biến đổi số/tương tự; E. Khuếch đại; F. So sánh giá trị cần thực về tốc độ;  
G. Khuếch đại điều chỉnh; H. Động cơ chạy dao; I. Vị trí đo tốc độ; J. Bàn máy;  
K. Cụm đo vị trí; L. Biến đổi tương tự/số.

Mức phát triển quá độ tiến tới điều khiển CNC đa xử lý là chuyển giao cho máy vi tính những nhiệm vụ xử lý không yêu cầu gắn liền theo thời gian. Ví dụ, quản lý dữ liệu, tính toán các giá trị hiệu chỉnh, điều khiển đọc vào..., ta gọi đó là hệ CNC thụ động.

### 3.4.2. Mức phát triển hiện tại

Trong các hệ CNC hiện đại, cụm vi tính đảm nhiệm luôn các xử lý gắn chặt với yếu tố thời gian, ví dụ như nội suy, điều chỉnh vị trí... Đó là các hệ CNC điều chỉnh chủ động (hình 3-9).



Hình 3-9. Sơ đồ khối của hệ điều khiển CNC đa xử lý / hai trục điều khiển.  
(General Electric 1050 HLX).

A. Nạp dữ liệu chương trình; B. Biến đổi số / tương tự;  
H. Động cơ chạy dao; I. Cụm đo tốc độ; J. Bàn máy; K. Cụm đo vị trí.

Từ hệ CNC thụ động đến hệ CNC điều chỉnh chủ động cũng là sự thay đổi từ mạch điều chỉnh vị trí liên tục (stetic) sang mạch điều chỉnh vị trí không liên tục (discret), vì rằng, tốc độ làm việc của các microprocessor theo phương thức trình tự chậm hơn đáng kể so với tần số phát của hệ thống điều khiển số lập trình qua các liên hệ cứng, làm việc song song. Những phát triển theo chiều sâu của vấn đề điều chỉnh vị trí vẫn đang được tiếp tục nghiên cứu và ngày càng tiến bộ (xem mục 3.5).

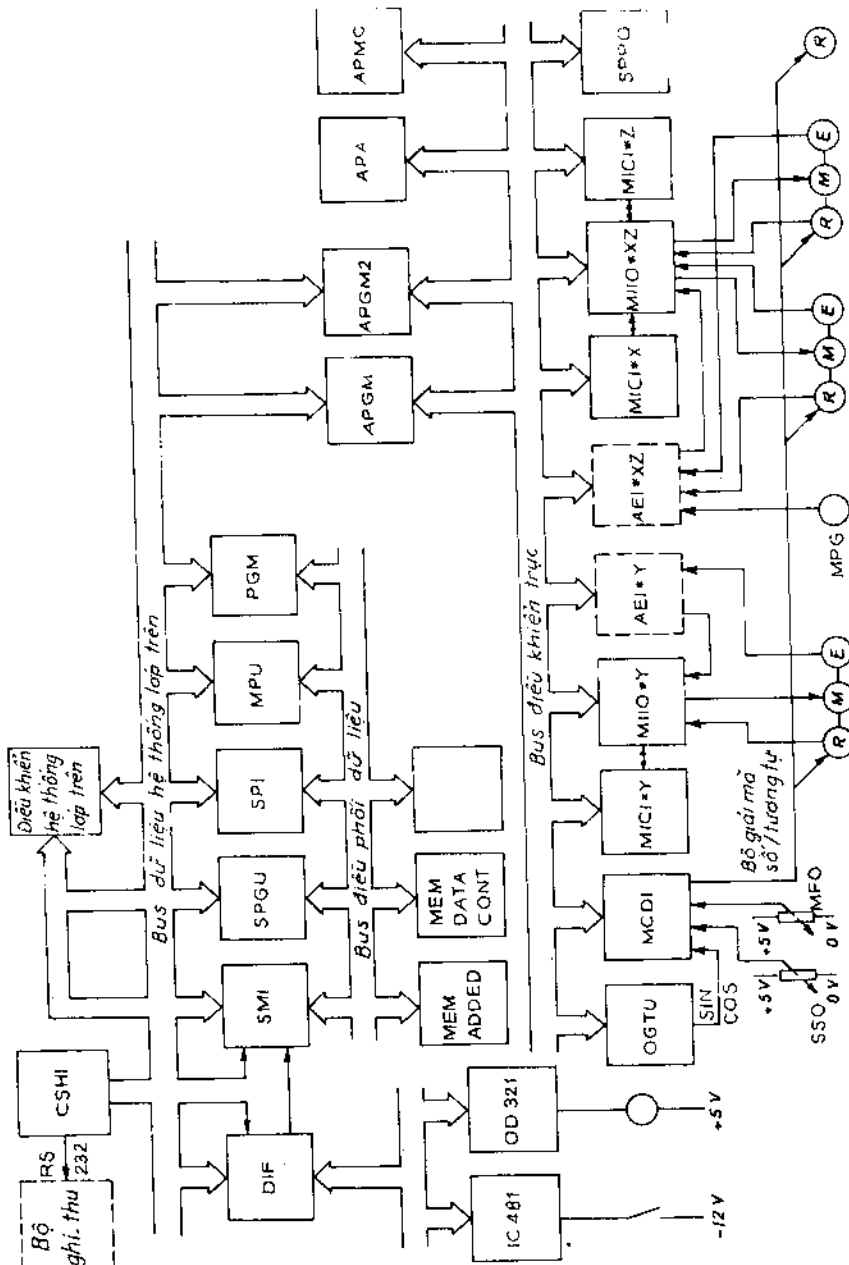
## 3.5. MÔ TẢ CHỨC NĂNG CỦA MỘT HỆ ĐIỀU KHIỂN ĐA XỬ LÝ

Hình 3-10. mô tả sơ đồ khối hệ thống của một hệ điều khiển CNC đa xử lý hai trục điều khiển.

### 3.5.1. Các khối chức năng của cụm điều khiển trung tâm

- Cụm điều khiển trung tâm SUP (Supervisor). Đó là một microprocessor có cấu trúc như ở hình 3-2.

- Giao diện lọc số DIF (Digital Filter Interface). Khối chức năng này có ba nhiệm vụ:



Hình 3-10. Mô tả chức năng của một hệ điều khiển đa xử lý

Ghép nối cụm điều khiển trung tâm với các cụm chức năng khác.  
Là mạch logic chuyển các dữ liệu sang dạng trình tự.

Là bộ lọc số đầu vào: bộ lọc kiểm tra các đầu vào theo chu kỳ. Mỗi biến đổi của tín hiệu vào phải dừng lại tối thiểu trong bốn chu kỳ kiểm tra kế tiếp nhau trên cùng một mức logic, qua đó mạch lọc sẽ thông báo cho điều khiển sự biến đổi.

- Bộ nhớ của Cụm điều khiển trung tâm và giao diện SMI (Supervisor Memory, Interface)

Khối chức năng này gồm các EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory = ROM có thể xóa được). Với các tia cực tím chúng có thể được xóa toàn bộ và thiết lập chương trình mới. Bộ nhớ hàm chứa các chương trình làm việc của cụm điều khiển trung tâm và trong một nhóm cấu trúc thứ hai, nó chứa các thông tin điều khiển cho giao diện với máy công cụ.

- Biến đổi đầu vào IC (Input Conditioner)

Trong mạch này các tín hiệu đầu vào được chuyển đổi thành các tập tín hiệu cần cho các mạch logic. Các mạch đa chức năng sẽ tiếp nhận và chuyển giao các thông tin đầu vào cho mạch lọc số đầu vào.

- Bộ cấp dữ liệu đầu ra OD (Output Driver)

Mạch này bao gồm những mạch của bộ cấp dữ liệu đầu ra, những logic giải mã và các mạch lưu trữ, dùng để tiếp nhận và lưu trữ các dữ liệu trình tự từ mạch lọc đầu vào

- Bộ điều hành dữ liệu DC (Data Controller)

Bộ điều phối dữ liệu có các nhiệm vụ sau đây:

- Là giao diện chính cho các thông tin nạp từ các nút bấm của bảng điều khiển.
- Là giao diện cho đầu ra các thông tin với màn hình hiển thị và tạo khuôn cho các bộ hiển thị.
- Là giao diện vào ra cho các trang bị ngoại vi.

Đảm nhiệm chức năng phụ cho điều khiển thích ứng để có thể lập trình cho bộ nhớ (PC = Programmable Control = điều khiển lập trình), ví dụ: bộ tính thời gian, bộ đếm, role hàm.

- Tạo khuôn cho các khối chương trình để chuẩn bị chuyển giao cho điều chỉnh vị trí của các trục chuyển động.

### 3.5.2. Bộ điều phối dữ liệu DC (Data Controller)

- **Cụm vi xử lý MPU (Microprocessor Unit)**

Ngoài  $\mu P$ , cụm chức năng này còn có một bộ phát tín hiệu chu kỳ cho  $\mu P$ , một giao diện với bus, một giao diện cho cửa vào bộ nhớ trực tiếp DMA (Direct Memory Access) và một logic điều khiển interput. Nhờ bộ ngắt này mà các lệnh đi tới từ các phím bấm có mức ưu tiên cao hơn các lệnh hệ thống khác.

- **Bộ nhớ chương trình PGM (Program Memory)**

Bộ này gồm các EPROM để lưu trữ các chương trình hệ thống của bộ điều phối dữ liệu và các bộ RAM để nhớ các thông số điều chỉnh máy, số liệu về dao và các giá trị chỉnh lý dao cũng như dữ liệu của các chương trình con. Các bộ RAM này thường là bộ nhớ điện tích hay là bộ nhớ từ hóa để khi mất điện, các thông tin lưu trữ vẫn không bị mất đi.

### 3.5.3. Bộ điều khiển các trục (Axis Controller)

Bộ này có riêng một microprocessor. Tại đây thực hiện tất cả các bước tính toán cần thiết cho các chuyển động tuyến tính, các chuyển động phi tuyến, các chu kỳ công tác cũng như các biến đổi kích thước đo/vùng đo. Nó có các cụm chức năng sau đây:

- **Bộ xử lý số cho các trục APA (Axis Procesor Arithmetic)**

Một  $\mu P$  chạy nhanh (Bit slice) hình thành cụm tính số cho điều khiển

- **Vi xử lý điều khiển trục APMC (Axis Processor Microcontroller)**

Cụm chức năng này bao gồm các EPROM lưu trữ các mã lệnh điều khiển chuyên dụng, ngoài ra còn có các logic nhảy, logic kiểm tra, logic cấp các địa chỉ kế tiếp và bộ giải mã các lệnh điều khiển.

- **Bộ nhớ chương trình các trục APGM (Axis Program Memory).** Bao gồm các EPROM lưu trữ chương trình điều khiển các trục

- **Giao diện máy/hệ điều khiển MIC (Machine Interface Control)**

Trong cụm chức năng này có các bộ tính toán vi phân số DDA (Digital Differential Analysator) để nội suy tính xác giữa các điểm trên biên dạng; bộ chỉ dẫn đường dịch chuyển, kiểm tra chiều của đường dịch chuyển và bộ truy nhập cho các vị trí tuyệt đối. Mỗi một trục điều khiển đều có đủ các bộ phận nêu trên.

- **Giao diện máy Vào/ Ra MIIIO (Machine Interface Input/ Output)**



Trên mỗi trục điều khiển cụm chức năng này có một bộ biến đổi Số/Tương tự D/A (Digital/Analog) để sản sinh các lệnh điều khiển tốc độ cần; biến đổi dạng tín hiệu của các tín hiệu vị trí từ điều khiển đường đi tới để đưa ra các tín hiệu chạy có dạng hình chữ nhật và một khâu điều khiển cho truy nhập các vị trí tuyệt đối.

- **Phần bù số liệu máy MCD (Machine Compensation Data)**

Nó bao gồm bộ biến đổi Tương tự/Số A/D (Analog/Digital) để biến đổi các đại lượng tương tự thành các đại lượng số chuyển giao cho hệ điều khiển. Những đại lượng tương tự này phát ra từ các biến áp, là phần bù lỗi do đảo chiều của các trục chạy dao, do các biến đổi lượng chạy dao bằng tay MFO (Manual Feedrate Override) hoặc do thay đổi bằng tay số vòng quay trục chính.

- **Điều khiển theo vòng quay trục chính SPPC (Spindel Puls Control)**

Khi cắt ren hoặc khi lập trình, lượng chạy dao tính theo mm / vòng quay trục chính, mạch này sẽ điều khiển truyền động chạy dao phụ thuộc vào số vòng quay trục chính. Ngoài ra nó còn xử lý các tín hiệu phản hồi của bộ đo tốc độ trục chính.

- **Giao diện trục/hệ đo AEI (Axis Encoder Interface)**

Cụm này cần cho các máy có hệ thống đo đường dịch chuyển bằng cảm ứng resolver. Tuy nhiên nó cũng có thể ứng dụng trong các máy có hệ thống đo số mà các tín hiệu đo của nó được biến đổi sao cho có thể xử lý tiếp tục như tín hiệu resolver.

## Phần thứ hai

## TẠO HÌNH TRÊN MÁY CÔNG CỤ CNC

## Chương 4

XỬ LÝ CÁC DỮ LIỆU  
CHƯƠNG TRÌNH TẠO HÌNH

## 4.1. NỘI SỬY

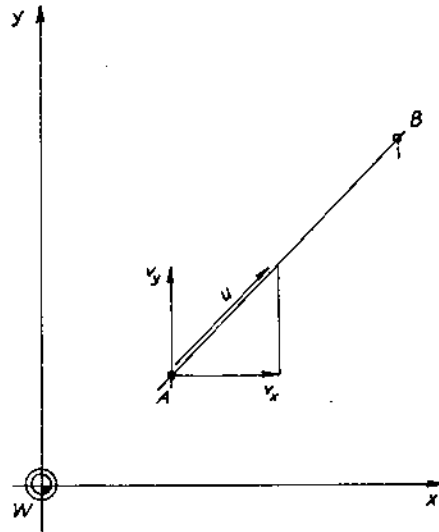
## 4.1.1. Khái niệm, định nghĩa

Trong các máy công cụ điều khiển theo chương trình số, những đường tác dụng giữa dao cụ và chi tiết được hình thành nhờ các dịch chuyển tọa độ trên nhiều trục (hình 4-1).

Trong chương trình bộ phận, tọa độ các điểm góc trên đường tác dụng (trong hình 4-1 là các điểm A và B), tốc độ gia công được xác định bởi điều kiện công nghệ cũng như quy luật chuyển động yêu cầu (trong hình 4-1 là chuyển động tuyến tính) đều được đưa ra trước.

Bộ điều khiển phải xác định từ các dữ liệu này những đại lượng của vectơ tốc độ cũng như một trình tự các giá trị tọa độ vị trí trung gian, có mật độ đủ dày, dọc theo biên dạng cần.

Những giá trị tọa độ vị trí trung gian này hình thành các đại lượng dẫn của mạch điều chỉnh vị trí trên



Hình 4-1. Chuyển động tuyến tính trên các trục không song song thông qua chuyển động đồng thời trên hai trục.

A. Điểm khởi xuất; B. Điểm đích;  $u$ . Tốc độ chuyển động hình thành;  $V_x$ ,  $V_y$ . Tốc độ chuyển động theo các trục tọa độ X và Y.

từng trục chạy dao riêng lẻ (xem Chương 2, mục 2.2: Điều chỉnh vị trí).

Giá trị tọa độ vị trí trung gian được tìm ra trong một cụm chức năng của điều khiển số mà ta gọi là bộ nội suy, nó có các nhiệm vụ sau đây:

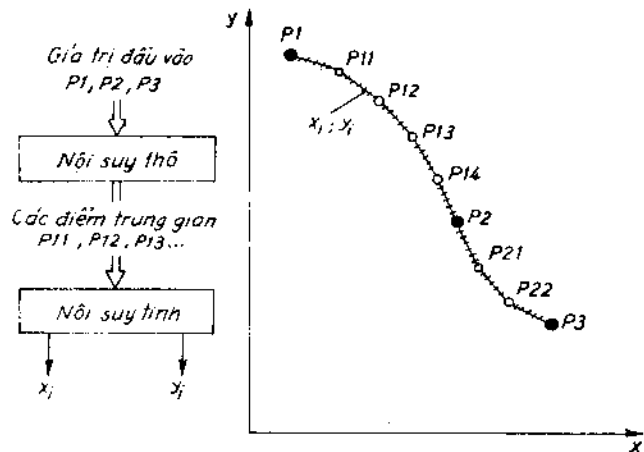
- Tìm ra vị trí các điểm trung gian cho phép hình thành một biên dạng cho trước trong một giới hạn dung sai xác định trước.
- Có thể nội suy một cách thích hợp với các yếu tố biên dạng đòi hỏi. Thông thường những yếu tố biên dạng cơ bản có trong các chi tiết kỹ thuật là những đoạn thẳng và những đường cong. Tương ứng với thực tế đó, các bộ nội suy của điều khiển số thường chỉ giới hạn trong nội suy tuyến tính và nội suy vòng.
- Tốc độ đưa ra tọa độ vị trí trung gian phải phù hợp với tốc độ chạy dao cho trước.
- Đi tới một cách chính xác các điểm kết thúc chương trình đã đưa ra trước trong chương trình.

Nội suy chỉ có thể làm việc theo nguyên tắc số (digital). Nó có thể được thực hiện hoặc bằng các mạch logic nối cứng (chương trình hóa các mối liên hệ NC) hoặc bằng các phần mềm nội suy được lập trình (CNC).

Các hệ thống CNC hiện đại thực hiện nội suy ở hai mức:

1. Một phần mềm nội suy xác định tọa độ các điểm trung gian giữa điểm đầu và điểm cuối của một đoạn biên dạng đã được đưa ra trước trong chương trình (nội suy thô).

2. Một mức nội suy tinh xác, thực hiện tiếp theo nội suy tuyến tính giữa các điểm trung gian này (hình 4-2).



Hình 4-2. Nội suy trong chuyển động phi tuyến.

#### 4.1.2. Các dạng nội suy

Dạng nội suy được phân biệt theo hình thức biên dạng do quá trình nội

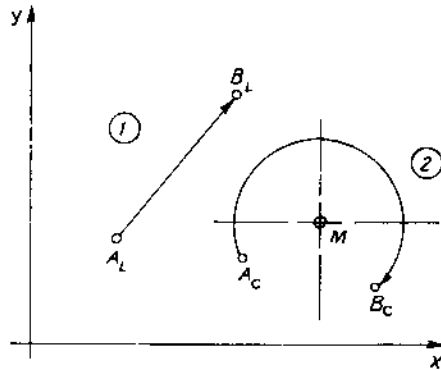
suy sinh ra, giữa điểm đầu và điểm cuối đã xác định trong chương trình của một chuyển động.

Thông thường trong các máy công cụ điều khiển số là dạng nội suy thẳng và nội suy vòng (nội suy tuyến tính và nội suy phi tuyến - hình 4-3).

Đường cong nội suy bậc cao như các parabol hay hypecbol thường không được thực hiện trong các hệ điều khiển số, vì chúng hầu như không có trong các đòi hỏi thực tế.

Với hai dạng nội suy thẳng và nội suy vòng, có thể thực hiện được những khả năng như sau:

- Nội suy thẳng theo 2 trong n trục.
- Nội suy thẳng theo n trong n trục.
- Nội suy vòng theo 2 trong n trục.
- Nội suy vòng theo 2 trong n trục đồng thời với nội suy thẳng theo một trục vuông góc với mặt phẳng của đường tròn nội suy (nội suy theo đường xoắn ốc).



**Hình 4-3.** Nội suy vòng và nội suy tuyến tính.

1. Nội suy tuyến tính:  $A_L$ . Điểm khởi xuất của chuyển động tuyến tính;  $B_L$ . Điểm đích của chuyển động tuyến tính; 2. Nội suy vòng:  $A_C$ . Điểm khởi xuất của chuyển động cong;  $B_C$ . Điểm đích của chuyển động cong;  $M$ . Tâm của chuyển động cong.

## 4.2. PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY

Để xác định giá trị cần vẽ vị trí trên các trục riêng lẻ, người ta ứng dụng các phương pháp nội suy khác nhau.

Một trong các phương pháp nội suy thông dụng nhất là phương pháp "phân tích vi phân số" DDA (Digital Differential Analyse).

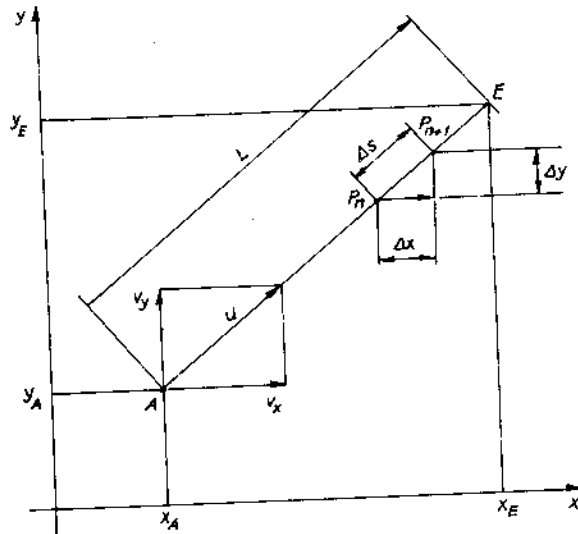
Phương pháp này thực hiện nội suy số tính theo các gia số tốc độ.

### 4.2.1. Phương pháp nội suy thẳng (hình 4-4)

Một con dao cần chuyển động giữa điểm khởi xuất  $P_A$  và điểm kết thúc

$P_E$  theo một đường thẳng với một tốc độ chạy dao  $u$  xác định. Trong thời gian  $T = L/u$ , các đoạn đường thành phần  $(x_E - x_A)$  và  $(y_E - y_A)$  phải được thực hiện.

Các giá trị cần về vị trí hay tọa độ vị trí của các điểm trung gian cần được tính như một hàm số theo thời gian:



Hình 4-4. Nội suy tuyến tính theo phương pháp DOA.  
A. Điểm khởi xuất; E. Điểm đích; L. Chiều dài quãng đường;  
u. Tốc độ chuyển động hình thành;  $V_x$ ,  $V_y$ . Tốc độ chuyển động trên các trục X và Y.

$$x(t) = x_A + \int_0^t V_x dt = x_A + \int_0^t \frac{x_E - x_A}{T} dt$$

$$y(t) = y_A + \int_0^t V_y dt = y_A + \int_0^t \frac{y_E - y_A}{T} dt$$

Chia thời gian  $T$  thành các khoảng  $\Delta t = T/N$  đủ nhỏ, phép tích phân cho phép thay bởi phép cộng số:

$$x(t) = x(n \cdot \Delta t) = x_A + \frac{x_E - x_A}{N} n \quad n = 1, 2, 3, \dots, N$$

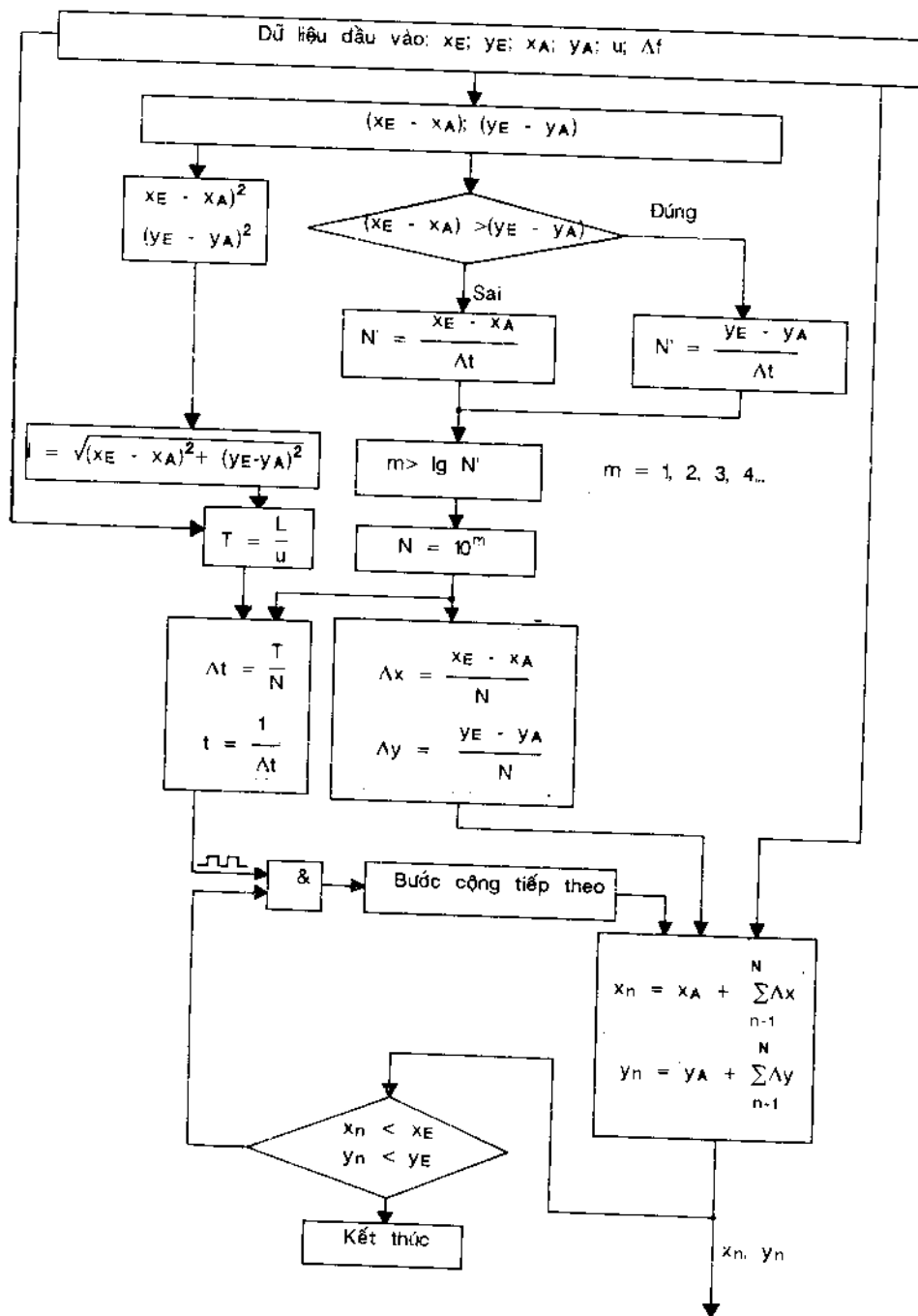
$$y(t) = y(n \cdot \Delta t) = y_A + \frac{y_E - y_A}{N} n$$

Với mỗi bước cộng, giá trị về vị trí lại tăng thêm một bước bằng hằng số.

Để đảm bảo độ chính xác của biên dạng nội suy, các bước cộng bước phải nhỏ hơn suất đơn vị  $\Delta f$  của truyền động chạy dao:

$$\Delta f_{x,y} \geq \max \left| \frac{x_E - x_A}{N} \right| \quad \text{hoặc} \quad \max \left| \frac{y_E - y_A}{N} \right|$$

Trên các máy công cụ điều khiển số, thông thường  $\Delta f = 0,001 \text{ mm}$ .



Hình 4-5. Sơ đồ khối của nội suy tuyến tính.

Trên hình 4-5 là sơ đồ khối của nội suy tuyến tính, tiến trình của nó được chỉ rõ thông qua một ví dụ bằng số trên hình 4-6.

Trong chi tiết tiện (hình 4-6), các giá trị nội suy cho chuyển động tuyến tính từ điểm  $P_A$  đến điểm  $P_E$  phải được xác định.

Suất đơn vị của truyền động chạy dao trên mỗi trục là  $\Delta f = 0,001 \text{ mm}$ .

Tọa độ các điểm gốc của biên dạng, tính theo gốc W là:

$$P_A: x_{PA} = 10; z_{PA} = 80$$

$$P_E: x_{PE} = 30; z_{PE} = 50$$

Chiều dài của biên dạng cần nội suy:

$$L = \sqrt{(x_{PE} - x_{PA})^2 + (z_{PE} - z_{PA})^2}$$

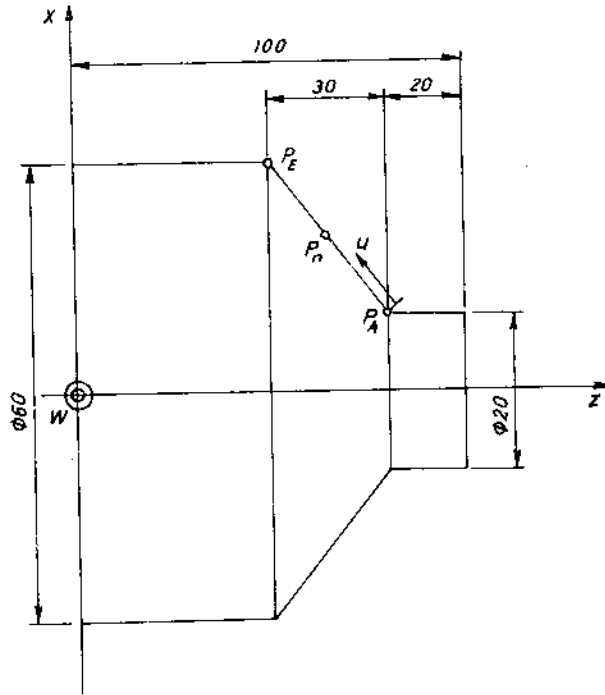
$$L = \sqrt{(30 - 10)^2 + (50 - 80)^2} = 36,056 \text{ mm}$$

Thời gian nội suy:

$$T = \frac{L}{u} = \frac{36,056 \cdot 60}{120} = 18,028 \text{ s}$$

Đại lượng tối thiểu của N:

$$\max \text{ của } \frac{x_{PE} - x_{PA}}{N} \text{ hoặc } \max \text{ của } \frac{z_{PE} - z_{PA}}{N} \text{ phải } \leq 1 \mu\text{m},$$



Hình 4-6. Ví dụ cho nội suy tuyến tính của một chi tiết tiện.

$$N_{\min} = \frac{30}{0.001} = 30000$$

N được làm tròn đến lũy thừa mũ 10 tiếp theo, do đó  $N = 100000$  và khoảng thời gian cho mỗi bước cộng là:

$$\Delta t = \frac{T}{N} = \frac{18,028}{100000} = 0,18 \mu s$$

Tần số nội suy  $f_i$  từ đó được xác định:

$$f = \frac{1}{\Delta t} = 5.556 \text{ kHz}$$

Giá trị tọa độ của các điểm  $P_n$  trong khi nội suy sẽ là:

$$\begin{aligned} x_n &= x_{PA} + \sum_{i=1}^n \frac{x_{PE} - x_{PA}}{N} \\ z_n &= z_{PA} + \sum_{i=1}^n \frac{z_{PE} - z_{PA}}{N} \end{aligned} \quad 1 \leq n \leq N$$

#### 4.2.2. Nội suy vòng theo phương pháp DDA

Phương pháp DDA cũng được ứng dụng trong nội suy vòng.

Giả sử cần chạy cắt theo một đường cong, thì những điểm trung gian trên biên dạng phải được xác định từ bộ nội suy trong mỗi quan hệ phụ thuộc vào thời gian chạy cắt (hình 4-7).

Theo đó:

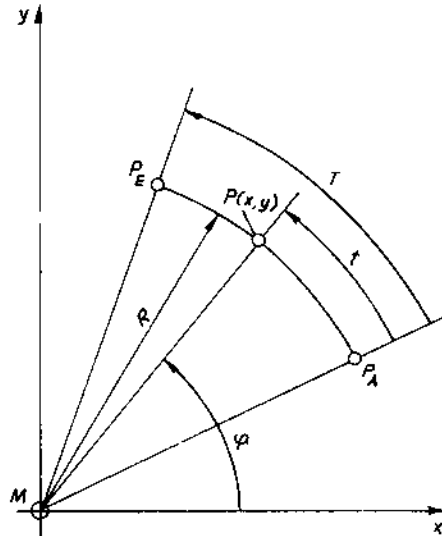
$$x = R \cos \varphi$$

$$y = R \sin \varphi$$

với  $\varphi = 2\pi \frac{t}{T}$ , ( $T$  = thời gian chạy hết toàn vòng).

$$\text{thì} \quad x = R \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

$$y = R \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$



Hình 4-7. Nội suy vòng.

$P_A$ : Điểm khởi xuất;  $P_E$ : Điểm đích;  $P$ : Điểm thuộc đường cong;  $T$ : Thời gian chuyển động từ  $P_A$  đến  $P_E$ ;  $t$ : Thời gian chuyển động từ  $P_A$  đến  $P$ .



Lấy tích phân theo thời gian, ta có các tốc độ thành phần trên từng trục riêng lẻ:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{2\pi R}{T} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = -\frac{2\pi}{T} y(t)$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{2\pi R}{T} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = \frac{2\pi}{T} x(t)$$

Với độ chính xác đủ dùng, phép tích phân trên có thể thay thế bởi phép cộng các gia số đường dịch chuyển. Do đó:

$$x(t) = x_{PA} - \frac{2\pi}{N} \sum_{i=0}^n y(i\Delta t)$$

$$y(t) = y_{PA} - \frac{2\pi}{N} \sum_{i=0}^n x(i\Delta t).$$

## CHUYỂN ĐỘNG CHẠY DAO TRONG MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ

### 5.1. CÁC DẠNG CHUYỂN ĐỘNG CHẠY DAO

Nhiệm vụ của chuyển động chạy dao là chuyển đổi các lệnh về đường dịch chuyển cùng thông số tốc độ trên đường dịch chuyển đã xác định trước trong chương trình gia công chi tiết thành chuyển động phù hợp của các bàn chạy dao trên máy công cụ.

Chạy dao trên các máy công cụ CNC có thể làm việc theo nguyên tắc như điều khiển vị trí (mạch hở - dùng động cơ bước không phản hồi) hoặc như điều khiển và điều chỉnh vị trí (mạch kín, có vòng phản hồi của hai hay nhiều đại lượng điều khiển).

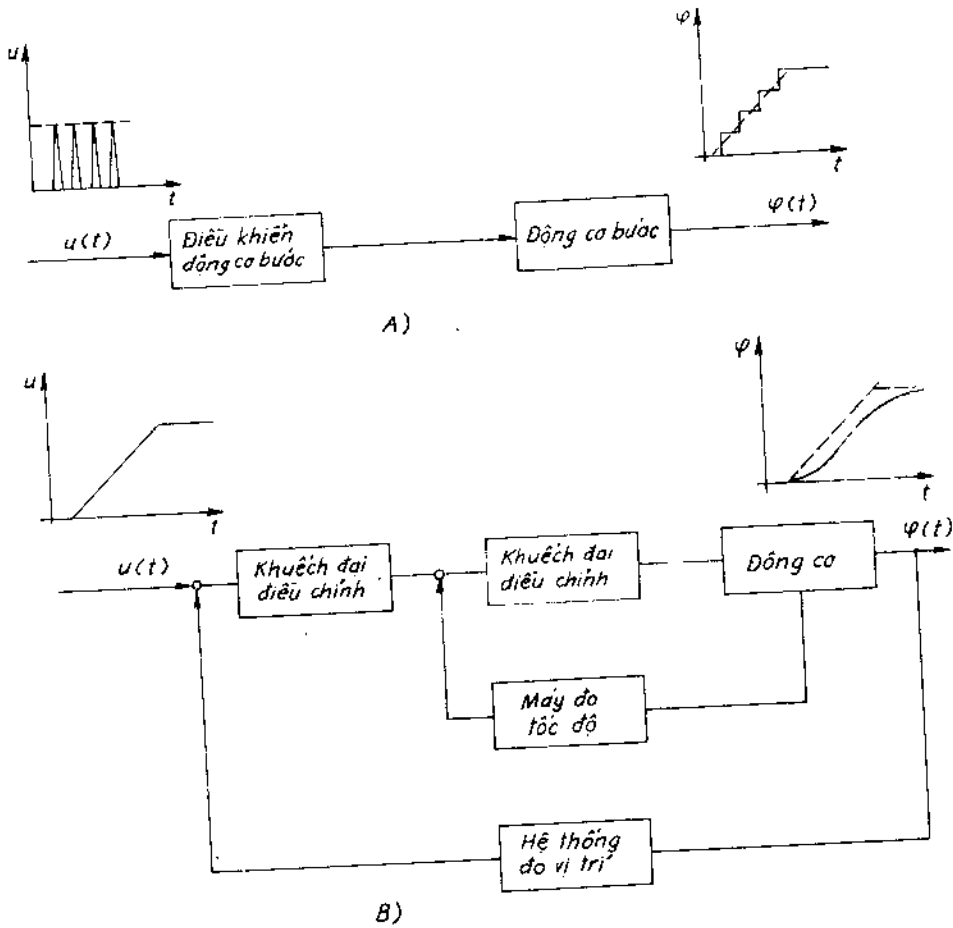
Hình 5-1 trình bày các nguyên tắc điều khiển này, trong đó điều khiển vị trí kiểu mạch hở đặc trưng bởi một quá trình tác dụng tuyến tính: mỗi một xung tác dụng tạo ra một bước chạy dao tương ứng. Hệ điều khiển không hề có thông tin "liệu các bước chạy dao có được thực hiện một cách đúng đắn với biên dạng đã mô tả hay không ?"

Điều khiển vị trí kiểu mạch hở có thể được ứng dụng trong các trường hợp lực cản trên đường dịch chuyển là ổn định và không đáng kể hoặc không có tác dụng cản trong khi chạy dao.

Trong các máy công cụ cắt gọt kim loại, điều kiện này thường không thể có được vì ở đây tồn tại hàng loạt các đại lượng ảnh hưởng và tác động (không tính trước được) đến lực cản trong quá trình chạy dao: độ bền khác nhau của vật liệu gia công, lượng dư gia công khác nhau và các trạng thái thay đổi của mảnh cắt dao cụ...

Bởi vậy trong các máy công cụ điều khiển CNC hầu như chỉ ứng dụng dạng chạy dao điều chỉnh vị trí kiểu mạch kín có phản hồi của ít nhất hai thông số điều khiển.

Nhờ có sự giám sát các vị trí chạy dao tức thời mà có thể so sánh các giá trị về vị trí cần và thực, có thể nhận biết các sai lệch giữa chúng và điều



Hình 5-1. Điều khiển vị trí (A) và điều chỉnh vị trí (B).

chỉnh cho cân bằng.

## 5.2. ĐIỀU CHỈNH VỊ TRÍ KIỂU MẠCH KÍN

Hình 5-2 là sơ đồ điều chỉnh vị trí cho một máy công cụ có hai trục điều khiển. Mỗi một trục điều khiển số của một máy công cụ CNC cần có một mạch điều chỉnh vị trí.

Từ bộ nội suy, mỗi giá trị vị trí cần là đại lượng dẫn được cấp vào mạch điều chỉnh vị trí. Trong bộ điều chỉnh vị trí, giá trị vị trí thực được nhận biết bởi một hệ thống đo vị trí đem trừ đi giá trị vị trí cần. Kết quả so sánh cặp giá trị "cần" và "thực" là sai lệch điều chỉnh, trong một số trường hợp riêng của điều khiển số còn được gọi là khoảng cách theo sau.

Sai lệch điều chỉnh cũng đồng thời là đại lượng điều chỉnh cho động cơ dẫn động của hệ thống chạy dao.

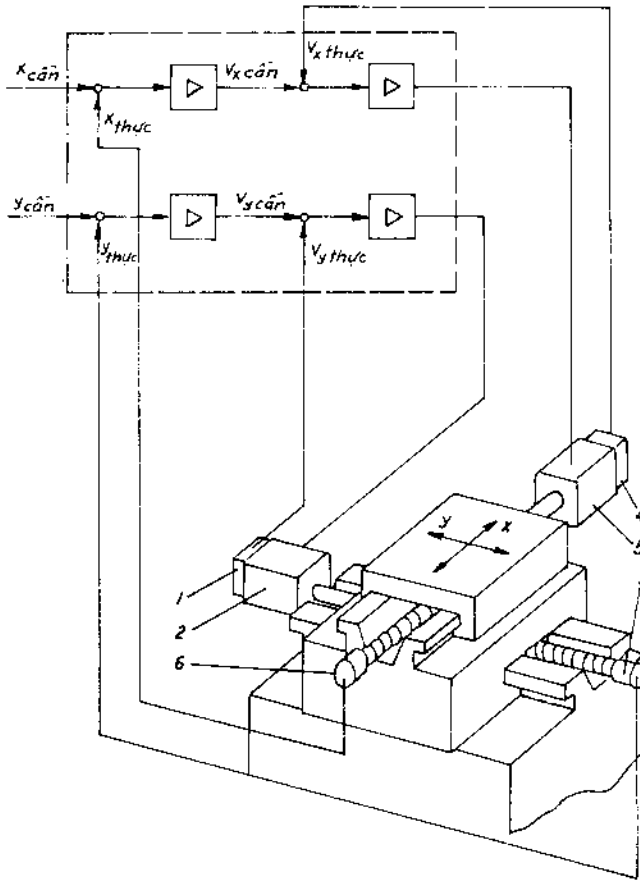
Để cải thiện tính động lực học của truyền động chạy dao, người ta còn đưa vào mạch điều chỉnh vị trí một mạch con điều chỉnh tốc độ và một mạch con điều chỉnh dòng điện cho động cơ (các mạch điều chỉnh thứ cấp).

Giá trị tốc độ chạy dao thực được nhận biết từ số vòng quay động cơ - tỷ lệ với tốc độ chạy dao - nhờ một máy phát tốc (tachogenerator) lắp trên trục động cơ.

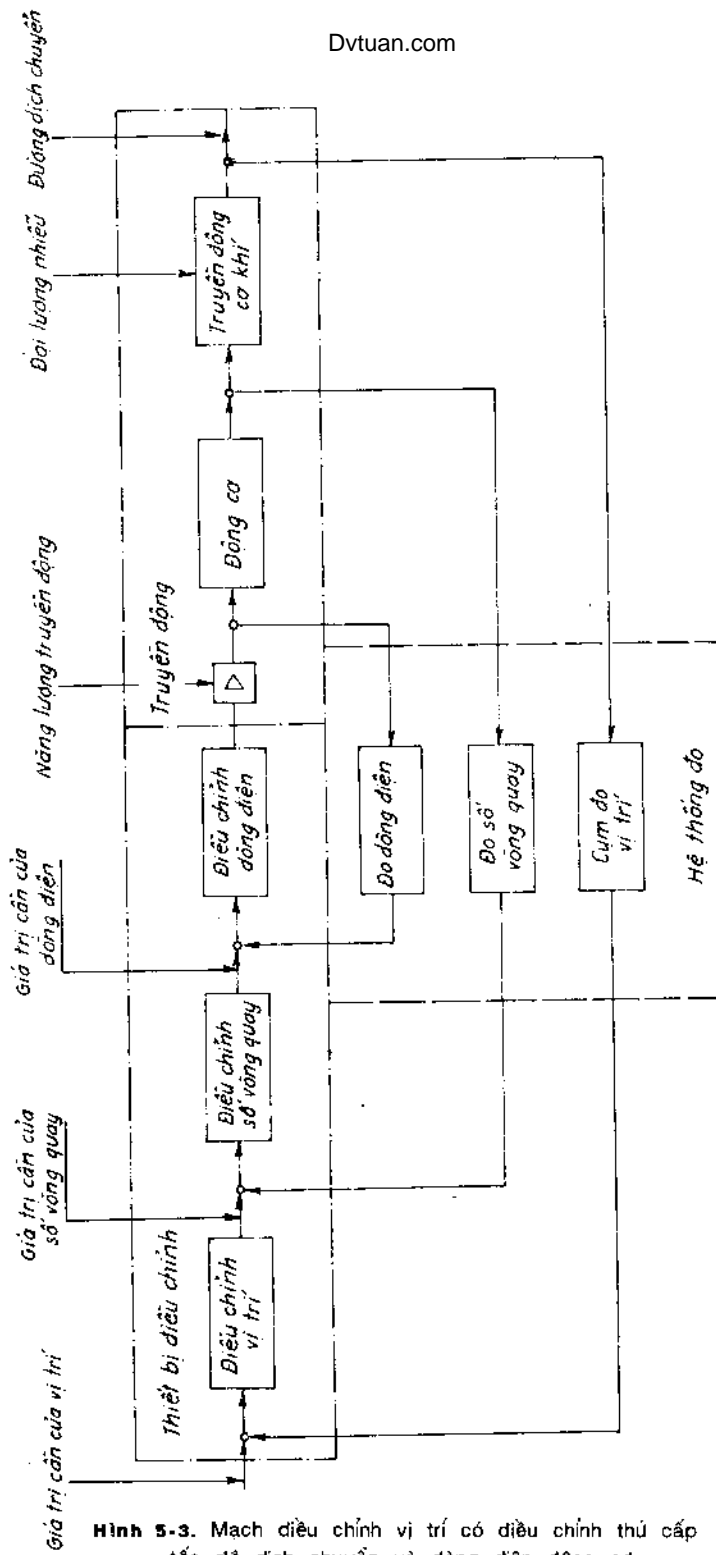
Cũng có thể tìm được giá trị thực của tốc độ chạy dao từ các khoảng cách theo thời gian của các xung phát ra từ hệ thống đo vị trí. Trong trường hợp đó có thể không cần dùng đến các dụng cụ đo tốc độ chuyên dụng.

Hình 5-3 là sơ đồ khối mô tả một hệ mạch điều chỉnh vị trí CNC kiểu mạch kín, có phản hồi, với các mạch điều chỉnh thứ cấp về tốc độ chạy dao và dòng điện cấp cho động cơ.

Mạch điều chỉnh vị trí phải dẫn bàn máy dịch chuyển đến các vị trí thật có sai lệch so với vị trí cần nhỏ nhất như có thể và khử được ảnh hưởng của các đại lượng nhiễu khác. Bởi vậy mạch điều chỉnh cần thỏa mãn những điều



**Hình 5-2.** Điều chỉnh vị trí theo hai trục chuyển động.  
1. Cảm nhận tốc độ trục X; 2. Động cơ chạy dao trục X; 3. Cảm nhận vị trí trục X; 4. Cảm nhận tốc độ trục Y; 5. Động cơ chạy dao trục Y; 6. Cảm nhận vị trí trục Y.



**Hình 5-3.** Mạch điều chỉnh vị trí có điều chỉnh thủ cấp tốc độ dịch chuyển và dòng điện động cơ.

kiện sau đây:

- Có độ khuếch đại tốc độ cao để giữ cho khoảng cách theo sau (sai lệch điều chỉnh) là thấp nhất.
- Có độ giảm chấn cao, để loại bỏ sự mất ổn định cũng như hiện tượng dao động tại các vị trí đích.
- Bộ truyền động có hằng số thời gian nhỏ.
- Mômen quán tính khối lượng của các bộ phận chuyển động phải có giá trị nhỏ.
- Tần số riêng về dao động cơ học cao.
- Các chi tiết cơ khí nằm trên dòng truyền lực có độ bền cao.
- Các yếu tố truyền động cơ khí có khe hở nhỏ.

Ở đây độ khuếch đại tốc độ  $k_v$  là tỷ số giữa tốc độ cần của bàn máy điều chỉnh và sai lệch điều chỉnh:

$$k_{vx} = \frac{u_x}{\Delta x}$$

trong đó:

$u_x$  - tốc độ cần của bàn máy chạy dao trên trục X;

$\Delta x$  - sai lệch điều chỉnh trên trục X.

Khuếch đại tốc độ trên tất cả các trục điều khiển phải lớn bằng nhau để loại bỏ hiện tượng biên dạng giạt cục.

Trong một điều khiển phi tuyến ba trục, yêu cầu phải đảm bảo:

$$k_{vx} = k_{vy} = k_{vz}$$

Độ giảm chấn D là một số đo liên quan đến thời gian cần thiết để một quá trình dao động tắt hết.

Trong các hệ điều khiển CNC, độ giảm chấn phải  $\geq 1$ , nhờ vậy không xuất hiện những dao động tại điểm kết thúc biên dạng (hình 5-4).

Hậu quả của một dao động như vậy có thể là một sự cắt vào vật liệu không mong muốn ở vị trí này.

Hằng số thời gian của truyền động T được định nghĩa bởi quan hệ:

$$T = \frac{(j_m + j_{red})\omega_{max}}{M_{max}}$$

$j_{red}$  - mômen quán tính của các bộ phận truyền động tính giới hạn đến

trục động cơ;

$j_m$  - mômen quán tính của động cơ;

$\omega_{\max}$  - tốc độ góc tối đa của động cơ;

$M_{\max}$  - mômen quay tối đa của động cơ truyền động.

### 5.3. TRUYỀN ĐỘNG CHẠY DAO TRONG MÁY CÔNG CỤ CNC

#### 5.3.1. Các nhiệm vụ của truyền động chạy dao

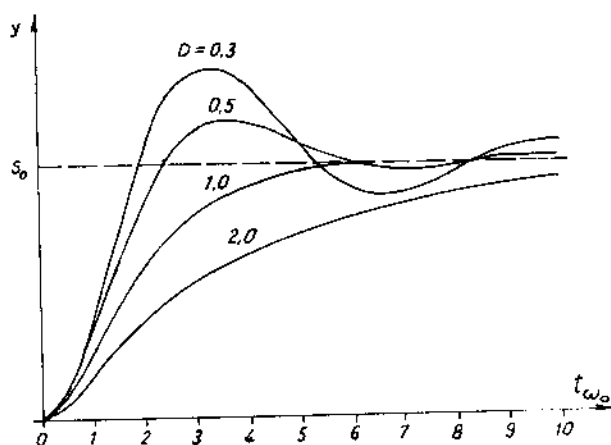
Các hệ truyền động chạy dao chuyển đổi các lệnh điều chỉnh trong bộ điều khiển thành các chuyển động tịnh tiến hay quay tròn của những bàn máy mang dao hoặc mang chi tiết trên máy công cụ.

Các chuyển động tịnh tiến là các chuyển động thẳng theo phương ba trục tọa độ của không gian ba chiều; còn các chuyển động quay tròn là các chuyển động quay xung quanh các trục tọa độ này.

Hệ truyền động chạy dao của một máy công cụ CNC phải thể hiện được những tính chất sau đây:

- Có tính động học rất cao: nếu đại lượng dẫn biến đổi, bàn máy phải theo kịp biến đổi đó trong thời gian ngắn nhất.
- Có độ vững chắc số vòng quay cao: khi các lực cản chạy dao biến đổi, cần hạn chế tới mức thấp nhất ảnh hưởng của nó đến tốc độ chạy dao, tốt nhất là không ảnh hưởng gì. Ngay cả khi chạy dao với tốc độ nhỏ nhất cũng đòi hỏi một quá trình tốc độ ổn định.
- Phạm vi điều chỉnh số vòng quay cao nhất như có thể: từ 1 : 10000 đến 1 : 30000.
- Phải giải quyết được cả những lượng gia tăng dịch chuyển nhỏ nhất ( $\leq 1 \mu m$ ).

Cấu trúc cơ tính nguyên tắc của một hệ truyền động chạy dao được thể hiện trên hình 5-5.



Hình 5-4. Đặc tính dao động trong các mức giảm chấn khác nhau [1].

Hệ truyền động gồm một động cơ dẫn quay, qua một cặp truyền động nữa đi tới bộ vítme - đai ốc-bi, biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến.

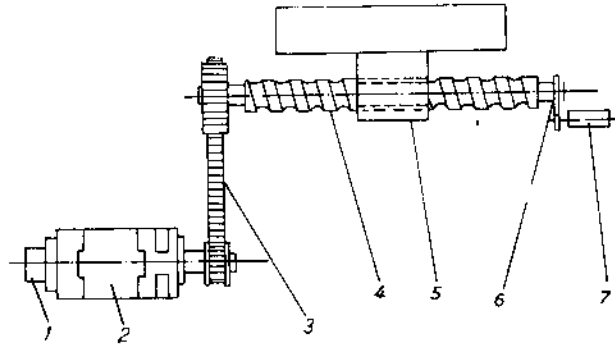
Đó là dạng tiêu chuẩn của một hệ truyền động chạy dao hiện đại.

Các động cơ dẫn động thẳng như động cơ điện tuyến tính hoặc xy lanh thủy lực trên thực tế ít được ứng dụng cho truyền động chạy dao.

Trên hình 5-6 là tập hợp các loại động cơ dẫn quay có thể ứng dụng được hoặc ứng dụng phổ biến cho truyền động chạy dao.

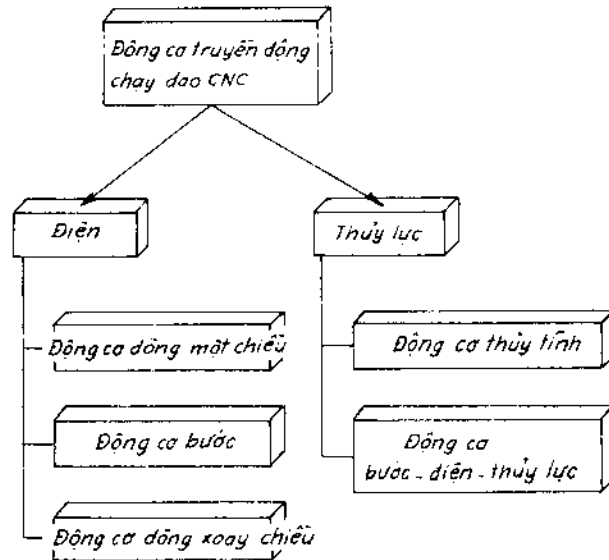
Trường hợp dùng động cơ bước là để truyền động cho hệ điều khiển vị trí kiểu mạch hở, không phản hồi. Đối với hệ truyền động chạy dao của máy công cụ, do động cơ bước có mômen truyền động rất nhỏ nên việc ứng dụng trực tiếp chúng là không thích hợp. Công suất của hệ truyền dẫn trong trường hợp dùng động cơ bước thường phải được khuếch đại qua một động cơ thủy lực.

Nhưng các động cơ thủy lực cũng bị truyền động điện ngày càng lấn át vì sự phức tạp do phải đổi các tín hiệu điện thành tín hiệu thủy lực.



Hình 5-5. Truyền động chạy dao của một bàn máy trong máy CNC.

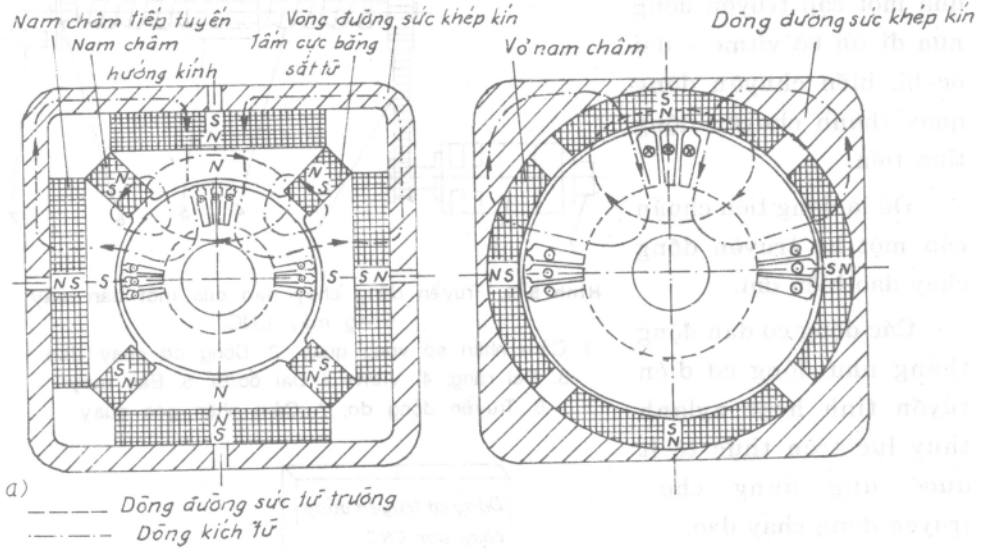
1. Cảm nhận số vòng quay; 2. Động cơ chạy dao;
3. Đai răng; 4. Vítme / Đai ốc/Bi; 5. Bàn máy;
6. Truyền động đai; 7. Cảm nhận góc quay.



Hình 5-6. Các động cơ truyền động chạy dao CNC.



### 5.3.2. Động cơ điện một chiều

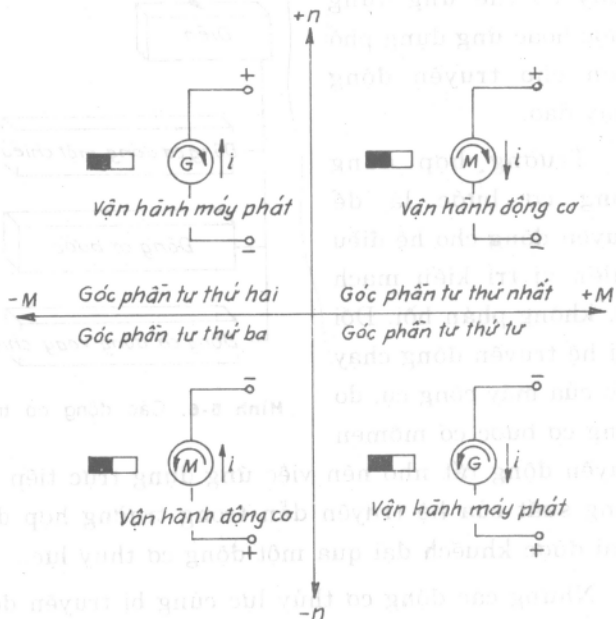


**Hình 5-7.** Mặt cắt ngang của động cơ Servo dòng một chiều có dòng kích từ bởi nam châm vĩnh cửu.

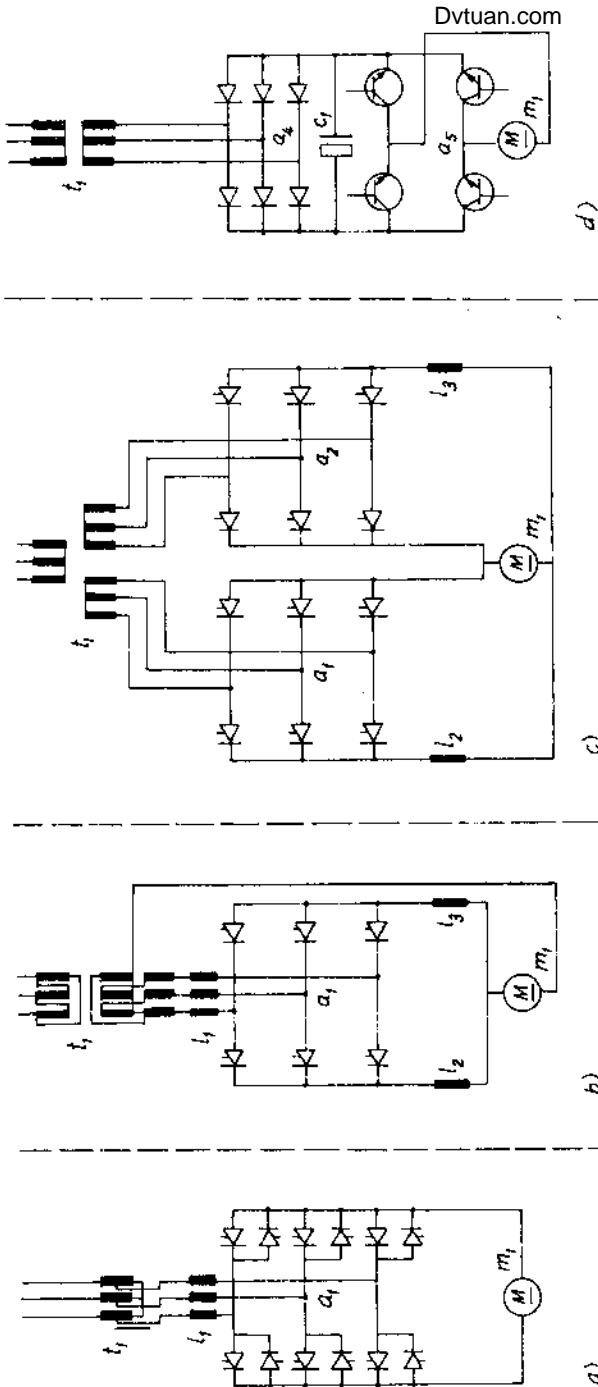
a. Nguyên tắc tập trung dòng đường sức từ trường; b. Nguyên tắc vỏ nam châm.

Cho đến nay, trên các máy công cụ CNC phổ biến vẫn dùng các loại động cơ điện một chiều kích từ dùng vòng mạch phụ với nam châm vĩnh cửu cho truyền động chạy dao (hình 5-7).

Động cơ kích từ với nam châm vĩnh cửu có tổn hao công suất điện năng nhỏ hơn loại động cơ kích từ bằng mạch ngoại lai. Lượng nhiệt tỏa ra thường nhỏ đến mức có thể qua vỏ động cơ mà truyền ra môi



**Hình 5-8.** Máy điện hoạt động theo chu trình bốn góc phần tư.



**Hình 5-9.** Mạch nắn dòng thyristo cho chuyển động chạy dao [7]

$t_1$ . Biến thế;  $l_1$  Tiết lưu dòng điện;  $l_2, l_3$ . Tiết lưu dòng xoay chiều;  $a_1, a_2$ . Cặp thyristo;  $a_4$ . Cầu diốt;  $a_5$ . Cặp transito;  $c_1$ . Tụ điện mạch trung gian. a) Mạch song song đối ngẫu sau cuộn không dòng dẫn vòng; b) Mạch song song đối ngẫu ba cuộn có dòng dẫn vòng; c) Mạch giao tiếp sáu cuộn có dòng dẫn vòng; d) Mạch điều chỉnh dòng một chiều theo môđun chiều rộng của xung điều khiển.

trường xung quanh. Vô động cơ có thể bao kín hoàn toàn, không cần có thông gió.

Các động cơ phải thích hợp với sự tăng tốc và sự tri hoãn chủ động theo cả hai chiều quay, do vậy chúng phải thích hợp với chu trình vận hành 4 góc phần tư. Ta hiểu chu trình vận hành 4 góc phần tư là sự vận hành của một động cơ dẫn động trong tất cả 4 góc phần tư trên giản đồ đặc tính mômen quay - số vòng quay (hình 5-8).

Để điều chỉnh số vòng quay của động cơ thường sử dụng khuếch đại thyristo. Hiện nay người ta sử dụng ngày càng nhiều khuếch đại tranzito.

Trên hình 5-9 là mạch nắn dòng thyristo dùng để điều chỉnh số vòng quay của động cơ điện một chiều.

Các khuếch đại thyristo làm việc theo nguyên tắc điều khiển cắt pha. Điểm đặc biệt của đường đặc tính động học ở đây là thời gian chết:

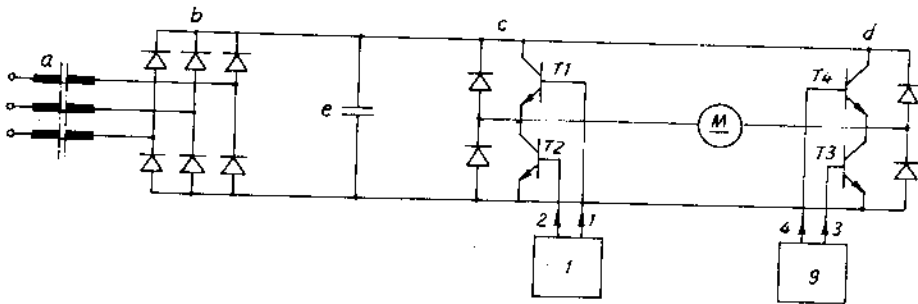
$$T_1 = \frac{10}{p}, \text{ ms.}$$

p - số cực thyristo.

Thường hay dùng nhất là các khuếch đại thyristo 6 cực trong mạch song song đối nghịch không có dòng điện lưu (hình 5-9a).

Khi có những đòi hỏi cao về tính động học ta dùng loại khuếch đại thyristo 3 cực trong mạch song song đối nghịch có dẫn dòng điện lưu (hình 5-9b).

Mạch thyristor trên hình 5-9c được dùng cho những đòi hỏi rất cao về tính động học và độ chính xác định vị.



**Hình 5-10.** Sơ đồ khối của bộ điều chỉnh tranzito ở mạch bắc cầu [6]  
a. Biến thế tự ngẫu; b. Nắn dòng; c, d. Mạch công suất; e. Tụ điện mạch trung gian;  
f. Điều khiển vào 1; g. Điều khiển vào 2.

Để bảo vệ các thyristo khi tăng dòng đột ngột (di/dt) cần có bộ điều tiết dòng. Dòng điện lưu khi động cơ dừng lại được hạn chế bởi bộ điều tiết dòng.

Để cấp cho động cơ dòng điện biểu kiến tới 60 A, người ta dùng ngay càng nhiều các bộ điều chỉnh tranzito dòng một chiều (tranzito công suất).

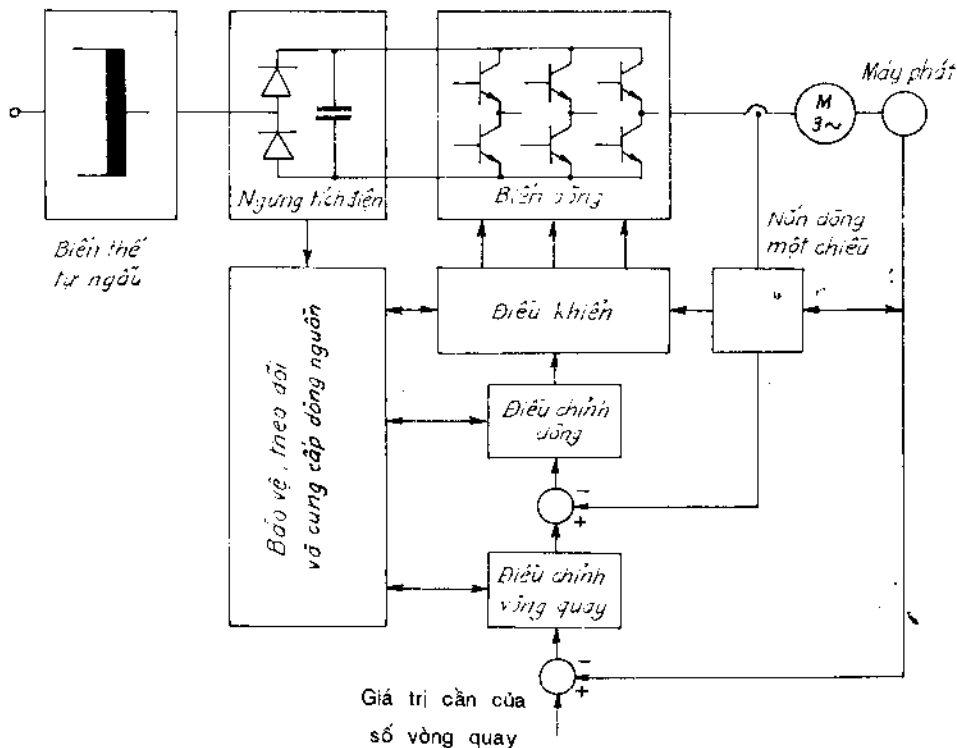
Các tranzito làm việc như một mạch điện mà sự đóng ngắt điện áp một chiều thực hiện ở dạng xung.

Trên hình 5-10 trình bày cấu trúc của bộ điều chỉnh tranzito trong dạng mạch bậc cầu.

### 5.3.3. Động cơ điện xoay chiều

Động cơ điện xoay chiều không cần đến kết cấu cổ góp chổi quét, có lợi thế không cần bảo dưỡng.

Việc thay đổi số vòng quay dựa vào bộ biến tần. Do giá thành phải chăng của bộ biến tần mà hiện nay truyền động xoay chiều được ứng dụng trong mọi trường hợp, trong đó việc không cần bảo dưỡng là đặc biệt quan trọng. (hình 5-11).



Hình 5-11. Chuyển động chạy dao - dòng xoay chiều. Sơ đồ khối [8].

Một phát triển tiếp theo là các động cơ servo dòng một chiều không dùng chổi điện, có cuộn dây stato ba pha và một roto kích từ bằng nam châm vĩnh cửu. Chúng là sự kết hợp ưu điểm điều khiển với giá thành phải chăng của động cơ dòng một chiều với lợi thế không cần bảo dưỡng của động cơ xoay chiều.

Tổn hao nhiệt trong những động cơ này chỉ xảy ra ở cuộn dây stato và cũng được tản xuất theo đường ngắn nhất qua vỏ động cơ. Do vậy, đây là những động cơ cho phép làm việc ở vùng chất tải cao.

#### 5.4. CÁC KHÂU TRUYỀN ĐỘNG CƠ KHÍ

Các khâu truyền động cơ khí là những bộ phận kết cấu cơ khí tạo thành xích động học nối từ động cơ chạy dao đến điểm tác dụng của dao cụ.

Phương án bố trí các khâu truyền động ảnh hưởng đến độ chính xác định vị, trong đó quan trọng nhất phải kể đến các yếu tố sau:

- Sự cộng hưởng giữa tần số riêng của các khâu truyền động với tần số biểu kiến của truyền động. Cộng hưởng này có thể gây ra dao động tại vị trí cần.
- Khe hở giữa trục vitme chạy dao và đai ốc.
- Tính mềm hóa phụ thuộc vào lực thay đổi do nguyên nhân của những biến dạng khác nhau.

Chuyển động quay của động cơ chạy dao được chuyển đổi thành chuyển động thẳng của bàn máy nhờ bộ truyền vitme-đai ốc-bi; khi đường dịch chuyển dài hơn 5 m phải dựa vào bộ truyền thanh răng / bánh răng.

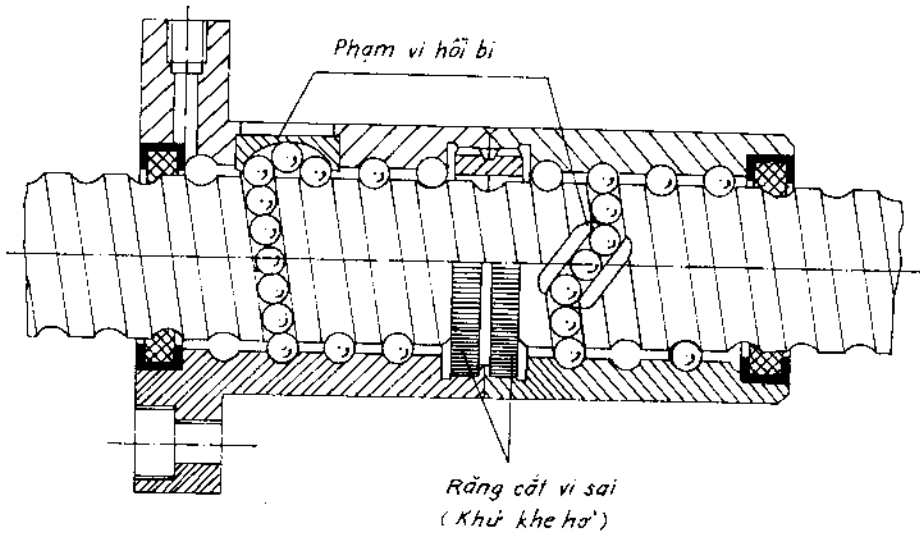
Đối với truyền động chạy dao trên máy CNC, bộ truyền vitme-đai ốc-bi có kết cấu vitme-bi và một cặp đai ốc xem hình 5-12.

Chúng có ưu điểm là ma sát rất nhỏ và ít bị mòn. Nhược điểm của chúng là có độ giảm chấn thấp.

Nhờ một cặp đai ốc ghép cứng theo chiều trục có thể khử được khe hở giữa trục vitme và bản thân đai ốc mà không cho phép làm tăng ma sát giữa chúng.

Truyền động chạy dao giữa trục động cơ và trục vitme được sử dụng nhằm mục đích:

- Thích ứng số vòng quay của động cơ với tốc độ chạy dao yêu cầu;
- Thích ứng mômen quay của động cơ với mômen đòi hỏi trên vitme



Hình 5-12. Vitme/ đai ốc/ bi có không chế sức căng bằng đai ốc kép chạy dao;

- Do nguyên nhân kết cấu, để có thể dễ bố trí lắp động cơ.

Truyền động chạy dao phải có quán tính nhỏ, có độ bền xoắn cao và không có khe hở. Để thỏa mãn những yêu cầu đó, các bộ truyền bánh răng đòi hỏi chế tạo rất tốn kém. Thay thế nó, người ta dùng ngày càng nhiều các cặp truyền đai răng một cấp.

## 5.5. CƠ SỞ TÍNH TOÁN CHO TRUYỀN ĐỘNG CHẠY DAO

### 5.5.1. Tính mômen quay (hình 5-13)

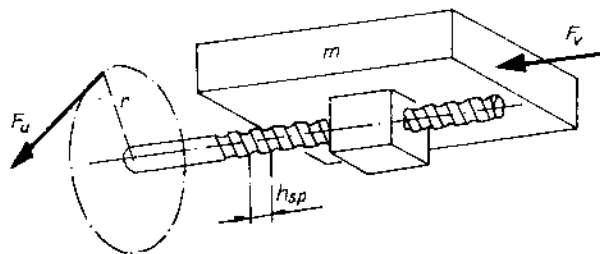
Mômen quay được tính theo công thức sau:

$$M = F_u r \frac{F_v h}{2\pi\eta}$$

trong đó:

$M$  - mômen quay đòi hỏi trên trục vitme-bi;

$F_u$  - lực vòng trên bánh bị dẫn lắp trên vitme-bi;



Hình 5-13. Tính toán mômen truyền dẫn yêu cầu đối với truyền động chạy dao.

$r$  - bán kính của bánh bị dẫn;

$F_v$  - lực cản bàn chạy dao (lực để thắng ma sát của bàn máy và lực chạy dao khi cắt);

$h$  - bước vitme;

$\eta$  - hiệu suất tác dụng của vitme-bi thường bằng 0,8 - 0,95.

### 5.5.2. Mômen quán tính (hình 5-14)

Mômen quán tính  $J_A$  trên trục dẫn động được tính như sau:

$$J_A = J_M + J_{rl} + J_{sred}$$

trong đó:

$J_M$  - mômen quán tính của động cơ;

$J_{rl}$  - mômen quán tính của các bộ phận truyền động lắp trên trục dẫn động;

$J_{sred}$  - mômen quán tính của tất cả các khâu chuyển động khác giới hạn cho đến trục động cơ.

Mômen quán tính của một vật thể quay hình trụ:

$$J = \frac{m}{2} (r_A^2 + r_l^2)$$

với  $m = \rho \pi (r_A^2 - r_l^2) l$  và  $\rho$  = khối lượng riêng

Mômen quán tính  $J_s$  trên trục vitme-bi:

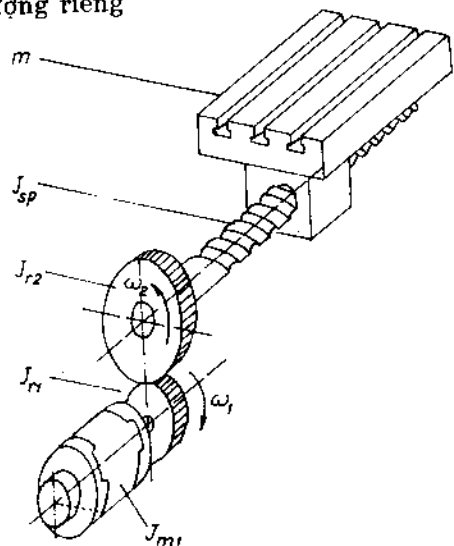
$$J_s = J_{r2} + J_{sp} + J_{mred}$$

$J_{r2}$  - mômen quán tính của các chi tiết truyền động trên trục vitme-bi;

$J_{sp}$  - mômen quán tính của bản thân vitme-bi;

$J_{mred}$  - mômen quán tính của các khối lượng chuyển động thẳng giới hạn cho đến trục vitme-bi.

Thu gọn khối lượng bàn máy chuyển động tịnh tiến trên trục vitme-bi:



Hình 5-14. Tính toán mômen quán tính của truyền động chạy dao.

$$J_{\text{mred}} = \frac{m \cdot h^2}{4\pi^2}$$

Thu gọn mômen quán tính  $J_s$  trên trục động cơ:

$$J_{\text{sred}} = \frac{1}{i^2} J_s ; \quad i = \frac{n_1}{n_2}$$

Ta được mômen quán tính tổng cộng của hệ truyền động tính đến trục động cơ:

$$J = (J_M + J_{rl}) + \frac{J_{r2} + J_{sp} + \frac{m \cdot h^2}{4\pi^2}}{i^2}$$

Và hằng số thời gian của truyền động là:

$$T = 2\pi \frac{n_{l\max} J}{M_{\max}}$$



## CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO VỊ TRÍ TRÊN MÁY CNC

### 6.1. TỔNG QUAN VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO VỊ TRÍ

Mỗi một trục chuyển động được điều chỉnh của một máy CNC cần một thiết bị đo, chúng thông báo cho mạch điều chỉnh từng vị trí thật - tức thời của bàn máy hoặc xe dao máy tiện.

Các đại lượng phải đo ở đây là những đoạn đường trong chuyển động thẳng và các góc trong chuyển động quay có điều chỉnh.

#### 6.1.1. Những khái niệm quan trọng liên quan đến phép đo vị trí

*Các đại lượng đo:* Là những đại lượng vật lý mà giá trị của nó cần được đo lường (ở đây là các đoạn đường thẳng và góc).

*Giá trị đo:* Là các giá trị cần tìm ra của đại lượng đo (tích của số đo và đơn vị đo).

*Dụng cụ đo:* Là dụng cụ đưa ra các đại lượng đo và chuyển đổi thành các tín hiệu đo thích hợp.

*Vị trí đo:* Là nơi dụng cụ đo thực hiện phép đo.

#### 6.1.2. Các phương pháp đo

Hình 6-1 tập hợp các phương pháp đo vị trí ứng dụng trên máy CNC.

##### *Phương pháp đo vị trí bằng đại lượng tương tự:*

Đoạn đường hay góc cần đo được chuyển đổi liên tục thành một đại lượng vật lý tương thích (đại lượng tương tự = analog), ví dụ chuyển đổi thành điện áp hoặc cường độ dòng (hình 6-2a).

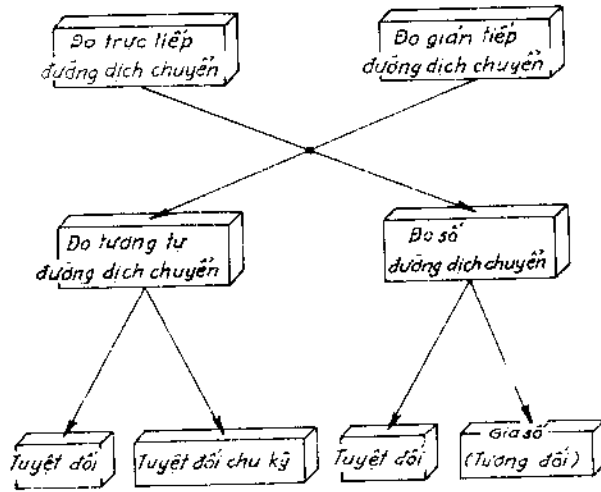
##### *Phương pháp đo vị trí bằng đại lượng số:*

Đoạn đường hay góc cần đo được chia thành các yếu tố đơn vị có độ lớn

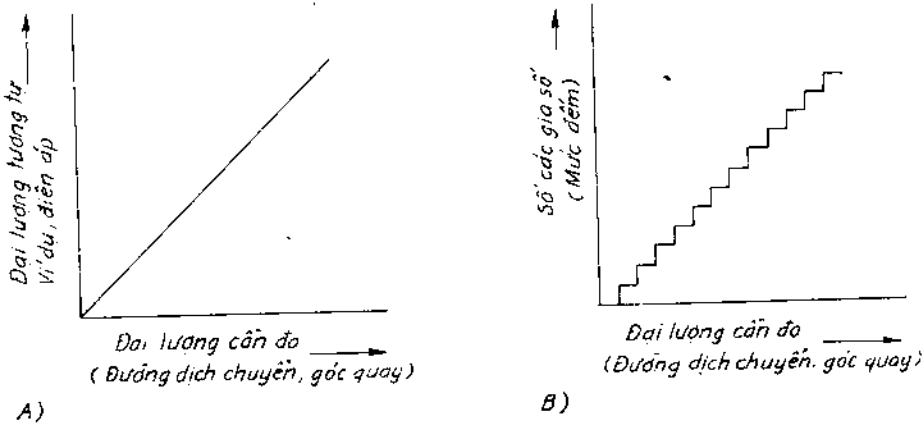
như nhau. Quá trình đo chính là việc đếm hay cộng lại các yếu tố đơn vị đã đi qua hoặc nhờ ở sự nhận biết các dấu hiệu riêng của yếu tố đơn vị tại vị trí thật (hình 6-2b)

#### Phương pháp đo vị trí trực tiếp

Là phương pháp đo bám sát các vị trí cần đo hay các biến đổi vị trí, không cần đến các dẫn động cơ khí trung gian (hình 6-3a).



Hình 6-1. Các phương pháp đo vị trí.



Hình 6-2. Đo vị trí bằng đại lượng tương tự (A) và bằng đại lượng số (B).

Hệ thống đo được ghép trực tiếp với chuyển động cần đo.

Phương pháp đo vị trí trực tiếp có độ chính xác cao vì giữa đại lượng cần đo và dụng cụ đo không có các lỗi cơ khí (khe hở, các biến dạng dẻo).

Về cấu trúc, nguyên tắc đo so sánh Abbe'she Comparatorprinzip (phần kiểm và thước đo gá lắp trên một trục) trong nhiều trường hợp khó thực hiện được.

Để đảm bảo các lỗi (do sự bố trí các phần tử đo tạo ra) đủ nhỏ, các khe hở dẫn động của đường hướng bàn máy phải nằm trong giới hạn chấp nhận được.

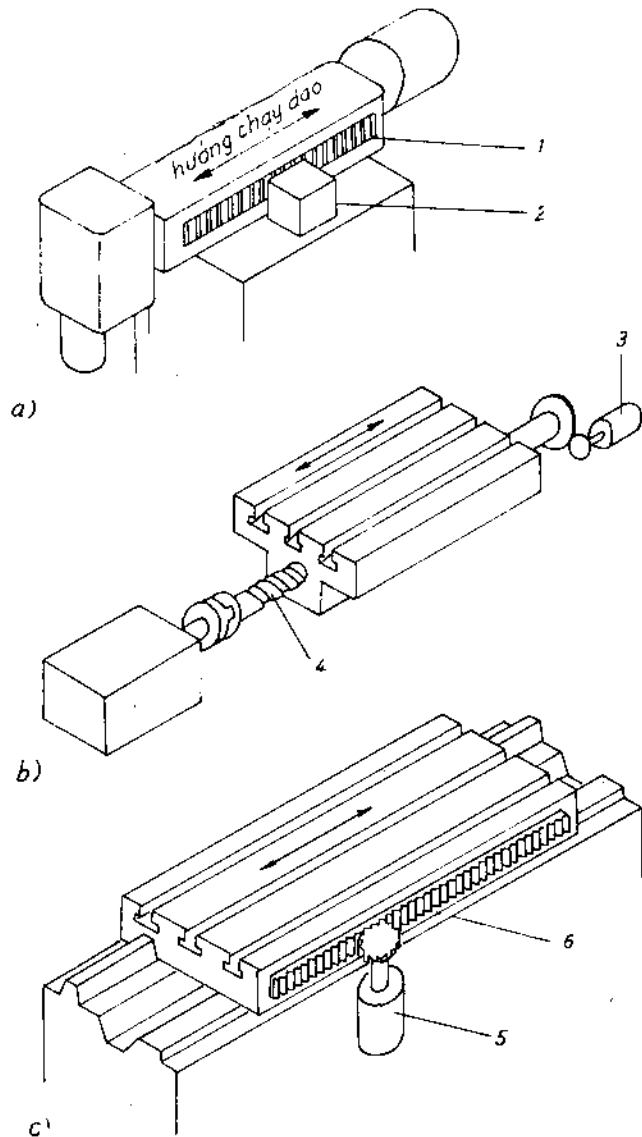
**Phương pháp đo vị trí không trực tiếp:**

Trong phương pháp đo này, thay cho các biến đổi vị trí tịnh tiến cần đo, một chuyển động quay tương ứng sẽ được đo.

Chuyển động quay gắn liền với chuyển động tịnh tiến ở đây là chuyển động quay của vitme chạy dao (hình 6-3b).

Một khả năng khác là chuyển đổi chuyển động chạy dao thẳng thành một chuyển động quay nhờ bộ truyền thanh răng / bánh răng (hình 6-3c).

Các lỗi mắc phải do sai lệch bước vitme, độ ăn khớp khi đảo chiều hay khe hở ăn khớp giữa hai má răng trong



**Hình 6-3.** Đo vị trí trực tiếp và gián tiếp.  
 a. Đo vị trí trực tiếp; b. Đo vị trí gián tiếp thông qua trục vitme chạy dao; c. Đo vị trí gián tiếp thông qua bộ bánh răng / thanh răng  
 1. Thuộc đo; 2. Hệ thống đo vị trí; 3. Cầm biến góc quay; 4. Vitme- đai ốc bị; 5. Cầm biến góc quay; 6. Thanh răng đo

bộ truyền thanh răng / bánh răng bị đưa trực tiếp vào lõi của phép đo. Lỗi này phải nằm trong giới hạn cho phép, thông qua việc chế tạo các bộ truyền với độ chính xác đủ lớn, hoặc được bù lại thông qua các yếu tố hiệu chỉnh đã được ghi nhớ trong chương trình điều khiển.

#### *Phương pháp đo vị trí tuyệt đối*

Trong phương pháp đo này, mỗi một giá trị đo đều được so với điểm 0 của thước đo và có dấu hiệu riêng.

Trong phương pháp đo vị trí tương tự / tuyệt đối, ứng với mỗi vị trí trong phạm vi đường dịch chuyển là một thang điện áp đặc biệt.

Trong phương pháp đo vị trí số / tuyệt đối, mỗi một giá số vị trí được đánh dấu riêng bằng mã nhị phân.

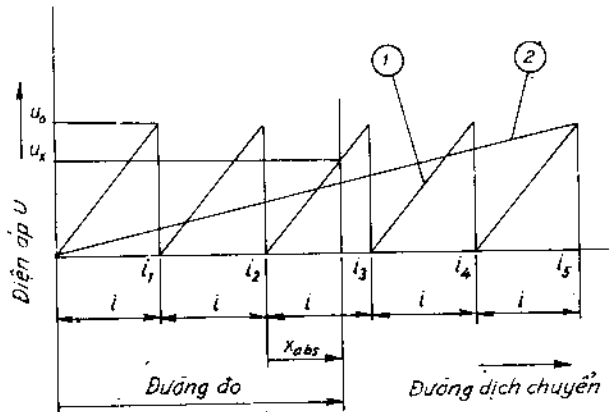
Ưu điểm của phương pháp đo vị trí tuyệt đối là tại mỗi thời điểm đo hoặc sau mỗi lần mất điện áp, vị trí tuyệt đối so với điểm 0 được nhận biết ngay.

Nhưng mặt khác, các hệ thống đo vị trí tuyệt đối thường tốn kém về cấu trúc, bởi thế, trong các thiết kế mới, chúng hầu như không được ứng dụng nữa.

#### *Phương pháp đo vị trí tuyệt đối theo chu kỳ*

Khi đo vị trí bằng đại lượng tương tự trong những phạm vi dịch chuyển lớn hơn, độ chính xác của các vạch chia trên thang đo (thay đổi vị trí nhỏ nhất có thể nhận biết) thường không đáp ứng được trên toàn bộ đường dịch chuyển.

Trong trường hợp này, người ta chia toàn bộ phạm vi dịch chuyển thành những khoảng tăng có độ lớn bằng nhau. Trong phạm vi một khoảng tăng, phép đo được thực hiện theo phương pháp tuyệt đối (hình 6-4). Giá trị đo tại vị trí đang đo được tính bởi:



**Hình 6-4.** Đo vị trí chu kỳ – tuyệt đối

1. Tín hiệu đo chu kỳ; 2. Tín hiệu đo tuyệt đối;
3. Giá số đường dịch chuyển.

$$x = n \cdot i + x_{\text{abs}} \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

### **Phương pháp đo vị trí kiểu gia số:**

Toàn bộ phạm vi dịch chuyển được chia thành các bước tăng (gia số = increments) không có dấu hiệu riêng, có độ lớn như nhau.

Vị trí thật được đưa ra bởi tổng các bước tăng đã đi qua. Ở đây, các gia số vượt qua phải được cộng với nhau hoặc trừ đi cho nhau tùy theo chiều chuyển động.

Tiêu hao và giá thành của các hệ thống đo vị trí kiểu gia số tương đối phải chăng.

Nhược điểm của chúng là khi đóng mạch hệ điều khiển, vị trí thật lúc đó không nhận biết được.

Trước khi đo, vị trí phải đưa về một điểm gốc 0 cố định (referenzpoint). Sau khi đưa về gốc 0, hệ thống đo vị trí kiểu gia số làm việc theo nguyên tắc đo tuyệt đối.

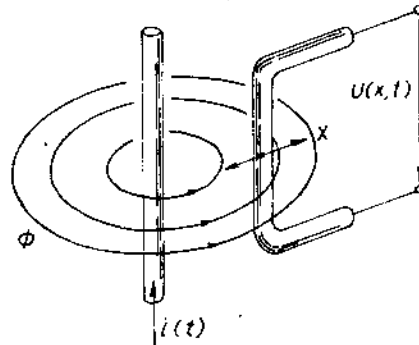
## **6.2. CÁC DỤNG CỤ ĐO VỊ TRÍ**

### **6.2.1. Dụng cụ đo tương tự**

#### **Potentiometer**

Potentiometer sử dụng quan hệ tuyến tính giữa chiều dài của một thước đo dẫn điện với điện trở của nó.

Trên các máy công cụ CNC cần có độ chia đơn vị đo nhỏ hơn hoặc bằng 0,001 mm. Độ chia này không thể đưa vào potentiometer, do vậy chúng không được máy công cụ sử dụng để đo vị trí.



Hình 6-5. Nguyên tắc cảm ứng.

#### **Hệ thống đo vị trí bằng cảm ứng (inductive)**

Quanh một thước đo có dòng xoay chiều chạy qua, hình thành một trường điện từ biến thiên. Từ trường biến thiên này làm xuất hiện trên một thước đo dẫn điện khác (đặt trong phạm vi của nó) một điện áp. Điện áp cảm ứng phụ thuộc vào cường độ từ trường và do đó phụ thuộc vào khoảng cách giữa hai vật dẫn (hình 6-5).

Resolve (hay còn gọi là thước đo cảm ứng quay) ứng dụng nguyên tắc

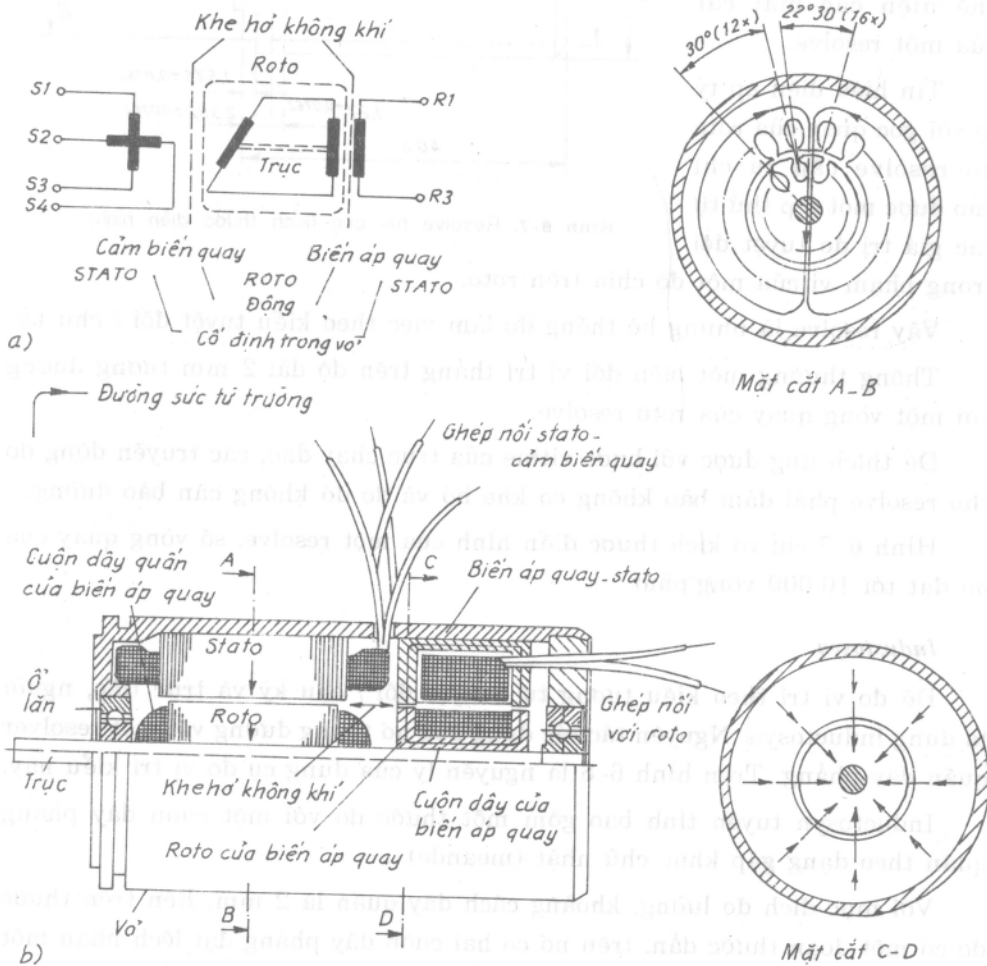
cảm ứng này để đo vị trí theo kiểu tuyệt đối chu kỳ, không trực tiếp.

Hình 6-6a trình bày sơ đồ mạch của một resolve không có vành quét.

Một stato hai pha có hai cuộn dây quấn, các cuộn dây của nó đặt thẳng đứng trên nhau. Hai cuộn dây quấn của stato được cấp các điện áp xoay chiều lệch pha về điện là  $90^\circ$ :

$$U_1 \sin \alpha \text{ hoặc } U_1 \cos \alpha.$$

Tần số phổ biến ở đây là 2,5 kHz.



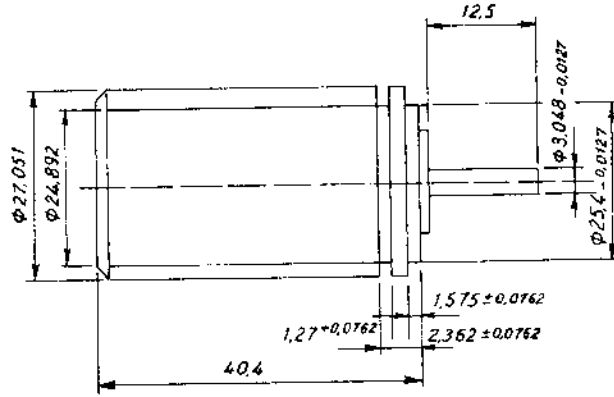
Hình 6-6. Cảm biến góc quay.

a. Sơ đồ bộ cảm ứng quay không có vành quét; b. Cấu trúc bộ cảm biến.

Từ trường biến thiên hình thành, gây cảm ứng trong cuộn dây roto một điện áp  $U_2$ . Độ lớn của nó phụ thuộc vào góc quay của cuộn dây roto đối với vectơ từ trường.

Điện áp cảm ứng trong cuộn dây rotor được chuyển qua một biến thể quay không có vành quét. Hình 6-6b thể hiện các mặt cắt của một resolve.

Tín hiệu điện áp tỷ lệ với góc quay của roto do resolve cấp ra chỉ cho được một tệp thứ tự các giá trị đo tuyệt đối trong phạm vi của một độ chia trên roto.



Hình 6-7. Resolve hai cực (kích thước điển hình).

Vậy resolve là những hệ thống đo làm việc theo kiểu tuyệt đối / chu kỳ.

Thông thường một biến đổi vị trí thẳng trên độ dài 2 mm tương đương với một vòng quay của roto resolve.

Để thích ứng được với bước vitme của trục chạy dao, các truyền động đo cho resolve phải đảm bảo không có khe hở và do đó không cần bảo dưỡng.

Hình 6-7 chỉ rõ kích thước điển hình của một resolve, số vòng quay của nó đạt tới 10.000 vòng/phút.

### Industosyn

Để đo vị trí theo kiểu tương tự / tuyệt đối / chu kỳ và trực tiếp, người ta dùng inductosyn. Nguyên tắc tác dụng của nó tương đương với một resolver quấn dây phẳng. Trên hình 6-8 là nguyên lý của dụng cụ đo vị trí kiểu này.

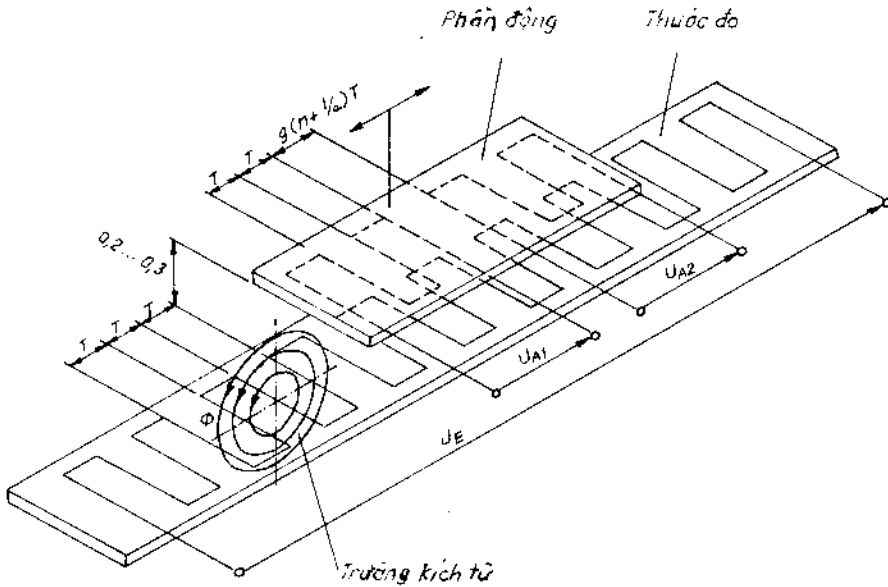
Inductosyn tuyến tính bao gồm một thước đo với một cuộn dây phẳng quấn theo dạng gấp khúc chữ nhật (meande).

Với mục đích đo lường, khoảng cách dây quấn là 2 mm. Bên trên thước đo có một đoạn thước dẫn, trên nó có hai cuộn dây phẳng đặt lệch nhau một phần tư độ chia.

Thước đo chính được cố định trên thân máy, đoạn thước dẫn được lắp

trên bàn máy di động mà ta cần đo các biến thiên vị trí của nó.

Khoảng cách giữa thước đo chính và thước dẫn vào khoảng 0,25 mm.



Hình 6-8. Nguyên tắc cảm ứng - tuyến tính.

Trong cuộn dây của thước đo chính có một điện áp tần số cao  $U_H$ . Qua lớp cách, trong cuộn dây của thước dẫn cảm ứng một điện áp phụ thuộc vào vị trí của cuộn dây trên thước dẫn so với cuộn dây trên thước đo chính. Điện áp này được đánh giá trong hệ điều khiển và đưa ra giá trị đo vị trí của bàn máy.

### 6.2.2. Dụng cụ đo vị trí kiểu số

#### Hệ thống đo vị trí kiểu số / giá số

Hệ thống đo vị trí kiểu số đa số làm việc theo nguyên tắc quang - điện.

Theo phương pháp dội phản quang, một tia sáng dội qua một thước đo, trên đó có những vạch chia phản quang và không phản quang thay đổi kế tiếp nhau. Tia sáng gặp phải vạch phản quang sẽ bị phản hồi lại và được tế bào quang điện tiếp thụ.

Trong phương pháp soi thấu, trên thước đo có những vạch soi thấu và không thấu đặt kế tiếp nhau.



Hình 6-9 nêu cấu trúc của một hệ thống đo vị trí kiểu số dùng nguyên tắc quang - điện và soi thấu.

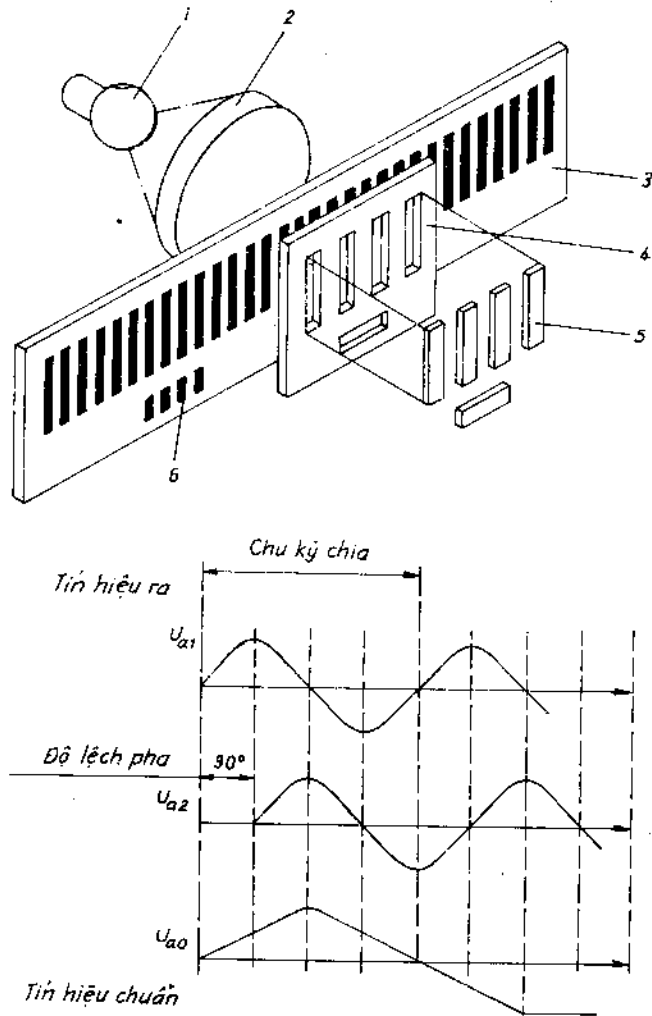
Đầu kích quang gồm một thiết bị chiếu sáng, một thấu kính hội tụ, một lưới chia kích quang và các phần tử tiếp thụ kích thích (tế bào quang điện).

Khi đầu kích quang có chuyển động tương đối so với thước đo, thước này chạy giữa thấu kính hội tụ và lưới chia, sẽ xuất hiện một tín hiệu dạng hình sin.

Nhờ các tế bào quang điện bố trí thành hai hàng trên nhau, đặt lệch nhau một

phần tư độ chia, ta nhận được hai tín hiệu lệch pha  $90^\circ$ , qua đó hệ điều khiển có thể nhận biết được chiều chuyển động.

Trong các hệ thống đo vị trí kiểu gia số, khi mất điện áp nguồn, các giá trị đo vị trí bàn máy cũng mất theo. Để tái hiện được số đo này, thước đo có



**Hình 6-9.** Thước đo số theo nguyên tắc quang - điện - soi thấu (Heidenhain).  
1. Nguồn sáng; 2. Thấu kính hội tụ; 3. Thước đo; 4. Lưới kích;  
5. Tế bào quang điện; 6. Mã chuẩn.

thể được trang bị thêm một hay nhiều mốc đo chuẩn. Các tín hiệu đầu ra của hệ thống đo chiều dài theo phương pháp quang điện được khuếch đại trong một bộ tạo xung điện tử và tạo thành dạng xung chữ nhật.

Tùy theo chu kỳ chia và độ chia đòi hỏi, các tín hiệu được nội suy tương tự và chia nhỏ thêm đến 5 lần hoặc 25 lần (hình 6-10).

#### **Đầu kích quang - điện động**

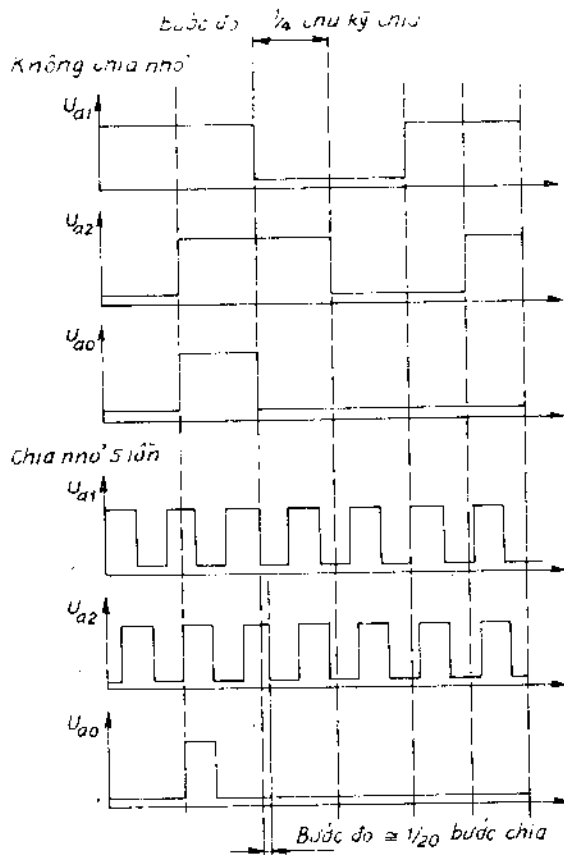
Hình 6-11 mô tả nguyên tác hoạt động của đầu kích quang - điện động.

Trong phương pháp này, nhịp đo chuẩn không phải là từ một tia chớp mà là từ 220 dây tế bào quang điện sắp xếp bên nhau.

Qua một thấu kính, độ phân giải vạch chia của thang đo được hình thành trên các tế bào quang điện. Mỗi loạt 10 tế bào quang điện được kích thích cùng một lúc ở đầu ra.

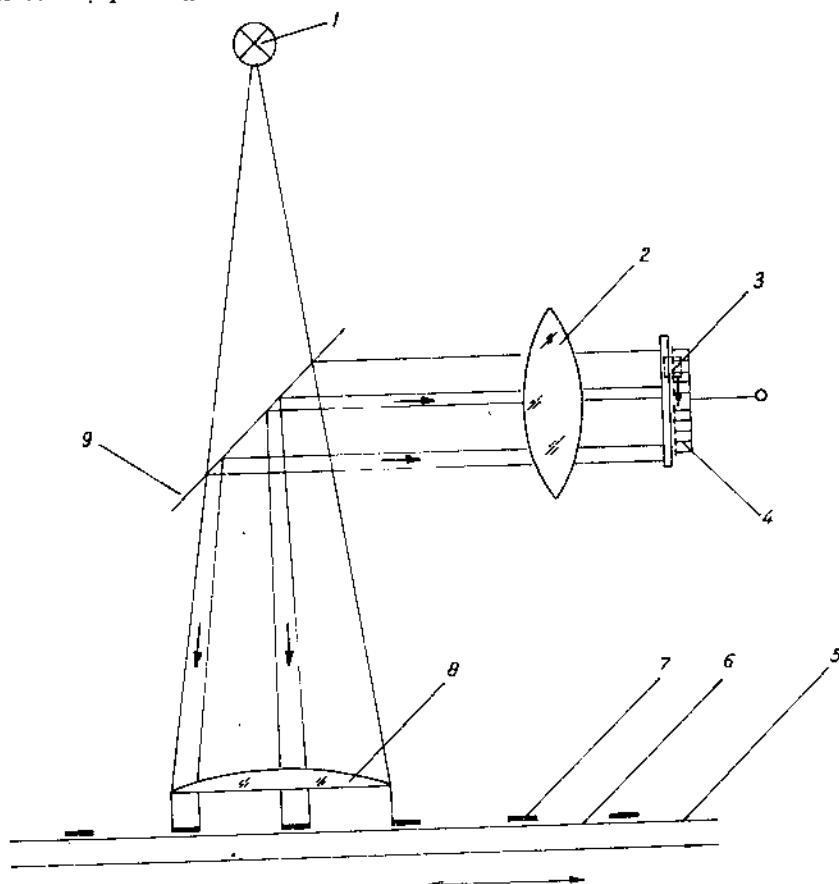
Điện áp đầu ra của chúng tỷ lệ với dòng ánh sáng rơi vào vùng tế bào quang điện này. Mặt phân chia các tế bào quang điện (trên phương diện điện tử) được nhận biết bởi các chuỗi tế bào quang điện (photodiodes array) xếp lệch nhau, mô phỏng về điện tử như một máy quét quang động (optoscaner).

Dòng tổng cộng của tất cả các tế bào quang điện hình thành tín hiệu đo; vị trí về pha của nó tương quan với tần số quét.



**Hình 6-10.** Xung đầu ra của hệ thống đo đường dài bằng quang điện.

Ưu điểm của hệ thống này là ở chỗ, với một khoảng chia vạch đo  $635 \mu\text{m}$ , có thể đạt tới độ phân giải vạch chia là  $0,5 \mu\text{m}$ .



Hình 8-11. Nguyên tắc hoạt động của đầu kích quang điện động (Philips).

1. Nguồn sáng; 2. Thấu kính; 3. Vùng kích hoạt (10 tế bào quang điện) biến đổi theo tần số chuẩn thông qua chuỗi tế bào quang điện; 4. Chuỗi tế bào quang điện (220 diốt); 5. Đế thép; 6. Vùng không phản quang; 7. Vùng phản quang; 8. Thấu kính; 9. Gương bán thấu.

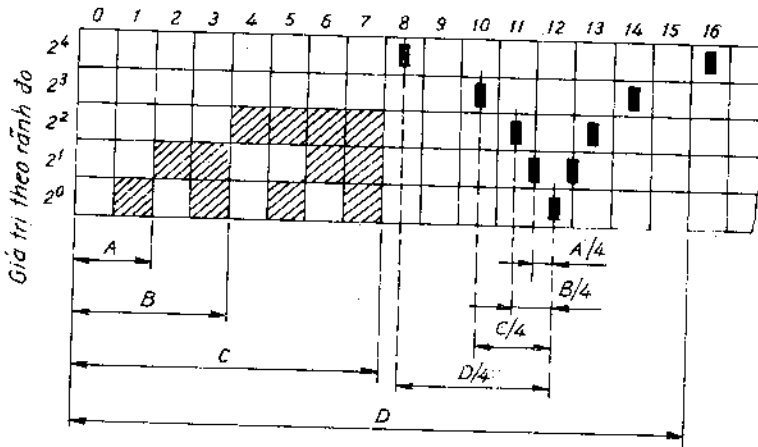
### Hệ thống đo vị trí kiểu số / tuyệt đối

Trong các hệ thống đo vị trí kiểu số / tuyệt đối, mỗi phần tử trên đường dịch chuyển được đánh dấu riêng.

Trong khi các hệ thống đo đường dịch chuyển kiểu số / gia số, chỉ cần thước đo một rãnh là đủ, thì các hệ thống đo kiểu số / tuyệt đối cần có thước đo nhiều rãnh.

Những vùng soi thấu hoặc vùng phản quang trên thang đo tương ứng với giá trị 0 của hệ nhị phân; những vùng không soi thấu hoặc vùng không phản quang trên thang đo tương đương với giá trị 1 của hệ nhị phân.

Theo cách đó, thước đo được chia vạch theo mã nhị phân (hình 6-12).



Hình 6-12. Thước đo mã nhị phân với nguyên tắc đọc hình chữ V.

Trên mỗi rãnh đều có các yếu tố kích quang thích hợp.

Do tốn kém nhiều trong chế tạo, phương pháp đo vị trí kiểu số / tuyệt đối chỉ còn được ứng dụng trong một phạm vi hẹp.

*Phần thứ ba***HỆ THỐNG DỮ LIỆU VÀ CẤU TRÚC CỦA CHƯƠNG TRÌNH LÀM VIỆC TRÊN MÁY CÔNG CỤ CNC***Chương 7***CHƯƠNG TRÌNH LÀM VIỆC  
SOẠN THẢO CHO HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ****7.1. CÁC DỮ LIỆU CẦN NẠP**

Soạn thảo chương trình cho một hệ điều khiển số có nghĩa là đưa toàn bộ các thông tin cần thiết để chế tạo một chi tiết xác định trên máy công cụ trở thành dạng có thể "hiểu được" cho hệ điều khiển số và thông báo cho nó theo một hình thức thích hợp.

Thực chất của công việc lập trình là thu thập, xử lý và soạn thảo những dữ liệu thông tin yêu cầu. Các dữ liệu đó bao gồm:

Các thông tin hình học (dữ liệu tạo hình hay các số liệu về đường dịch chuyển).

Các thông tin công nghệ (số vòng quay trục chính, chiều quay, lượng chạy dao, chiều sâu cắt, gọt dao, hiệu chỉnh máy và dao, bơm tưới dung dịch trơn nguội...).

**7.1.1. Hệ tọa độ**

Để xác định các tương quan hình học trong vùng làm việc của máy, trong phạm vi chi tiết gia công một cách rõ ràng, ta đưa vào các hệ tọa độ và các điểm gốc chuẩn.

Để thống nhất hóa mối tương quan cho các máy công cụ điều khiển số khác nhau, người ta tiêu chuẩn hóa các trục của hệ tọa độ và chiều chuyển động của chúng.

Ví dụ, tiêu chuẩn DIN 66217 xác định như sau:

Các chiều chuyển động của máy công cụ điều khiển số được xác định bởi hệ tọa độ vuông góc của bàn tay phải (hình 7-1). Hệ tọa độ này luôn luôn gắn trên chi tiết. Khi lập trình chi tiết được coi là đứng yên. Các chuyển động thuộc về phần dao cụ.

Các trục quay tương ứng với X, Y, Z được ký hiệu là A, B, C.

Chiều quay dương (positiv) ứng với chiều quay thuận của kim đồng hồ (CW = clockwise) khi ta nhìn dọc theo chiều dương của trục tịnh tiến.

Để bố trí thứ tự của các trục tọa độ hợp với các chiều chuyển động của máy, tiêu chuẩn DIN 66217 xác định:

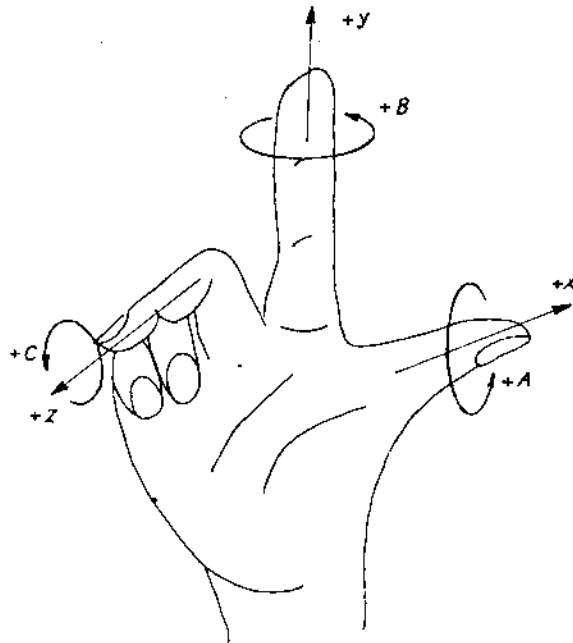
#### Trục Z

- Nếu máy có trục chính cố định, không xoay nghiêng được, thì trục Z nằm song song với trục chính công tác hoặc chính là đường tâm trục đó;
- Nếu trục chính xoay nghiêng được và chỉ có một vị trí xoay nghiêng song song với một trục tọa độ nào đó, thì chính trục tọa độ đó là trục Z;
- Nếu trục chính xoay nghiêng được song song với nhiều trục tọa độ khác nhau, thì trục Z là trục vuông góc với bản kẹp chi tiết chính của máy.

- Nếu trục chính xoay nghiêng được theo một hướng nghiêng với chính nó thì trục này ký hiệu là W.

- Nếu máy có nhiều trục chính công tác, ta sẽ chọn một trong số đó là trục chính theo cách ưu tiên trục nào có đường tâm vuông góc với bản kẹp chi tiết.

- Nếu máy không có trục chính công tác (máy bào, máy gia công điện hóa...) thì trục Z cũng là trục vuông góc với bản kẹp chi tiết.



Hình 7-1. Ký hiệu các trục tọa độ trên máy CNC (Nguyên tắc bàn tay phải - tiêu chuẩn VDI 3255).

**Trục X**

Trục X là trục tọa độ nằm trên mặt định vị hay song song với bề mặt kẹp chi tiết, thường ưu tiên theo phương nằm ngang. Chiều của trục X được xác định như sau:

1. *Trên các máy có dao quay tròn*

a. Nếu trục Z đã nằm ngang thì chiều dương của trục X hướng về bên phải nếu ta nhìn từ trục chính hướng vào chi tiết.

b. Nếu trục Z thẳng đứng và máy có một thân máy thì chiều dương của trục X hướng về bên phải khi ta nhìn từ trục chính hướng vào chi tiết.

Nếu máy có hai thân máy thì chiều dương của trục X hướng về bên phải nếu ta nhìn từ trục chính hướng vào thân máy bên trái.

2. *Trên các máy có chi tiết quay tròn*

Trục X nằm theo phương hướng kính của chi tiết và đi từ trục chi tiết đến bàn kẹp dao chính.

3. *Trên các máy không có trục chính công tác*

Trục X chạy song song theo hướng gia công chính.

**Trục Y**

Vị trí của trục Y xác định sau khi các trục X và trục Z đã được định nghĩa.

**Các trục phụ**

Nếu ngoài các trục X, Y, Z còn có các trục điều khiển độc lập khác, ta dùng ký hiệu U ( $\parallel$  X), V ( $\parallel$  Y) và W ( $\parallel$  Z).

Các trục song song khác (so với trục tọa độ chính) nhận các ký hiệu tiếp theo là P, Q và R.

Hình 7-2 trình bày ví dụ về vị trí của các trục tọa độ trên một máy phay côngxon.

**7.1.2. Các điểm chuẩn**

Trong vùng làm việc của các máy công cụ CNC, cần xác định các điểm chuẩn sau đây:

### 7.1.2.1. Điểm gốc 0 của máy (ký hiệu M)

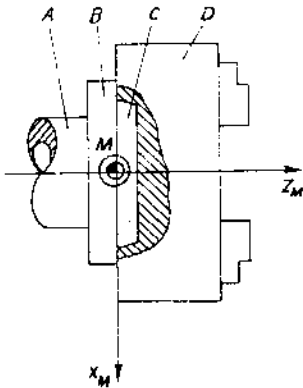
Điểm 0 của máy M là điểm gốc của hệ tọa độ máy. Nó được nhà chế tạo máy quy định theo một quan điểm có mục đích (ví dụ ở các máy tiện CNC đó là giao điểm của trục quay (trục Z) với mặt tỳ của mâm cặp trên mặt bích trục chính (hình 7-3).

### 7.1.2.2. Điểm gốc 0 của chi tiết (ký hiệu W)

Điểm 0 của chi tiết W là điểm gốc của hệ tọa độ chi tiết.

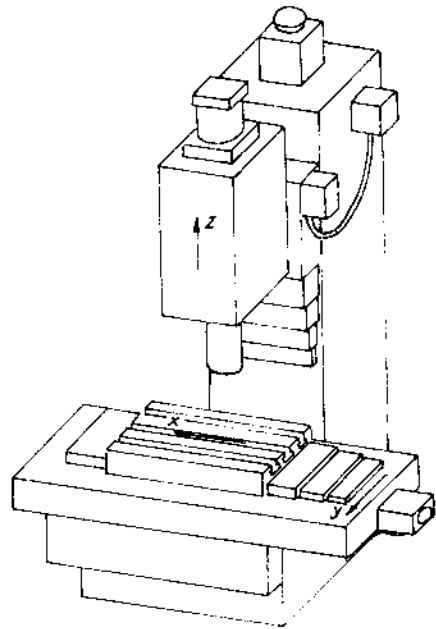
W có thể được người lập trình lựa chọn tùy ý trên chi tiết.

Hình 7-4 chỉ rõ vị trí của W trong ví dụ về một chi tiết tiện.

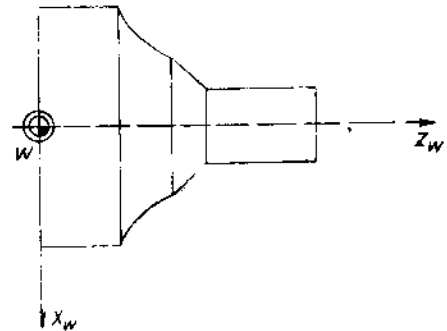


Hình 7-3. Vị trí gốc "0" M của hệ tọa độ máy.

Ví dụ trên máy tiện: A. Trục chính máy tiện; B. Mặt tựa trên trục chính; C. Côn định tâm; D. Mâm cặp.



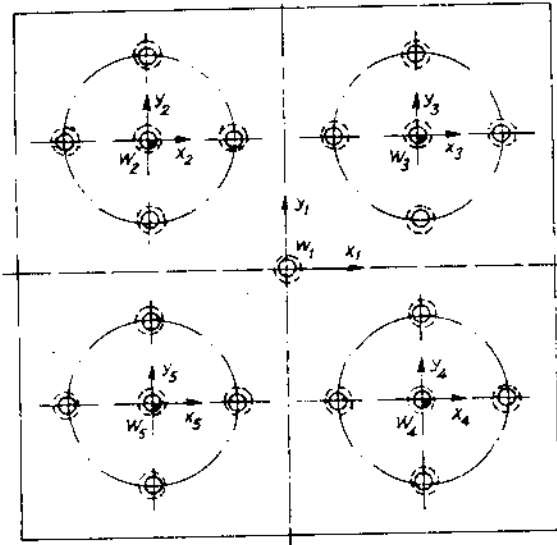
Hình 7-2. Vị trí và hướng của các trục tọa độ trên máy CNC.



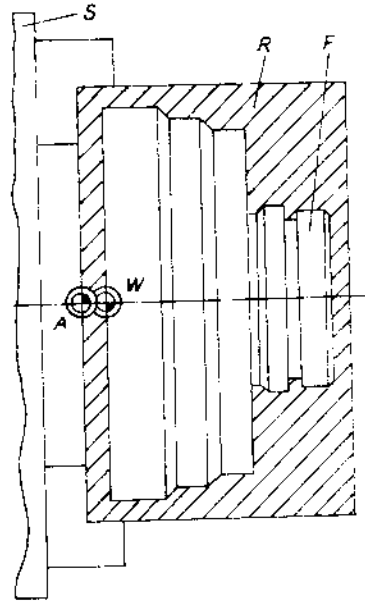
Hình 7-4. Vị trí gốc "0" W của hệ tọa độ chi tiết. Ví dụ cho một chi tiết tiện.

Đôi khi việc xác định trên chi tiết nhiều hệ tọa độ khác nhau có các điểm gốc 0 tương ứng của chi tiết là W1, W2, W3,... lại có ưu điểm. Trên các chi tiết đối xứng nó có thể giúp cho đơn giản hóa công việc lập trình (hình 7-5).





Hình 7-5. Hệ tọa độ chi tiết  $W_1$  và các hệ tọa độ phụ (thứ cấp)  $W_2, W_3, \dots$  trong các hình thể đối xứng.



Hình 7-6. Điểm gá đất A.  
R. Chi tiết thô (phôi); F. Chi tiết đã gia công xong; S. Mâm cặp.

#### 7.1.2.3. Điểm gá đất A

A là điểm lựa chọn tùy ý trên mặt gá chi tiết gia công.

Mặt gá chi tiết là mặt chuẩn, đạt tiếp xúc với các vấu tỳ trên bàn máy hoặc đồ gá. Nếu mặt gá là một mặt đã gia công hoặc giữ nguyên là mặt thô chưa gia công, có thể điểm A trùng lặp với điểm W (hình 7-6).

#### 7.1.2.4. Điểm chuẩn R (referenzpoint)

Điểm chuẩn R là điểm xác định trong vùng làm việc của máy công cụ mà khoảng cách từ nó đến điểm 0 của máy M cần được biết chính xác.

Điểm chuẩn được đặt mốc trên mỗi trục (như một phần cứng), nhờ cử chặn cố định hoặc cử chặn có thể điều chỉnh theo từng bước không đổi.

Điểm chuẩn là cần thiết trong trường hợp hệ điều khiển dùng phép đo vị trí kiểu gia số. Ở đây, cứ mỗi lần đóng mạch hệ điều khiển thì các trục phải được chạy về điểm chuẩn của nó. Có như vậy hệ điều khiển mới có một điểm khởi xuất, từ đó bắt đầu đếm các khoảng gia số.

Nếu chỉ dùng các cử chặn và công tác ngắt hành trình thì không đảm bảo được độ chính xác đòi hỏi khi đi tới điểm chuẩn (độ chính xác thường là 0,0005 hoặc 0,001 mm).

Bởi vậy cụm tổ hợp cơ chận và công tắc ngắt hành trình chỉ báo cho hệ điều khiển vùng lân cận điểm dừng, vùng đó nằm trước điểm 0 của tín hiệu đo biểu thị điểm chuẩn.

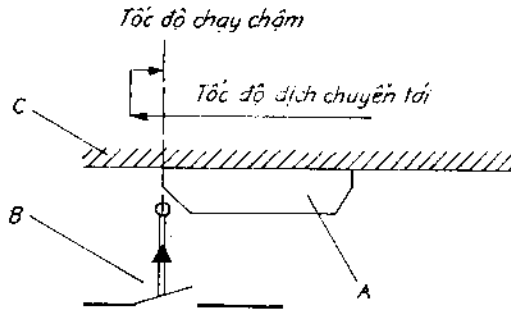
Chiều rộng của vùng lân cận điểm dừng nằm vượt ra ngoài dung sai khi đóng mạch một công tắc ngắt chính xác.

Để khắc phục các sai số cắt gọt khi đào chiều trục công tác, dịch chuyển trở về điểm chuẩn R luôn luôn thực hiện theo cùng một chiều và theo chế độ chạy dao chậm (hình 7-7).

Khoảng cách giữa điểm chuẩn R và điểm 0 của máy M được thông báo cho hệ điều khiển thông qua dữ liệu điều chỉnh máy (xem mục "Dữ liệu điều chỉnh máy").

Các giá trị tốc độ chạy về điểm chuẩn cũng như tốc độ của hành trình chạy dao chậm trên từng trục, phụ thuộc vào các số liệu kỹ thuật của máy như khối lượng bàn máy. Chiều dài đoạn dịch chuyển trở về điểm chuẩn R, cũng được thông báo cho hệ điều khiển thông qua dữ liệu điều chỉnh máy.

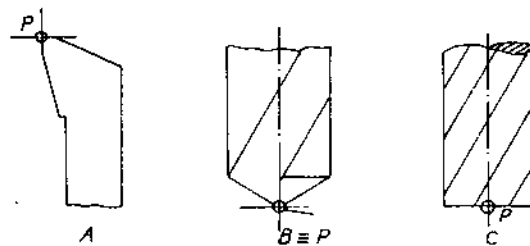
Dịch chuyển trở về điểm chuẩn được thực hiện hoặc là nhờ một lệnh chương trình chuyên dụng hoặc là nhờ một công tắc chuyên dụng trên bảng điều khiển.



Hình 7-7. Xác định điểm chuẩn trong khi đo vị trí chu kỳ - tuyệt đối và đo vị trí tương đối.  
A. Vấu tỳ; B. Công tắc hành trình; C. Bàn máy.

#### 7.1.2.5. Điểm chuẩn của dao

Để có thể xác định vị trí của dao trong vùng làm việc của máy, ta xác định điểm chuẩn P của dao. Trên hình 7-8 trình bày các vị trí điểm chuẩn P của dao cho các dao khác nhau, quay hoặc không quay tròn.

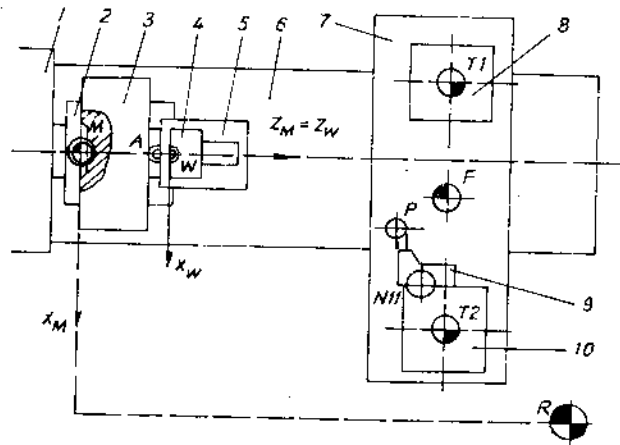


Hình 7-8. Vị trí các điểm chuẩn của dao P trên các dao khác nhau.  
A. Dao tiện; B. Mũi khoan ruột gà;  
C. Dao phay ngón.

7.1.2.6. Các điểm, chuẩn khác

Tùy theo dạng máy công cụ ta còn có các điểm chuẩn khác, xác định có mục đích.

Hình 7-9 nêu ra các điểm chuẩn yêu cầu phụ thêm cho một máy tiện CNC có đầu dao revolve 4 cạnh.



Hình 7-9. Vùng làm việc của máy tiện CNC với các điểm chuẩn và lượng đo cần thiết cho lập trình.

- A. Điểm gá đặt; P. Điểm chuẩn của dao;  
F. Điểm chuẩn của bàn máy; R. Góc chuẩn hóa;  
M. Điểm gốc O của hệ tọa độ máy; T1, T2. Điểm chuẩn  
của các bàn kẹp dao; N. Điểm chuẩn của kẹp dao;  
W. Điểm gốc O của hệ tọa độ chi tiết.

## 7.2. CẤU TRÚC CỦA MỘT CHƯƠNG TRÌNH

Một chương trình gia công điều khiển CNC chứa đựng tất cả các thông tin cần thiết

để thực hiện một hay nhiều công đoạn gia công xác định trên một máy công cụ CNC.

Chương trình gồm từ dấu hiệu "bắt đầu chương trình"; sau đó là một trình tự các câu lệnh.

### 7.2.1. Câu lệnh

Câu lệnh là một tập hợp các thông tin cần cho hệ điều khiển để thực hiện một bước gia công.

Kết thúc chương trình được đánh dấu bởi một chức năng phụ (xem dưới đây).

Trước dấu hiệu "bắt đầu chương trình" có thể có một đoạn viết bất kỳ (text) để giải thích chương trình. Đoạn này chỉ không được phép chứa dấu hiệu "bắt đầu chương trình". Hệ điều khiển không hiểu được tất cả những thông tin đứng trước dấu hiệu "bắt đầu chương trình". Cũng như vậy, hệ điều khiển bỏ qua không đọc mọi điều lưu ý thuộc chương trình, nằm giữa dấu hiệu "bắt đầu các chú ý" và dấu hiệu "kết thúc các chú ý".

Cấu trúc của một chương trình gia công điều khiển CNC cũng được tiêu chuẩn hóa (DIN 66025).

Một câu lệnh chương trình bao gồm những thông tin riêng lẻ mà ta gọi là "từ lệnh".

### 7.2.2. Từ lệnh

Mỗi từ lệnh hàm chứa một thông tin về kỹ thuật lập trình, về hình học hoặc về công nghệ.

Trong phương thức viết liên tục kiểu thông dụng, mỗi từ lệnh bao gồm một chữ cái và một con số. Khoảng cách giữa các từ lệnh bằng một dấu cách. Hệ điều khiển nhận biết dạng của từ lệnh nhờ chữ cái.

Về con số, hệ điều khiển đọc là số dương nếu nó không có dấu âm đứng trước.

Trong phương thức viết địa chỉ kiểu "Tab", mỗi từ lệnh đều được viết vào phía trước chữ cái (chỉ địa chỉ) một dấu Tab. Khoảng cách giữa các từ lệnh bằng 1 Tab.

Cách viết này có ưu điểm khi phân tách chương trình thành danh mục chương trình sẽ đưa ra được một diễn đạt tổng quan, bởi vì tất cả mọi từ lệnh có cùng địa chỉ đều đứng dưới nhau theo một cột. Nhược điểm là chương trình sẽ chiếm dụng nhiều chỗ trong vật mang tin.

Các từ lệnh được xếp vào câu lệnh theo một trình tự chặt chẽ, theo tiêu chuẩn (DIN 66025):

1. Từ cho số thứ tự câu lệnh
2. Từ cho điều kiện đường dịch chuyển hoặc điều kiện chuẩn bị
3. Các từ cho những trục tọa độ X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C, D, E
4. Các từ cho những thông số nội suy I, J, K
5. Từ lệnh cho chạy dao
6. Từ lệnh cho số vòng quay trục chính hoặc cho tốc độ cắt
7. Từ lệnh cho chọn dao và giá trị hiệu chỉnh dao
8. Từ lệnh cho các chức năng phụ.

Trong một câu lệnh, có thể bỏ qua các từ lệnh mà khi viết nó trong câu không cần dùng đến các thông tin ở dạng số.

Trong các hệ điều khiển CNC hiện đại, giá trị những con số được ghi vào

ở dạng thông dụng với dấu chấm thập phân, ví dụ 127.357.

Nếu không có dấu chấm thập phân thì chữ số đứng xa nhất về phía bên phải có giá trị vị trí ứng với  $10^0 = 1$ . Ví dụ:  $127 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0$

Trong các hệ điều khiển cũ, thường nạp vào các giá trị số không có chấm thập phân.

Để giúp cho hệ điều khiển hiểu được giá trị vị trí, từng con số phải đưa vào các chữ số phù hợp trên toàn bộ vị trí ứng với dung lượng nạp. Để đơn giản cách viết, có thể bỏ qua một số các số 0 đứng đầu.

Ví dụ trong một hệ điều khiển có dung lượng nạp là 7 cột số và đơn vị dịch chuyển tính là 0,001 mm, sẽ có các biểu đạt như sau cho các giá trị con số trong chương trình:

<i>Giá trị con số</i>	<i>Thứ tự con số trong lập trình</i>
0,001 mm	1
0,01	10
0,1	100
1	1 000
10	10 000
100	100 000
1000	1 000 000

### 7.2.3. Ký tự địa chỉ và những dấu hiệu đặc biệt (DIN. 66025)

<i>Ký tự/</i>	<i>Ý nghĩa</i>
<i>Dấu hiệu</i>	

A	Chuyển động quay quanh trục X
B	Chuyển động quay quanh trục Y
C	Chuyển động quay quanh trục Z
D	Chuyển động quay quanh một trục khác hoặc chạy dao thứ 3
E	Chuyển động quay quanh một trục khác hoặc chạy dao thứ 2
F	Chạy dao
G	Điều kiện đường dịch chuyển
H	Địa chỉ chưa dùng, còn tự do
I	Thông số nội suy hoặc bước ren song song với trục X
J	Thông số nội suy hoặc bước ren song song với trục Y
K	Thông số nội suy hoặc bước ren song song với trục Z
L	Địa chỉ chưa dùng, còn tự do

M	Chức năng phụ
N	Số thứ tự câu lệnh
O	Không sử dụng (tránh nhầm lẫn với 0)
P	Chuyển động thứ 3 // X hoặc thông số hiệu chỉnh dao
Q	Chuyển động thứ 3 // Y hoặc thông số hiệu chỉnh dao
R	Chuyển động thứ 3 // Z hoặc thông số hiệu chỉnh dao
S	Số vòng quay trục chính hoặc tốc độ cắt
T	Gọi dao
U	Chuyển động thứ 2 // X
V	Chuyển động thứ 2 // Y
W	Chuyển động thứ 2 // Z
X	Chuyển động // X
Y	Chuyển động // Y
Z	Chuyển động // Z
%	Bắt đầu chương trình
:	Câu lệnh chính
/	Nén câu lệnh (kìm lại)
(	Bắt đầu một chú ý
)	Kết thúc một chú ý
NUL	Dấu hiệu không có ý nghĩa
BS	Bước lùi (Backspace = lùi một dấu cách hoặc một Tab)*
HT	Tabulator (Tab nằm ngang)*
LF	Kết thúc câu lệnh (Line feed)
CR	Lùi giá bút (Car Return)*
SP	Dấu cách (Space)*
DEL	Dấu xóa (Delete)*

### 7.3. MÔ TẢ CỦA TỪNG TỪ LỆNH RIÊNG LẺ TRONG MỘT CÂU LỆNH

Thứ tự, địa chỉ và cấu trúc của từng từ lệnh riêng lẻ trong một chương trình gia công điều khiển CNC được xác định theo tiêu chuẩn (DIN 66025).

Tiêu chuẩn này cũng thống nhất với các tiêu chuẩn quốc tế tương ứng khác, đặc biệt là tiêu chuẩn ISO. Tuy thế, sự phát triển nhanh chóng của kỹ

---

\* Các dấu hiệu này cần cho hệ điều khiển các thiết bị soạn thảo để chế tạo vật mang tin (ví dụ: Teletype = viết từ xa cho băng đục lỗ). Đối với chương trình CNC không có ý nghĩa gì.

thuật CNC khiến cho (do những chức năng mới đặt ra mà tiêu chuẩn chưa bao quát hết) có sự khác biệt giữa các nhà chế tạo hệ điều khiển khác nhau.

**Từ lệnh N - Số của câu lệnh:**

Từ đầu tiên của một câu lệnh là số câu lệnh N. Nó đánh số cho câu lệnh.

Mỗi câu lệnh phải có số câu lệnh riêng cho nó, nhờ đó nó có thể được tìm ra trong chương trình.

Trong một chương trình, số đánh dấu cho câu lệnh đã định chỉ cho phép dùng một lần.

Số câu lệnh không ảnh hưởng gì đến thứ tự, theo đó các câu lệnh được hệ điều khiển xử lý. Các câu lệnh được huy động theo một trình tự như khi chúng được nạp vào hệ điều khiển.

Với đa số các hệ CNC, trong khi xử lý một chương trình, số của câu lệnh đang xử lý đều được hiển thị, do đó quá trình vận hành máy thông báo được ở mọi lúc về mức độ xử lý chương trình.

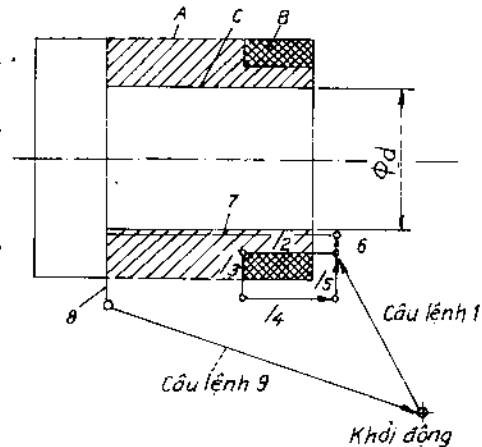
**Từ lệnh /N - Ngắt câu lệnh:**

Một câu lệnh, đứng trước địa chỉ số lệnh của nó còn có một gạch chéo "/" sẽ bị hệ điều khiển không cần biết tới nếu như trên bảng điều khiển, nút "xóa câu lệnh" (BLOCK DELETE) bị nhấn.

Các "câu lệnh có thể bị ngắt" được đưa vào khi lập trình, chẳng hạn như, khi một chu kỳ làm việc xác định, thường là cắt đo, chỉ cần được thực hiện ở chi tiết đầu tiên trong loạt các chi tiết khác nhau, ở các chi tiết gia công sau đó không cần lặp lại nữa.

Hình 7-10 nêu ví dụ ứng dụng chu kỳ cắt đo ở một chi tiết tiện. Trên chi tiết này đường kính  $d$  phải nằm trong một phạm vi dung sai nhỏ (0,02 mm). Dung sai này còn nhỏ hơn dung sai cho phép khi điều chỉnh dao cắt trong vùng làm việc của máy.

Bởi vậy trước tiên hãy cắt thử một đường kính  $d'$  lớn hơn  $d$  một lượng dư xác định (ví dụ ở đây là 1 mm, tức là  $d' = d + 1$  mm). (xem trên hình 7-10 từ câu lệnh /N2 đến câu lệnh /N5). Cuối



Hình 7-10. Các câu lệnh "Dùng cắt - Đo" trên một chi tiết tiện.

câu lệnh /N5 có lập trình một từ lệnh "dừng chương trình = M00".

Hệ điều khiển ngừng quá trình gia công tiếp theo sau câu lệnh /N5. Đường kính thật của đoạn cắt thử được tiến hành đo vào lúc này. Sai lệch so với đường kính cần ( $d_{do} - d'$ ) sẽ được nạp vào hệ điều khiển như một giá trị chỉnh lý dao (xem mục "Địa chỉ dao T").

Hệ điều khiển sẽ đẩy dao đi thêm một đoạn bằng giá trị chỉnh lý vừa nạp vào. Sau đó nó được khởi động lại nhờ ấn nút CYCLE START trên bảng điều khiển máy. Chi tiết được gia công hoàn thiện tiếp tục từ câu lệnh N6 đến câu lệnh N9.

Khi gia công tiếp theo cho các chi tiết khác, chu kỳ "cắt thử - dừng đo - chỉnh lý" không cần lập lại nữa. Nút bấm BLOCK DELETE được nhấn để hệ điều khiển bỏ qua các câu lệnh /N mà đi từ N1 thẳng đến N6.

### Từ lệnh G

- Điều kiện đường dịch chuyển:

Chữ cái địa chỉ G (viết tắt của chữ Geometric Function) thông báo cho hệ điều khiển lệnh chuẩn bị.

Một lệnh chuẩn bị có tác dụng đổi mạch cho hệ điều khiển sang một tiến trình tự động xác định.

Lệnh chuẩn bị gồm chữ cái địa chỉ G và một mã số hai vị trí từ 00 đến 99.

Trong Phụ lục, bảng 1, tập hợp các mã số và ý nghĩa của chúng có phân biệt thành ba dạng điều kiện đường dịch chuyển:

1. Những điều kiện đường dịch chuyển được nhớ trong hệ điều khiển, có tác dụng đối với mọi câu lệnh tiếp theo cho đến khi bị một điều kiện đường dịch chuyển khác cùng dạng viết đè hoặc bị xóa bởi lệnh xóa.

Tiêu chuẩn DIN 66025 có các nhóm lệnh chuẩn bị sau đây:

*Nhóm                      Lệnh chuẩn bị*

a	dạng nội suy
b	chọn mặt tọa độ
c	chỉnh lý dao
d	dịch điểm chuẩn
e	đặc tính chuyển động vào cắt
f	chu kỳ làm việc
h	số liệu kích thước



- j            quy định chạy dao
- k            quy định số vòng quay trục chính.

2. Những điều kiện đường dịch chuyển chỉ có tác dụng trong câu lệnh nào mà nó được đưa vào khi lập trình.

3. Những điều kiện đường dịch chuyển mà tiêu chuẩn không đặt cho nó một ý nghĩa chắc chắn.

Mỗi một ý nghĩa của mã số trong nhóm này được xác định bởi nhà chế tạo hệ điều khiển.

Khi đóng mạch cho một hệ điều khiển CNC, một số điều kiện đường dịch chuyển được đặt vào một cách tự động. Những điều kiện đường dịch chuyển này một phần do các nhà chế tạo hệ điều khiển cài đặt, không thay đổi được, một phần chúng có thể được người sử dụng máy cài đặt thông qua dữ liệu điều chỉnh máy (MED, MSD = MACHINE SETUP DATA).

#### *Mô tả các điều kiện đường dịch chuyển*

**G00**    Đặc tính điều khiển điểm, chạy dao nhanh.

Điểm đích đã lập trình được đi tới bằng hành trình chạy dao nhanh.

Thông thường trong các hệ điều khiển hiện đại, đoạn đường cần dịch chuyển tương ứng với vectơ tổng của các chuyển động trên từng trục riêng lẻ.

Nhờ các dữ liệu điều chỉnh, máy có thể xác định được trước xem liệu có cần chạy với tốc độ nhanh tối đa trên trục tọa độ có đoạn dịch chuyển dài hơn; hoặc liệu có cần thích ứng tốc độ dịch chuyển tính ra với tốc độ chạy nhanh cho phép tối đa (hình 7-11).

Độ lớn của tốc độ chạy dao nhanh thường không cần phải lập trình. Nó được nhớ trong hệ điều khiển như một hằng số máy.

Có một vài hệ điều khiển xử lý lệnh G00 theo kiểu đồng thời có dịch chuyển với tốc độ chạy nhanh tối đa trên tất cả các trục (hình 7-11c).

**G01**    Nội suy thẳng

Với từ lệnh G01 là nội suy thẳng (nội suy tuyến tính), hệ điều khiển cho phép điểm chuẩn của dao chạy với chuyển động chạy dao đã lập trình (địa chỉ F) trên đường thẳng nối từ điểm khởi xuất đến điểm đích (hình 7-12).

Trong trường hợp đặc biệt của nội suy tuyến tính, giữa một chuyển động tuyến tính và một chuyển động quay tròn, chuyển động tổng hợp của điểm

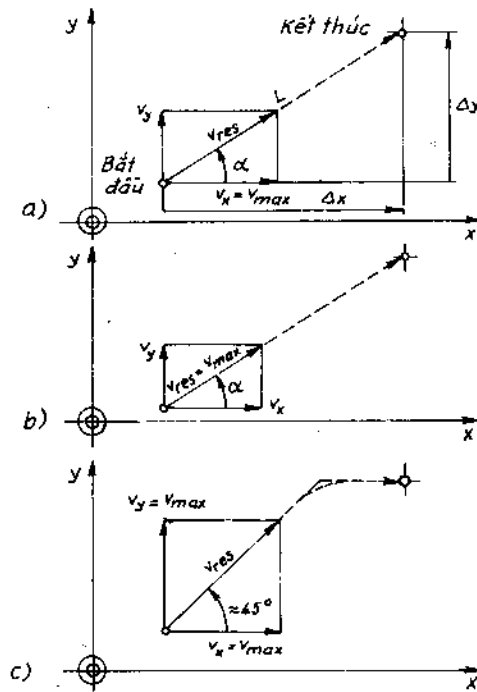
chuẩn dao là một đường xoắn helix (hình 7-13).

**G02; G03** Nội suy vòng

G02 sản sinh một chuyển động cong giữa điểm khởi xuất và điểm đích theo chiều kim đồng hồ; với G03 thì ngược chiều kim đồng hồ.

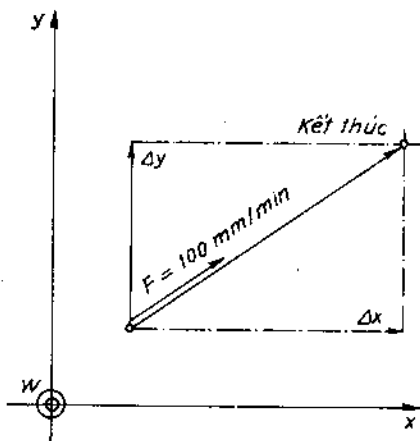
Đường cong được đi qua với tốc độ chạy dao đã lập trình.

Xác định chiều thuận G02 hay chiều ngược G03 theo chiều kim đồng hồ là dựa vào

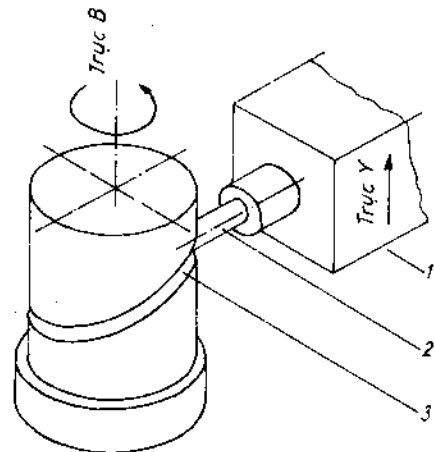


Hình 7-11. Chạy dao nhanh - Địa chỉ G00.

- a. Tốc độ chạy dao nhanh,  $V_{max}$  được tính toán với các đoạn dịch chuyển lớn theo từng trục tọa độ; b. Tốc độ chạy dao nhanh được tính theo đường dịch chuyển hợp thành; c. Cả hai trục chạy với tốc độ nhanh  $V_{max}$ .



Hình 7-12. Nội suy thẳng (tuyến tính), địa chỉ G01



Hình 7-13. Nội suy đường xoắn vít (nội suy helix) bằng sự phối hợp nội suy quay - tuyến tính.  
1. Trục dao; 2. Dao phay; 3. Đường xoắn vít.

quan sát các trục tọa độ theo chiều từ dương đến âm trên mỗi trục (hình 7-14).

Để giúp hệ điều khiển sản sinh ra biên dạng cong mong muốn, ngoài điều kiện đường dịch chuyển G02 hay G03, nó còn cần các dữ liệu về tọa độ điểm đích, vị trí của tâm đường cong nội suy hoặc độ lớn của bán kính đường cong nội suy.

Tọa độ của tâm đường cong nội suy được lập trình theo địa chỉ I, J, K tương ứng với các trục tọa độ X, Y, Z.

Thay cho dữ liệu về tâm của đường cong nội suy, các hệ điều khiển hiện đại thường tiếp thu cả dữ liệu bán kính đường cong nội suy, địa chỉ của nó là R - có khác biệt với DIN 66025 - xem hình 7-15.

#### **G04 Thời gian duy trì**

Với chức năng này ta xác định một điểm duy trì chương trình, tại đó, thời gian duy trì có thể xác định trước.

Khoảng thời gian duy trì thường được lập trình với địa chỉ X.

Một thời gian duy trì có thể được lập trình, ví dụ khi kết thúc một nguyên công khoét nhằm đạt được mặt đáy lỗ khoét phẳng đều (hình 7-16).

#### **G17, G18, G19 Chọn mặt phẳng tọa độ**

Với chức năng này ta chọn được một mặt phẳng tạo bởi hai trục tọa độ hoặc là một mặt phẳng song song với mặt tọa độ này, trên đó lệnh nội suy vòng và giá trị chỉnh lý bán kính đầu dao cần có hiệu lực tác dụng (xem Phụ lục - Bảng 2).

Hình 7-17 trình bày thứ tự chọn các mặt tọa độ của các chức năng G17, G18, G19.

#### **G33 đến G35 Cát ren**

Chức năng này tạo điều kiện cho cát ren, ví dụ trên máy tiện điều khiển CNC. Trong đó tốc độ của chuyển động nội suy được điều khiển nhờ một đầu phát xung tính dựa theo số vòng quay trục chính (hình 7-18), trong hình này:

*Câu lệnh*

*Ý nghĩa*

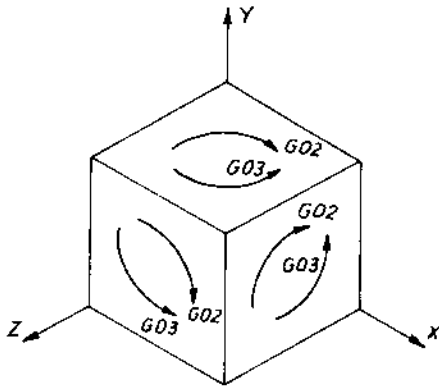
N50 G00 X10 Z52

Dao chạy nhanh đến điểm D( $X = 10$ ;  $Z = 52$ )

N60 G01 X7 F100 S50 Điều chỉnh chiều sâu cắt bước thứ nhất

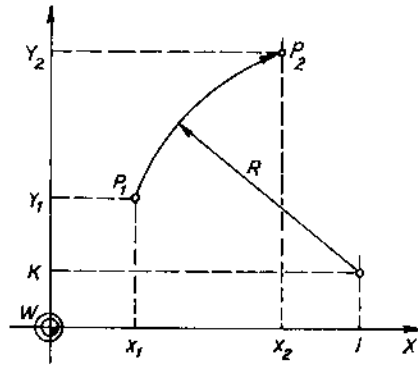
( $\phi = 14$ ). Tốc độ chạy dao 100 mm/ph; tốc độ cắt 50 m/ph

N70 G33 Z-2 F2	Cắt ren, bước ren 2 mm
N80 G01 X9	Lùi dao cắt ren với tốc độ 100 mm/ph
N90 G00 Z52	Dao lùi về vị trí Z = 52 với tốc độ chạy dao nhanh
N100 G01 X6,7	Chỉnh chiều sâu cắt bước cuối ( $\phi$ chân ren = 13,4)
N110 G33 Z-2 F2	Cắt xong ren



Hình 7-14. Định nghĩa chiều quay trong nội suy vòng.

G02 Thuận chiều kim đồng hồ. (CW = clockwise). G03 Ngược chiều kim đồng hồ. (CCW = counterclockwise).



Hình 7-15. Lập trình cho chuyển động cong.

#### Chú ý

Thông thường những hệ điều khiển tiện dụng cho máy tiện có những chu kỳ làm việc, nhờ nó việc lập trình cắt ren đơn giản hơn nhiều so với ví dụ này.

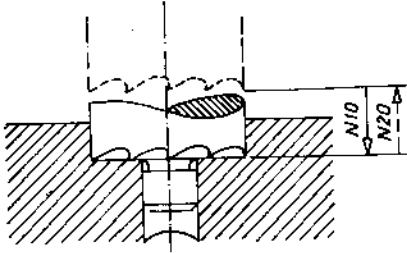
#### G41 đến G44 Chỉnh lý dao

Điều kiện chuẩn bị này đặt hệ điều khiển vào khả năng: nếu biết được đường kính dao hiện thời hoặc bán kính đầu dao hiện thời trên các dao tiện, có thể tính toán được một biên dạng phông theo biên dạng đã lập trình với khoảng cách bằng bán kính hiện thời.

Các dữ liệu cụ thể hơn về khả năng chỉnh lý dao xem mục "Chỉnh lý dao".

#### G54 đến G59 Dịch chuyển điểm 0

Với chức năng này cho phép gọi ra trong chương trình giá trị dịch chuyển tọa độ của điểm gốc đã được truy nhập trước đây vào hệ điều khiển.

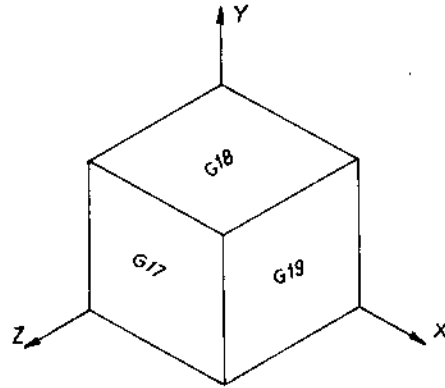


Hình 7-16. Gia công khoét có thời gian duy trì.

N10...

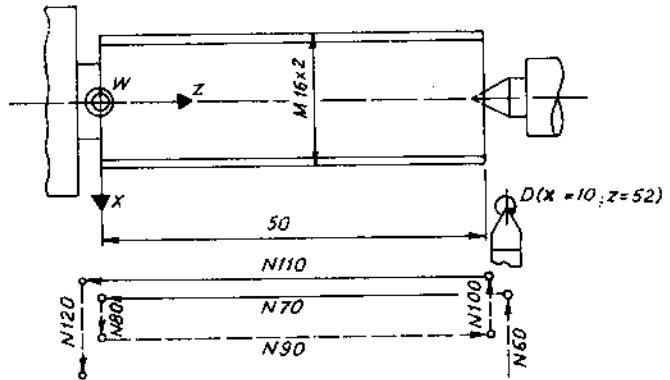
N15 G04 X1 (đưa ra thời gian duy trì 1 s).

N20...



Hình 7-17. Địa chỉ hóa các bề mặt nội suy  
G17 Mặt xy; G18 Mặt xz; G19 Mặt yz.

Ví dụ cho trường hợp này được trình bày trên hình 7-19. Trên hình vẽ, khi gia công phay kiểu chu kỳ quá lác, trước hết chương trình gia công được gọi đến W1 và chỉ tiết kẹp tại đây sẽ được gia công. Sau đó điểm 0 của chỉ tiết được dịch chuyển về W2 và chương trình gia công được thực hiện tại đó. Tiếp theo, điểm 0 chỉ tiết lại quay trở lại W1 và quá trình gia công lại được lặp lại cho chỉ tiết mới.



Hình 7-18. Chu kỳ cắt ren trên máy tiện - Địa chỉ G33.  
D Điểm khởi xuất của dao tiện.

Các ví dụ về lập trình trong chương 10 sẽ diễn giải chi tiết hơn nữa về tác dụng của từ lệnh này.

### G60, G61 Dừng chính xác

Với điều kiện này có thể đạt được một sự thực hiện chính xác các chuyển tiếp biên dạng không liên tục.

Việc bắt đầu thực hiện câu lệnh tiếp theo sẽ bị hãm lại cho đến khi khoảng

cách lân cận điểm đích của câu lệnh đang thực hiện được thực hiện nốt bằng một giá trị tính trước nhờ các dữ liệu điều chỉnh máy (hình 7-20).

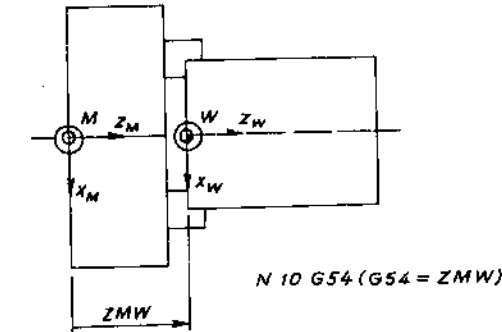
### G81 đến G89

Các chu kỳ công tác

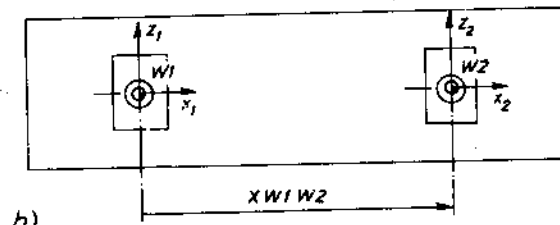
Với các lệnh này, những chu kỳ công tác khác nhau sẽ được xác định.

Một chu kỳ công tác, theo nghĩa của điều kiện chuẩn bị này, là một trình tự các chuyển động trên một trục với các số vòng quay tương ứng của trục công tác ấy.

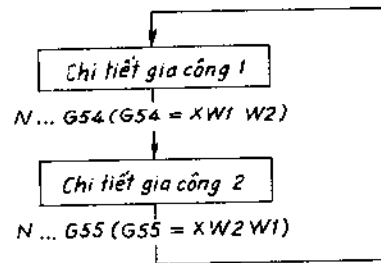
Ví dụ về các chu kỳ công tác xem trên hình 7-21.



a)



b)



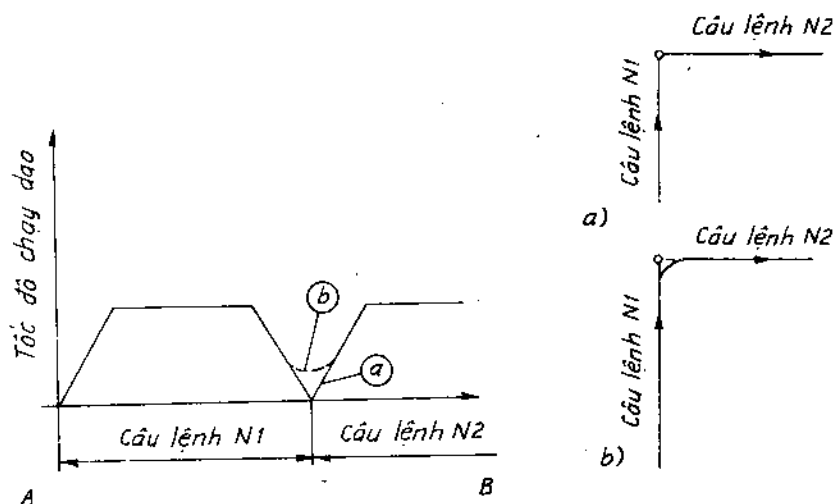
Hình 7-19. Ví dụ về dịch chuyển điểm 0.

Trong câu lệnh a. Dịch chuyển điểm 0 khi tiến theo kích thước của mâm cặp; b. Dịch chuyển điểm 0 khi phay theo chu kỳ con lắc.

lệnh cho chu kỳ công tác, những công nghệ gia công mong muốn được xác định bởi những điều kiện đường tương ứng từ G81 đến G89.

Ngoài ra còn các kích thước cho chuyển động của dao theo hướng trục gia công và những điều kiện công nghệ của nguyên công gia công.

Chu kỳ làm việc đã xác định như vậy lại được huy động với một điều kiện chuẩn bị nữa, ví dụ G79, thì trong câu lệnh này cũng phải đưa vào các tọa độ của điểm, tại đó chu kỳ công tác cần được thực hiện.

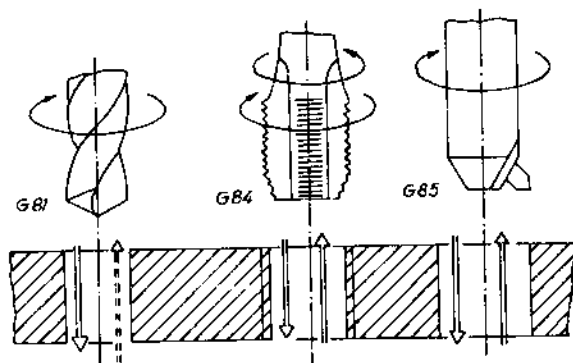


**Hình 7-20.** Gia công có hoặc không có lệnh dừng chính xác.

A. Biểu đồ thời gian- tốc độ: a. Có lệnh dừng chính xác;

b. Không có lệnh dừng chính xác.

B. Biên dạng sản sinh: a. Có lệnh dừng chính xác; b. Không có lệnh dừng chính xác.

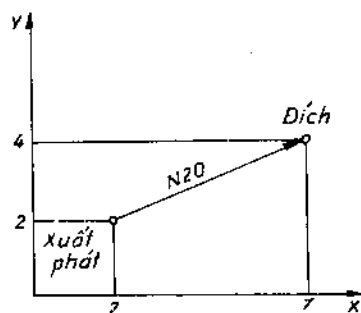


**Hình 7-21.** Ví dụ cho các chu kỳ công tác.

G81 Chu kỳ khoan.

G84 Chu kỳ tarô - ren.

G85 Chu kỳ tiện rộng.



**Hình 7-22.** Các chương trình lập với giá trị đo tuyệt đối (địa chỉ G90) hoặc với giá trị đo tương đối (địa chỉ G91).

## G90 Các số liệu đo kiểu tuyệt đối

Các tọa độ của điểm đích được đưa vào ở dạng các giá trị tuyệt đối, có nghĩa là gốc đo bằng điểm gốc 0 của chi tiết.

Hệ điều khiển thực hiện dịch động trên các trục đã lập trình với các giá trị đích đưa ra trước trong chương trình.

Lập trình với các giá trị tọa độ kiểu tuyệt đối cũng được coi là lập trình theo chuẩn đo. Hình 7-22 chỉ rõ một ví dụ lập trình kiểu này. Chương trình cho chuyển động gồm có:

*Câu lệnh*

*Ý nghĩa*

N10 G90

Đóng mạch chương trình theo chuẩn đo (chỉ yêu cầu khi G90 không phải là điều kiện đóng mạch cho điều khiển).

N20 G01 X7 Z4 F100 Tiến đến vị trí theo một đường thẳng từ vị trí khởi xuất (ở đây không được định nghĩa, có thể quan niệm là bất kỳ từ đâu đó). Tốc độ tiến 100 mm/ph.

**G91** Các số liệu đo kiểu tương đối.

Nếu có điều kiện đường G91, hệ điều khiển sẽ hiểu lệnh dịch chuyển trên từng trục riêng lẻ là kiểu dịch chuyển gia số (tương đối) và xử lý các giá trị tọa độ đã lập trình theo kiểu đo gia số.

Việc lập trình với các số liệu đo kiểu tương đối cũng được gọi là lập trình theo chuỗi đo kích thước.

Cũng với ví dụ trên hình 7-22, lập trình kiểu này phải thực hiện như sau:

*Câu lệnh*

*Ý nghĩa*

N10 G91

Đóng mạch chương trình theo chuỗi đo kích thước

N20 G01 X5 Z2 F100 Tiến đến vị trí đích theo một đường thẳng.  
Đoạn dịch chuyển được đưa vào cùng địa chỉ tương ứng X và Z.

Trong một số hệ điều khiển, có thể lập trình trong một câu lệnh cả kiểu đo tuyệt đối lẫn kiểu đo tương đối.

Khi lập trình ta phân biệt các địa chỉ X, Y, Z dành cho kiểu đo tuyệt đối, còn các địa chỉ U, V, W dành cho kiểu đo tương đối.

**G92** Dịch chuyển điểm 0



Điểm 0 của chương trình hay điểm 0 của chi tiết có thể được xác định bất kỳ nơi nào trong vùng làm việc của hệ điều khiển.

Khi lập trình, các tính toán theo đó sẽ đơn giản hơn hoặc thậm chí có thể bỏ qua, nếu điểm gốc 0 của hệ tọa độ được lựa chọn ở những điểm thuận lợi.

Nhờ điều kiện đường G92, điểm gốc 0 được chuyển dịch đi với các giá trị đã cho viết dưới địa chỉ X, Y, Z.

Các bàn máy không chuyển động với lệnh này.

Lệnh dịch chuyển gốc 0 sẽ kéo dài tác dụng cho đến khi nó bị thay đổi bởi một lệnh dịch chuyển gốc 0 khác.

#### *Các lệnh về đường dịch chuyển*

Dưới các địa chỉ X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C, hệ điều khiển nhận được các thông tin về những đoạn đường cần dịch chuyển trên từng trục riêng lẻ hoặc là về các góc quay xung quanh các trục xác định.

Việc gán các địa chỉ cho các trục điều khiển được nêu trên hình 7-23.

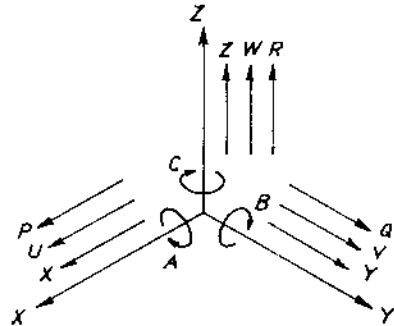
Nhờ sự lựa chọn các điều kiện đường dịch chuyển - G90 hoặc G91 - sẽ xác định xem những thông tin về đường dịch chuyển được hệ điều khiển hiểu trong kiểu đo tuyệt đối hay là kiểu đo gia số.

Các diễn giải kỹ lưỡng hơn về khả năng cấp thông tin về đường dịch chuyển xin xem ở mục "điều kiện đường dịch chuyển".

Lập trình với kiểu đo tuyệt đối (hay là lập trình theo chuẩn đo) có ưu điểm là những biến đổi hình học trong một câu lệnh chỉ có tác dụng đối với câu lệnh này mà không ảnh hưởng đến các câu lệnh tiếp theo.

#### *Các thông số nội suy I, J, K*

Khi dịch chuyển theo đường cong (các điều kiện đường dịch chuyển là G02 và G03), I, J và K mô tả vị trí tâm điểm của đường cong nội suy theo các hướng trục X, Y, Z.



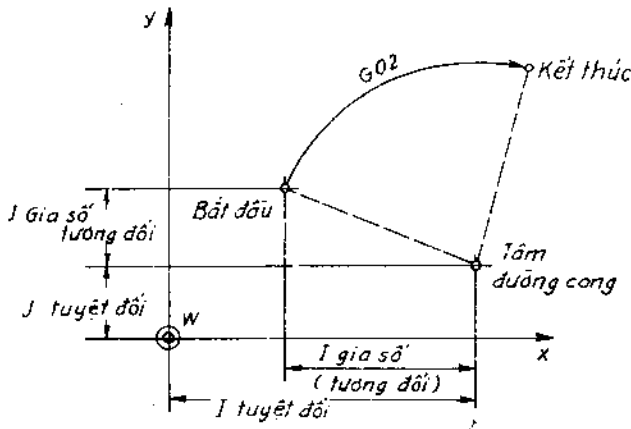
Hình 7-23. Địa chỉ đường dịch chuyển trong hệ tọa độ thẳng đứng.

Sau khi hệ điều khiển đã biết tọa độ của điểm khởi xuất của chuyển động cong nội suy, chính là điểm đích của chuyển động trong câu lệnh trước đó, hệ điều khiển có thể xác định bán kính của đường cong dịch chuyển.

Nếu điều kiện đường G90 được lập trình thì các tọa độ của tâm đường cong I, J, K phải được đưa vào ở dạng đo tuyệt đối, nghĩa là đo từ chuẩn gốc tọa độ.

Ngược lại, nếu có G91 thì I, J, K phải đưa vào ở dạng đo gia số, nghĩa là giá trị khoảng cách của điểm khởi xuất chuyển động cong so với tâm của đường cong đó (hình 7-24).

Khi cắt ren (điều kiện đường G33, G34, G35) I, J, K đưa ra thông số bước ren (chính bằng lượng chạy dao mm/vòng) theo hướng của các trục tọa độ X, Y, Z.



Hình 7-24. Lập trình cho chuyển động cong.

### Địa chỉ chạy dao F

Tốc độ mà bàn máy cần dịch chuyển được lập trình trực tiếp trong các hệ điều khiển CNC với địa chỉ F (F=FEED) và đơn vị đo là mm/ph hoặc inch/min (trong điều kiện đường G94) hay đơn vị đo là  $^{\circ}$ /min; mm/vòng hoặc inch/rev (rev = revolving) (trong điều kiện đường G95).

Các thông tin điển hình để lập trình chạy dao được tập hợp trong bảng 4 - Phụ lục.

### Địa chỉ số vòng quay trục chính S

Tùy theo cấu tạo của hệ điều khiển, số vòng quay trục chính có thể được lập trình trực tiếp dưới địa chỉ S (S=SPEED) hoặc một mã số.

**1. Lập trình trực tiếp:** Số vòng quay trục chính được lập trình với đơn vị  $\text{min}^{-1}$ . Ví dụ, số vòng quay trục chính mong muốn là  $710 \text{ min}^{-1}$  thì từ lệnh phải lập trình là S710. Trong trường hợp này hệ điều khiển cấp ra một tín

hiệu tương tự có tác dụng như một tín hiệu điều chỉnh, đặt trực tiếp vào động cơ dẫn động trục chính.

**2. Lập trình bằng mã số (code):** Trong các truyền động chính phân cấp, các số vòng quay trục chính thường được ghi bằng các mã số hai vị trí, phù hợp với tiêu chuẩn DIN 66025. Xem bảng 5 - Phụ lục.

### ***Địa chỉ dao T***

Địa chỉ dao T (T= TOOL) đặc trưng cho một con dao xác định.

Địa chỉ dao có những nhiệm vụ sau:

1. Nhớ các kích thước của dao (TOOL DATA) trong bộ nhớ dữ liệu về dao của hệ điều khiển.

Khi lập trình cho các chuyển động cong, không cần phải quan tâm đến các kích thước dao, bỏ qua các lo ngại về va chạm.

Các kích thước chính xác của dao được tìm ra nhờ quá trình điều chỉnh dao hoặc đo dao trên máy, sẽ được nạp vào hệ điều khiển bằng tay trên bảng điều khiển hoặc thông qua vật mang tin đưa vào bộ nhớ về dữ liệu dao của hệ điều khiển.

Hình 7-25 đưa ra ví dụ trong một nguyên công tiện, các dao được sử dụng có những dữ kiện đi kèm: vị trí, kích thước dao đưa vào bộ nhớ dữ liệu dao.

2. Nhớ các giá trị chỉnh lý dao.

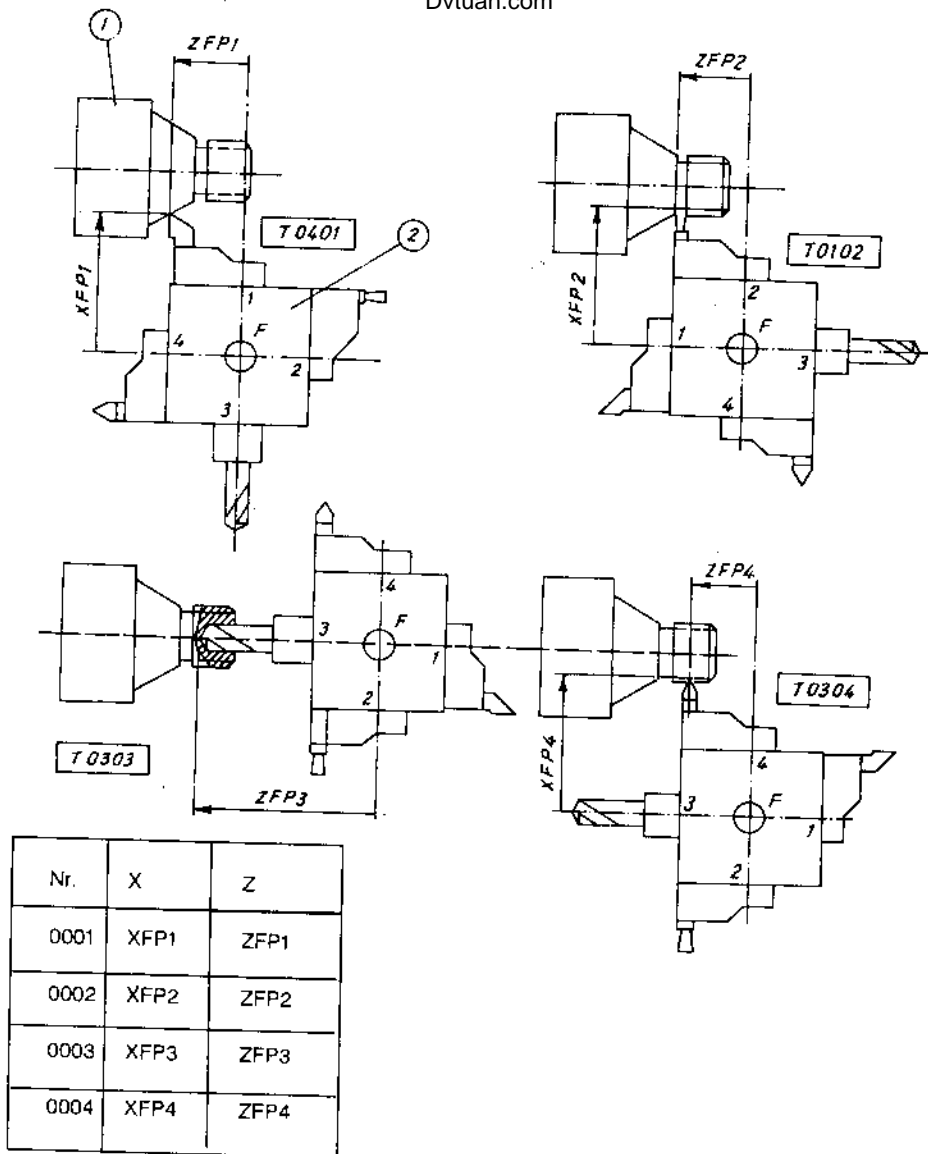
Các giá trị dung sai khi điều chỉnh dao cũng như lượng mòn của lưỡi cắt dẫn đến sai lệch giữa các dữ liệu dao đã ghi trong bộ nhớ và vị trí thật của các lưỡi cắt.

Hệ điều khiển khi nhớ thêm các giá trị chỉnh lý dao sẽ tạo khả năng khắc phục các sai lệch của dao (TOOL OFFSET) ứng với từng số hiệu dao trong bộ nhớ.

3. Gọi dao từ ổ tích chứa dao.

Lệnh T cho phép gọi dao từ ổ tích chứa vào vị trí làm việc, cho phép hệ điều khiển quan tâm đến những dữ liệu về dao. Trong một số trường hợp, quan tâm cả những giá trị chỉnh lý dao phù hợp với điều kiện chỉnh dao (G41 đến G44) cũng như bề mặt nội suy đã lập trình.

Việc tạo khuôn cho các lệnh về dao cũng còn phụ thuộc vào các thông số cấu trúc của máy công cụ.



**Hình 7-25.** Nạp dữ liệu dao vào bộ nhớ.

1. Chi tiết; 2. Đầu dao revolve có 4 dao quay.

Ví dụ, với các dao revolve trên hình 7-25, một lệnh về dao 4 vị trí là cần thiết. Trong đó, hai vị trí đầu tiên là địa chỉ mặt cạnh đầu dao revolve mà cụm trục chính của máy có nhiệm vụ xoay nó đến vị trí cần; hai vị trí cuối là địa chỉ của dao vào cắt trong bộ nhớ dữ liệu về dao và bộ nhớ các giá

trị chỉnh lý dao.

### *Các chức năng phụ M*

Các chức năng phụ, còn gọi là chức năng trợ giúp, được lập trình với địa chỉ M ( MISCELLANEOUS FUNCTION ). Nó bao gồm trước hết các nhiệm vụ công nghệ không lập trình dưới các địa chỉ F, S hoặc T.

Các chức năng phụ được đặc trưng bởi một mã số hai vị trí, ý nghĩa của chúng xin xem bảng 6 - Phụ lục.

Dưới đây là một số kiểu tác dụng của chức năng phụ

#### *Các chức năng phụ lập tức tác dụng*

Các chức năng M cũng có hiệu lực tác dụng như các chức năng khác trong câu lệnh mà nó được lập trình.

Ví dụ: M08 = bơm dung dịch trơn nguội.

#### *Các chức năng phụ có tác dụng chậm sau*

Các chức năng M sẽ có hiệu lực tác dụng sau khi tất cả các chức năng khác trong câu lệnh mà nó được lập trình đã thực hiện xong. Ví dụ:

M30 = kết thúc chương trình.

#### *Các chức năng phụ có tác dụng với từng câu lệnh*

Những chức năng này chỉ có tác dụng trong câu lệnh mà nó được lập trình. Ví dụ:

M00 = dừng chương trình.

#### *Các chức năng phụ có tác dụng lưu*

Các chức năng này có tác dụng với nhiều câu lệnh tiếp theo sau và kéo dài cho đến khi nó bị xóa bởi một chức năng phụ khác. Ví dụ:

M03 = trục chính quay phải (kéo dài cho đến khi bị xóa bởi M05 = dừng quay trục chính).

Dưới đây là những giải thích thêm về bảng 6- Phụ lục:

M00 Sau khi tất cả các dữ liệu trong câu lệnh có M00 được thực thi, máy sẽ dừng lại. Muốn chương trình chạy tiếp tục, phải ấn nút khởi động bằng tay.

M00 bao gồm cả M09 = cắt bơm dung dịch trơn nguội và  
M05 = dừng quay trục chính.

- M01 Chức năng này giống M00 nhưng có khác là nó chỉ có hiệu lực tác dụng khi nút bấm OPTIONAL STOP (=ngừng lựa chọn) trên bảng điều khiển bị nhấn.
- M02 Máy được dừng lại sau khi các lệnh trong câu lệnh có M02 đã được thực hiện. Trên bảng điều khiển, thông thường đèn tín hiệu END OF PROGRAM (= kết thúc chương trình) sẽ bật sáng.
- M03 Trục chính quay phải (xét theo hướng tọa độ dương trên trục Z).
- M05 Dừng quay trục chính, dừng luôn dòng phun dung dịch trơn nguội.
- M06 Đổi dao: khi đổi dao bằng tay, chương trình làm việc phải dừng lại, trục chính ngừng quay, dòng phun dung dịch trơn nguội tắt. Muốn chương trình hoạt động trở lại sau khi đã đổi dao xong, phải nhấn nút ra khỏi chế độ đổi dao.  
Khi thực hiện đổi dao tự động, M06 cho phép tiến hành đổi dao từ ổ tích chứa dao.
- M30 Chức năng này giống chức năng M02 nhưng nó còn cho phép quay trở lại từ lệnh "bắt đầu chương trình".

#### 7.4. CÁC MÃ SỐ MÔ TẢ CÁC TÍNH CHẤT CỦA MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ

Để mô tả các tính chất đa dạng và khác nhau của các máy công cụ điều khiển số, cần nhiều mô tả công phụ, tốn kém. Nhằm giảm bớt các tiêu phí đồng thời để mô tả một cách toàn diện và thống nhất các tính chất của máy công cụ CNC, người ta xác định thành tiêu chuẩn các mã số mô tả tính chất các máy CNC như dưới đây.

##### 7.4.1 Mô tả tắt hệ điều khiển số

Mã số mô tả tiêu chuẩn này bao gồm một nhóm chữ cái 4 vị trí và một nhóm số 3 vị trí.

Những ký tự đó có ý nghĩa như sau:

<i>Chữ cái thứ nhất:</i>	Đặc trưng cho dạng điều khiển
P	Điều khiển điểm
L	Điều khiển đường (tuyến tính)
C	Điều khiển biên dạng (phi tuyến)

<i>Chữ cái thứ hai:</i>	Đặc trưng cho kiểu viết các từ lệnh
A	Kiểu viết liên tục (khoảng cách từ lệnh bằng 1 dấu cách)
T	Kiểu viết Tab (khoảng cách từ lệnh bằng 1 dấu Tab)
S	Kiểu viết phối hợp (khoảng cách từ lệnh bằng một vài dấu Tab liên tục)
<i>Chữ cái thứ ba:</i>	Đặc trưng cho hệ thống đo, số liệu đo theo đường thẳng
M	Số đo bằng đơn vị milimet và có phần lẻ thập phân
I	Số đo bằng đơn vị inch và có phần lẻ thập phân
<i>Chữ số thứ nhất:</i>	Số các chuyển động định vị điều khiển được bằng số trên máy công tác. Số này bao gồm các chuyển động định vị có thể lập trình bằng các từ lệnh kèm theo tọa độ cũng như lập trình gắn với các cử chặn hoặc các kết cấu khác.
<i>Chữ số thứ hai:</i>	Số các chuyển động định vị điều khiển được bằng số, lập trình bằng các từ lệnh kèm theo tọa độ.
<i>Chữ số thứ ba:</i>	Số các chuyển động có thể thực hiện được đồng thời, lập trình bằng các từ lệnh kèm theo <u>tọa độ</u> .

*Ví dụ:*

Mã số mô tả cho một điều khiển biên dạng 21/2 D với kiểu viết phối hợp, đo đường thẳng bằng đơn vị milimet là CSM-332 (thay cho ký tự thiếu bằng gạch ngang "-").

#### 7.4.2. Mô tả tắt cho cấu trúc một câu lệnh

Mô tả cho cấu trúc một câu lệnh đưa ra một tổng quan về con số và cấu trúc của các từ lệnh có trong các câu lệnh của một chương trình.

Mô tả tắt của một từ lệnh gồm các chữ cái và một con số đặc trưng. Số đặc trưng có thể được diễn tả kỹ hơn bởi một chữ cái và một dấu ("+").

Trong mô tả tắt của các từ thuộc câu lệnh N, điều kiện đường G, lượng chạy dao F, số vòng quay trục chính S, lệnh về dao T và các chức năng phụ M có một con số đặc trưng đứng sau chữ cái (chỉ địa chỉ), đó là số các vị trí cho phép trong thứ tự chữ số của mỗi một từ lệnh.

Trong mô tả tắt của các từ lệnh cho X, Y, Z, đứng sau chữ cái chỉ địa chỉ là một con số đặc trưng có hai vị trí. Chữ số thứ nhất cho biết số vị trí của con số phần nguyên bên trái dấu phẩy của giá trị tọa độ; chữ số thứ hai cho biết số vị trí của con số phần lẻ thập phân bên phải dấu phẩy. Ví dụ:

X32 là từ viết cho tọa độ X cho phép một dung lượng nạp 5 số thập phân với đơn vị nạp nhỏ nhất là 000,01 mm. Đoạn dịch chuyển lớn nhất có thể lập trình là 999,99 mm.

Số đặc trưng được mở rộng nhờ một số 0 đứng trước, nếu trong cách viết không có dấu phẩy, cho phép bỏ qua các số 0 đứng trước ở từ lệnh về tọa độ.

Nếu phải lập trình với các số đo kiểu gia số thì đứng sau các chữ cái chỉ địa chỉ là chữ cái D.

Nếu có thể lựa chọn giữa số đo kiểu tuyệt đối và số đo kiểu gia số thì sau chữ cái chỉ địa chỉ là chữ cái L.

Nếu lập trình với các số đo kiểu tuyệt đối và có thể đưa vào cả các dấu "-" và dấu "+" thì phía trước số đặc trưng còn có thêm dấu "+".



## HOẠT ĐỘNG CỦA MỘT HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ

### 8.1. ĐIỀU KHIỂN VẬN HÀNH MỘT HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ

#### 8.1.1. Bảng điều khiển

Các thiết bị điều khiển CNC được điều khiển bằng bảng điều khiển, thông thường nó được lắp đặt tách rời với thiết bị điều khiển và ở vị trí thuận tiện nhất trên máy cho người vận hành.

Trên bảng điều khiển của các thiết bị điều khiển CNC gồm có các hiển thị thông tin như dụng cụ quan sát dữ liệu (display) với các đèn hiển thị số hay ngày càng phổ biến là màn hình video. Ngoài ra trên bảng điều khiển còn có các nút bấm vận hành hệ điều khiển cũng như các phím bấm điều khiển máy.

Các phím bấm chức năng thường dùng ký hiệu biểu trưng, ví dụ các hình tượng biểu trưng theo tiêu chuẩn DIN 55000 TL 3 đồng thời cũng là ký hiệu phổ cập trên thế giới. Hình 8-1 là tập hợp những ký hiệu tiêu chuẩn này.
















Do yêu cầu phổ cập toàn cầu những ký hiệu biểu trưng đều dùng tiếng Anh.

Bảng 8 - Phụ lục sẽ giải thích rõ thêm các khái niệm tiếng Anh thường dùng trong các bảng điều khiển của thiết bị điều khiển CNC.

#### 8.1.2. Chỉ thị trên màn hình

Trên màn hình thường có các chỉ thị:

- Vị trí hiện tại của tất cả các trục.
- Số hiệu chương trình hiện tại và số thứ tự câu lệnh hiện tại.
- Nội dung của các bộ nhớ: bộ nhớ chương trình, bộ nhớ dữ liệu dao cụ, các dữ liệu hiệu chỉnh máy và các chương trình PC.
- Các dữ liệu cấp hàng tay.
- Các thông báo nhiễu, lỗi, sai lệch...

Biểu tượng	Ý nghĩa
	Đọc chương trình không vận hành các chức năng máy
	Đọc từng câu lệnh lẻ không vận hành máy
	Tìm số câu lệnh về phía trước
	Cấp lệnh bằng tay
	Kiểu đo tuyệt đối (chọn chuẩn đo)
	Kiểu đo tương đối (kiểu gia số)
	Dữ liệu ra
	Xóa
	Nhớ nội dung câu lệnh mới
	Xóa một nội dung nhớ
	Dữ liệu chương trình sai
	Vào vị trí
	Dữ liệu vào
	Nén câu lệnh
	Dừng chương trình

Hình 8-1. Ký hiệu ứng dụng cho điều khiển trên máy công cụ CNC. (Tiêu chuẩn DIN 55000)

Hiện nay các màn hình đồ họa được lắp ngày càng nhiều để trình bày thêm các đặc tính động học của chuyển động dao cắt và biên dạng chi tiết được hình thành theo nó.

### **8.1.3. Nạp dữ liệu vào hệ điều khiển. Dữ liệu đầu ra từ hệ điều khiển**

Các hệ điều khiển CNC cho phép nạp các dữ liệu đầu vào và cấp các dữ liệu đầu ra sau đây:

- Chương trình ứng dụng: chương trình tổng quát, chương trình con;
- Các dữ liệu ứng dụng: dữ liệu dao, chỉnh lý dao, dịch chuyển điểm 0;
- Các dữ liệu hiệu chỉnh máy: dữ liệu làm cho tương thích giữa hệ điều khiển và máy, các dữ liệu hiệu chỉnh để bù lại các sai lệch hệ thống (phần bù sai lệch bước ren của trục chạy dao, phần bù khe hở dao chiều giữa trục vitme và đai ốc);
- Các chương trình ứng dụng PC.

#### *Các dạng truy nhập dữ liệu*

*Cấp dữ liệu bằng tay:* Các dữ liệu cấp vào bằng tay nhờ các phím bấm số, chữ cái có trên thiết bị điều khiển.

*Truy nhập dữ liệu bằng dụng cụ đọc:* Nhờ những mặt nối ghép thích hợp, các đầu đọc - thế hệ cũ như băng đục lỗ hoặc băng từ, thế hệ mới như đầu đọc đĩa từ, đĩa compact - có thể truy nhập dữ liệu từ các vật mang tin này.

*Những mặt nối ghép (interface) thông thường có:*

- EIA/RS 232C (V24 CCITT - DIN66020) - hình 8-2.
- 20 mA - Dòng tuyến tính (TTY - Interface) - hình 8-3.

*Cấp dữ liệu trực tiếp từ máy tính điều khiển gia công lớp trên:*

Hoạt động của hệ DNC (DNC = Direct Numerical Control) sẽ được trình bày trong phần thứ 5 về "Các chuyên đề nâng cao".

*Truy nhập chương trình thông qua vận hành "TEACH IN":*

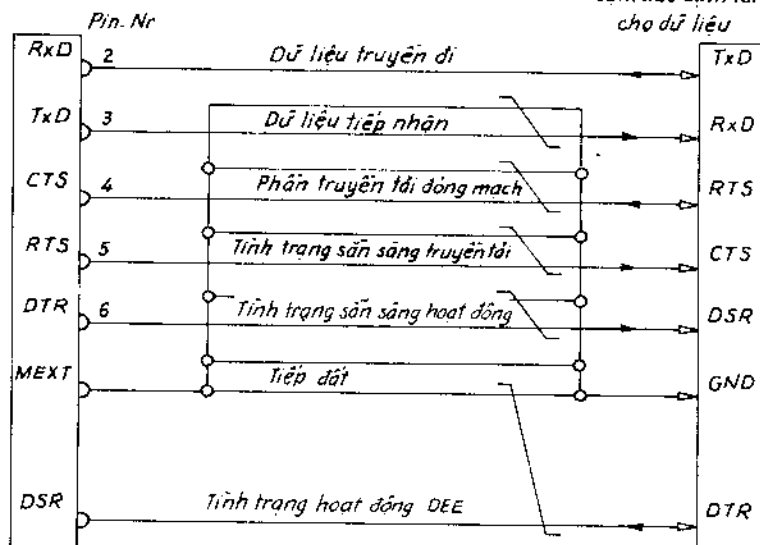
Cấp lệnh bằng tay một câu lệnh, thực hiện lệnh đã cấp, ghi lại vào bộ nhớ.

*Truy nhập chương trình thông qua vận hành "PLAY BACK":*

Dùng điều khiển tay đưa cụm máy đến các vị trí cần, tiếp nhận các dữ liệu vị trí này vào bộ nhớ.

Phích cắm 25 chân vào cụm NC  
(Cụm truyền tải dữ liệu DUE)

Cụm xác định Terminal  
cho dữ liệu

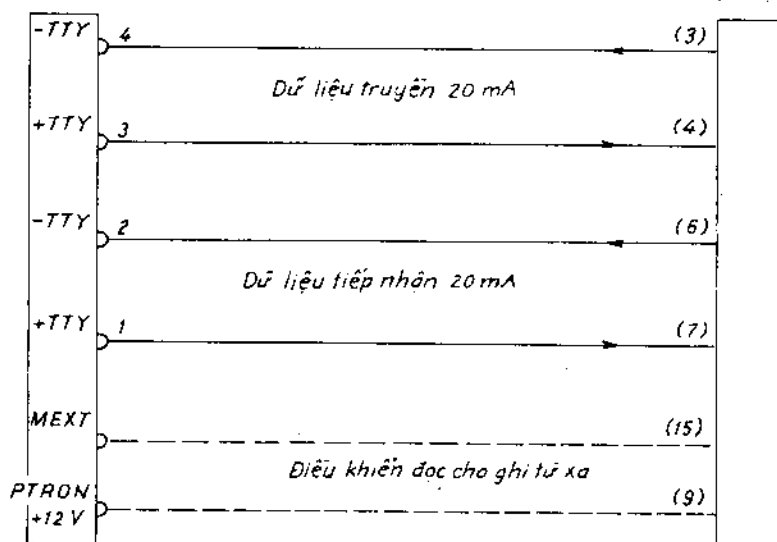


Hình B-2. Mặt nối ghép V-24 (DIN 66020).

Đọc, Juc i<sup>o</sup> hoặc  
ghi từ hóa

Phích cắm 25 chân vào cụm CNC  
(Cụm truyền tải dữ liệu DUE)

Cụm xác định Terminal  
cho dữ liệu



Thiết bị ghi từ xa

Hình B-3. Mặt nối ghép 20 mA cho hoạt động toàn bộ.

*Cấp dữ liệu quá trình điều khiển thích ứng PC (Programmable Control):*

Nhờ một mặt nối ghép song song có thể đưa các dữ liệu tìm ra từ các đầu đo cho các giá trị hiệu chỉnh máy hoặc dịch chỉnh điểm 0 cấp vào hệ điều khiển (xem lệnh G54 đến G59).

*Các dữ liệu đầu ra gồm:*

- Các dữ liệu cho máy đục lỗ trên băng giấy (thế hệ cũ)
- Cho các máy ghi
- Cho các máy casset dùng băng từ
- Cho các máy tính điều khiển gia công (DNC).

## 8.2. CÁC DỮ LIỆU HIỆU CHỈNH MÁY

Nhờ các dữ liệu hiệu chỉnh máy MSD (=Machine Setup Data), các nhà chế tạo máy có thể làm cho hệ điều khiển trở thành tương thích với máy.

Khả năng tương thích này cho phép một hệ điều khiển vạn năng trang bị làm việc với các kiểu máy và các kích cỡ máy khác nhau.

Các dữ liệu hiệu chỉnh máy được truy nhập hoặc là bằng tay nhờ các phím bấm hoặc thông qua một vật mang tin, chúng được ghi lại trong một bộ nhớ RAM.

Các dữ liệu hiệu chỉnh máy xác định các thông số như: tốc độ chạy không tải, vị trí của gốc chuẩn so với điểm 0 của máy, tốc độ chạy đến tiếp cận điểm chuẩn, số vòng quay cao nhất của trục chính và các trạng thái đóng mạch.

Các dữ liệu hiệu chỉnh máy được bảo đảm không bị thay đổi hay bị xóa bất ngờ, là bởi thủ thuật soạn thảo dữ liệu hiệu chỉnh máy (MSD- Edit - Routine) được thực hiện với một hệ thống tiếp điểm nằm bên trong vỏ của thiết bị điều khiển.

Các dữ liệu hiệu chỉnh máy được sắp xếp ở dạng thông số, chia thành từng nhóm 8 con số. Nhờ các giá trị của từng nhóm số mà xác định một đặc tính nào đó của thiết bị điều khiển. Các thông số được đánh số từ 00 trở đi (xem bảng 9 - Phụ lục).

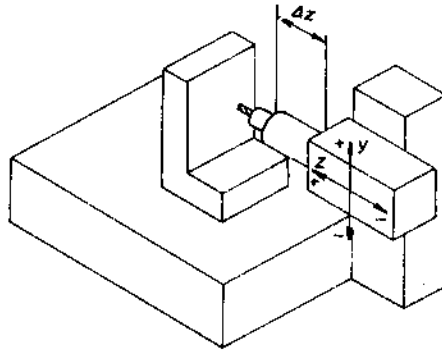
## 8.3. CÁC PHẦN BÙ SAI LỆCH

Trên các máy công cụ thường xuất hiện các sai lệch hệ thống, có thể ảnh hưởng xấu đến độ chính xác của chi tiết gia công.

Một phần, đó là những sai lệch do điều kiện dung sai chế tạo máy (ví dụ sai lệch bước vítme chạy dao), phần khác là do hậu quả của lực và nhiệt độ gia công.

Thiết bị điều khiển CNC có thể làm cân bằng (hay bù lại) các sai lệch sau đây:

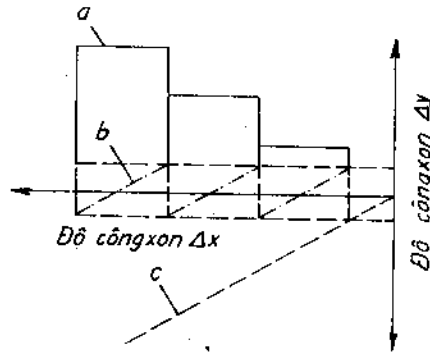
- Sai lệch bước vítme trục chạy dao.
- Sai lệch do khe hở đảo chiều vítme / đai ốc.
- Sai lệch dẫn dài trục chính do biến dạng nhiệt.
- Sai lệch độ võng của bàn chạy dao do trọng lượng bản thân khi vươn ra xa thân máy.



Ví dụ về phần bù độ võng của một hộp trục chính trình bày trên hình 8-4.

Độ võng của một trục sẽ được bù lại tùy thuộc vào vị trí thực của nó tính theo một trục khác. Phần bù có thể tác dụng trong mọi dạng gia công.

Trong một dạng phần bù sẽ có một số lượng giới hạn các vị trí hiệu chỉnh, ví dụ có thể đến 1024 vị trí hiệu chỉnh tùy theo khoảng cách lựa chọn.



Hình 8-4. Tính phần bù sai lệch và độ võng do độ công xon trục chính).

Độ lớn của giá trị hiệu chỉnh được phân cấp và có thể lựa chọn, thường là 0,001 mm.

#### 8.4. ĐO TRÊN MÁY CNC

Do các máy CNC đều có các hệ thống đo đường dịch chuyển chính xác cao cho tất cả các trục điều khiển nên có thể sử dụng các hệ thống đo này vào việc đo các kích thước thật của chi tiết và dao cụ. Đồng thời có thể đưa

hệ CNC và PC vào xử lý các giá trị đo được.

Ví dụ nhiệm vụ đo trên các máy CNC như:

- Đo chi tiết.
- Nhận biết hiện tượng gãy dao.
- Nhận biết vị trí dao.
- Xác định lượng dư gia công trên chi tiết
- Xác định vị trí các lỗ khoan.

Hình 8-5 đưa ra sơ đồ ví dụ các nhiệm vụ đo trên các máy tiện CNC.

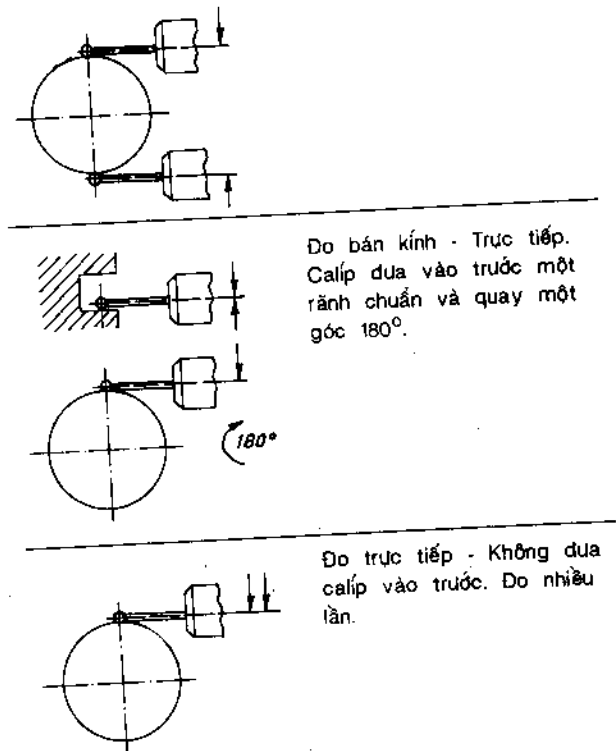
#### Đo chi tiết trên máy CNC

Một đầu đo có công tác đóng ngắt được lắp trên máy như một dao cụ. Để truyền các tín hiệu đo từ đầu mang dao dịch chuyển vào hệ điều khiển có vị trí cố định, người ta dùng các hệ thống truyền tín hiệu đo kiểu cảm ứng.

Để tiến hành đo, các đầu đo được đưa vào vị trí đo thông qua chương trình gia công. Những vị trí cần đã lập trình nằm sau vị trí đo.

Khi tiến đến tiếp cận, đầu đo sẽ chạm vào chi tiết và sinh ra một tín hiệu mạch, tín hiệu đó hoặc được dẫn về hệ điều khiển thích nghi (PC) hoặc trực tiếp dẫn về hệ CNC và tạo điều kiện ngừng truyền động của trục hoặc tiếp nhận vị trí thực đúng với thời điểm đóng mạch.

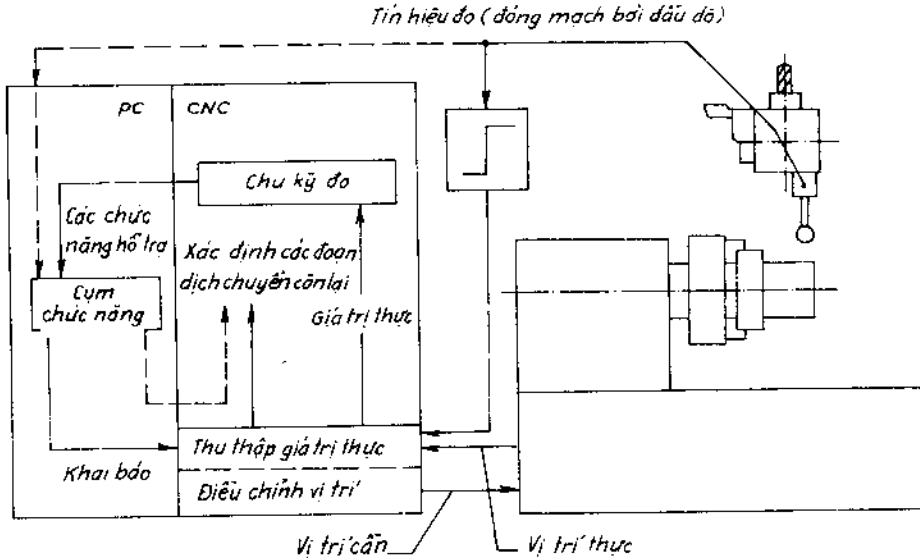
Giá trị vị trí thực - đo trên các trục - được ghi vào bộ nhớ giá trị thực của



Hình 8-5. Các nhiệm vụ đo trên máy CNC.

hệ điều khiển CNC với sự chú ý đến khoảng cách rê theo trên trục đo Giá trị này có thể được đánh giá để tự động chỉnh lý vị trí của dao (hình 8-6).

Trên hình 8-7 là một đầu đo có công tác đóng ngắt và phương pháp truyền tín hiệu đo bằng cảm ứng, có cán dao lắp vào lỗ trục chính của một trục phay.



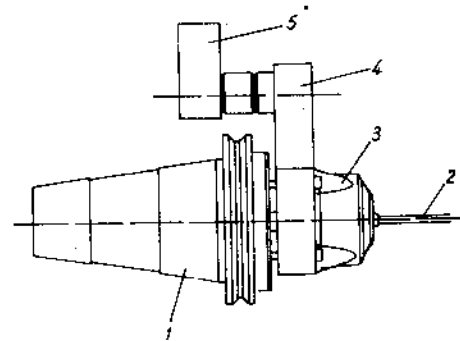
Hình 8-6. Đo chi tiết trên máy CNC.

Kích thước đặc trưng của một đầu đo là khoảng nhô ra của mũi đầu đo, trên trục X và Y là 20 mm; trên trục Z là 8 mm; độ chính xác của điểm tiếp xúc đo là  $\pm 2 \mu\text{m}$  (khi thay đổi chiều tiến đến tiếp cận điểm đo).

Ngoài đầu đo có công tác đóng ngắt còn có các hệ thống đo khác, trong đó khoảng cách nhô ra của mũi đầu đo được biến đổi cảm ứng thành một tín hiệu điện tỷ lệ thuận.

#### Đo dao trên máy CNC

Hệ thống điều khiển CNC cần



Hình 8-7. Đầu đo dùng trên máy CNC  
1. Chuôi lắp; 2. Đầu dò; 3. Vỏ; 4. Truyền tín hiệu đo; 5. Tiếp nhận (cố định vị trí trên máy).



phải biết rõ vị trí của điểm cắt trên dao P trong phạm vi làm việc của máy và so sánh với vị trí của một điểm đã biết, ví dụ điểm chuẩn trên dụng cụ gá kẹp dao F, để nó có thể tính toán và thực hiện một lượng chỉnh cho đường dịch chuyển của dao.

Hiện nay vẫn còn phổ biến việc tìm ra vị trí của điểm cắt trên dao ở vị trí ngoài máy CNC nhờ một dụng cụ điều chỉnh dao.

Để đo trực tiếp vị trí của dao trên máy, người ta đã trang bị những đầu đo lắp cố định trên máy ngoài phạm vi làm việc, hoặc những đầu đo xoay được, lắp trong vùng làm việc của máy.

Thông qua phát lệnh bằng tay hoặc phát lệnh từ chương trình, các chu kỳ đo được gọi ra từ bộ nhớ cứng, khiến dao cần đo tiến đến vị trí đối diện với đầu đo.

Giá trị đo sau khi xử lý thích hợp được truy nhập trực tiếp vào bộ nhớ dữ liệu dao của hệ thống điều khiển (hình 8-8).

Bảng 10 - Phụ lục là tập hợp mọi phương pháp đo chi tiết và đo dao trong và ngoài phạm vi của máy CNC cùng các so sánh ưu, nhược điểm của chúng.

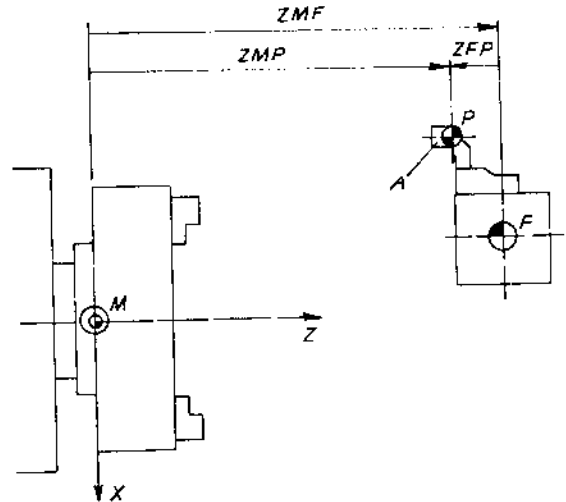
## 8.5. CÁC DẠNG VẬN HÀNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CNC

### 8.5.1. Vận hành bằng tay

Nhờ các phím bấm đổi chiều hoặc các tay quay điện tử, các chuyển động công tác có thể điều khiển được bằng tay theo các hướng trục.

Ta có các khả năng sau:

*Dạng vận hành jogging:* Chuyển động công tác được thực hiện và kéo dài



**Hình 8-8.** Đo dao trên máy CNC.  
A. Đầu đo dao (cố định trên máy);  
F. Chuẩn bàn gá dao; M. Điểm gốc 0  
hệ tọa độ máy.

cho đến khi nhấn một phím bấm đảo chiều.

*Dạng vận hành chạy dao gia số (incremental feed):* Chuyển động công tác được hạn chế theo bước dịch động điều chỉnh (ví dụ: 0,001 mm - 0,01 mm - 0,1 mm - 1 mm - 10 mm).

*Vận hành bằng tay quay điện tử:* Với tay quay này, một bộ phát xung điện tử được kích hoạt, cấp xung dịch chuyển vào vòng mạch điều chỉnh vị trí.

Mỗi xung tương ứng với dịch động một khoảng là 1  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$  hay 100  $\mu\text{m}$  trên một vạch chia khác trên tay quay. Việc điều chỉnh độ lớn của khoảng dịch động thường thực hiện thông qua các dữ liệu hiệu chỉnh máy).

### **8.5.2. Vận hành điều khiển bằng chương trình**

Trong bộ nhớ các chương trình, một chương trình đã nhớ có thể được gọi ra nhờ các dữ liệu nhận biết nó (tên chương trình). Sau đó các chương trình có thể được xử lý ở hai dạng vận hành khác nhau.

*Vận hành từng câu lệnh*

Sau mỗi lần bấm nút "CYCLE START", một câu lệnh được gọi ra và được thực hiện.

*Vận hành tự động*

Sau khi bấm nút "CYCLE START", toàn bộ chương trình được xử lý nối tiếp nhau cho đến kết thúc chương trình.

### **8.5.3. Các chế độ dừng chương trình**

Để dừng một chương trình đang chạy, ta có những khả năng sau:

*Dừng khẩn cấp (EMERGENCY STOP)*

Tín hiệu này làm dừng ngay lập tức các chuyển động chạy dao và dừng quay trục chính. Mọi thông tin của bộ nhớ công tác đều bị xóa.

Tính đồng bộ của phép đo đường dịch chuyển cũng bị mất đi trong hệ thống đo kiểu gia số. Sau khi đóng mạch trở lại cho hệ điều khiển, lại phải thực hiện chuyển động trở về điểm chuẩn.

*Dừng chạy dao (FEED HOLD)*

Khi ấn nút này sẽ làm dừng toàn bộ các chuyển động chạy dao. Các số liệu về vị trí trên các trục chuyển động không bị mất. Chức năng này thường được dùng khi cần phải kiểm tra dao.

Sau khi ấn nút dừng chạy dao, nhờ bấm nút kiểm tra dao (TOO1 INSPECTION), dao được điều khiển tay chạy ra khỏi chi tiết rồi được kiểm tra và khi cần thiết sẽ được thay thế. Đường dịch chuyển được hệ điều khiển ghi vào bộ nhớ.

Khi tác động vào nút khởi động lại sau khi dừng chạy dao (REPOS = Reposition), dao được điều khiển tiến tới vị trí công tác và chương trình lại được tiếp tục.

Một phương án khác có thể là dao không được dẫn trở về vị trí cũ khi bắt đầu ngừng chạy dao mà trở về vị trí bắt đầu câu lệnh trong đó có lệnh dừng chạy dao.

## 8.6. XỬ LÝ CÁC THÔNG TIN CÔNG NGHỆ - ĐIỀU KHIỂN BẰNG CHƯƠNG TRÌNH DẶ NHỚ

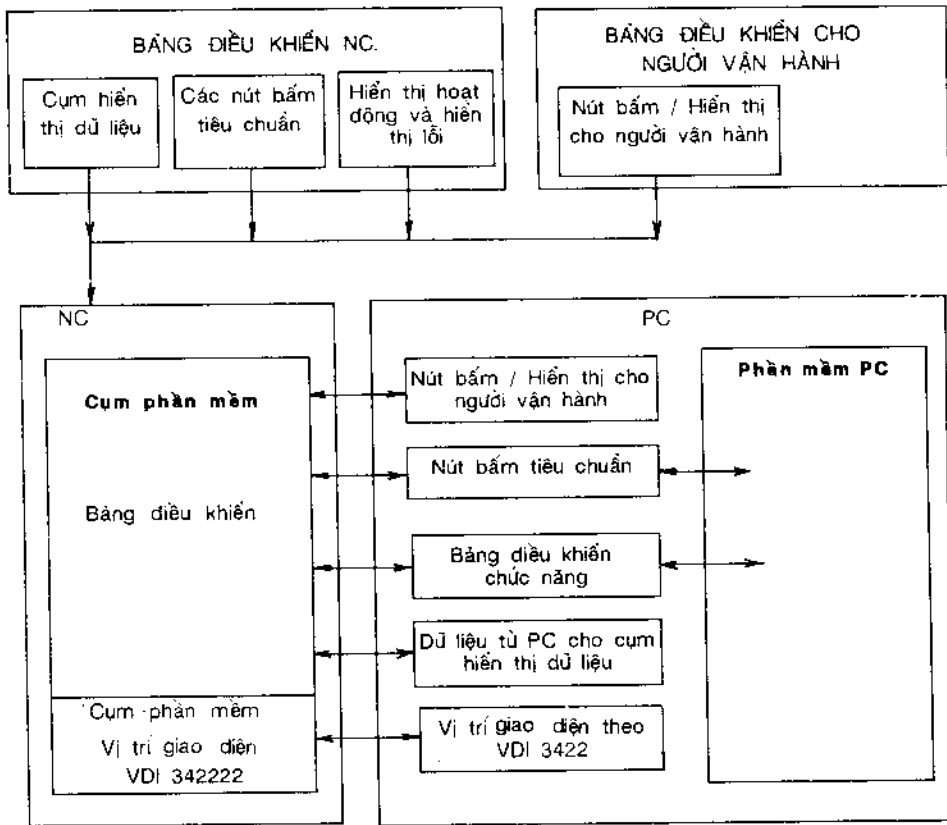
Trong chương trình CNC, các lệnh công nghệ (ví dụ như số vòng quay trục chính, chiều quay trục chính, gọi dao từ bộ nhớ dữ liệu dao, lệnh đóng ngắt bơm dung dịch trơn nguội) sẽ được hệ thống điều khiển chuyển giao cho các cụm điều khiển thích ứng. Tại đó, chúng được ghép với thông báo của các mối liên hệ ngược đến từ máy công cụ và biến đổi thành lệnh điều khiển cho các cụm máy khác nhau của máy công cụ.

Trong thế hệ điều khiển NC, các cụm điều khiển thích ứng xử lý về mặt cơ điện tử như là điều khiển role. Trong thế hệ điều khiển CNC, các cụm điều khiển thích ứng xử lý theo nguyên tắc điều khiển bằng chương trình đã thiết lập và ghi nhớ PC (=Programmable Control). Cụm điều khiển PC này thường được nối ghép với cụm CNC theo nguyên tắc môđun. Trao đổi tín hiệu giữa cụm CNC và cụm nối ghép PC xem trên hình 8-9.

Nhờ sự ghép nối giữa cụm PC và cụm CNC, các tiêu hao tổng cộng cho phân trang bị điện tử được hạn chế một cách đáng kể. Nhiều vị trí hàn ghép chuyên dụng giữa CNC và PC có thể bỏ hẳn. Điều đó cũng tạo điều kiện cho một quá trình trao đổi thông tin phong phú hơn giữa PC và CNC.

Cụm PC có thể được chế tạo để mở rộng vùng thông tin cho các nhiệm vụ xử lý phụ trợ ngoài chức năng của cụm CNC, chẳng hạn như:

- Điều khiển các palette (bàn gá chi tiết tiêu chuẩn) đã mã hóa: Điều khiển dòng lưu thông chi tiết và gọi chi tiết vào gia công theo một chương trình yêu cầu.
- Quản lý dao: Chuẩn bị cho trạng thái sẵn sàng làm việc của dao một cách



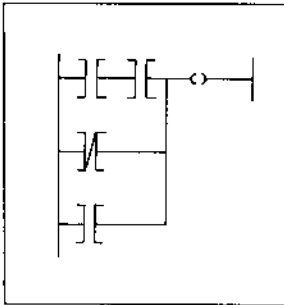
Hình 8-9. Trao đổi tín hiệu giữa CNC và PC.

linh hoạt, theo dõi, giám sát độ bền, tuổi thọ và các trạng thái gãy dao.

- Điều khiển các nguyên công đo: Đo kiểm dao cụ và chi tiết trong phạm vi máy.
- Dự báo từ xa cho hệ điều khiển thông qua mạng telephone.
- Trao đổi dữ liệu với các hệ thống điều hành gia công lớp trên và với các máy CNC khác.
- Biến đổi ngôn ngữ: Các chỉ thị trên màn hình như các thông báo, các hướng dẫn điều khiển v.v. được dịch thành ngôn ngữ địa phương mong muốn.

Các chương trình ứng dụng cho cụm điều khiển thích ứng (PC) có thể được thiết lập bởi danh mục các khai báo, sơ đồ mạch tiếp xúc (contactplane) hay các sơ đồ chức năng (hình 8-10). Cụm PC cho phép nối ghép một số lượng

Mạch tiếp xúc



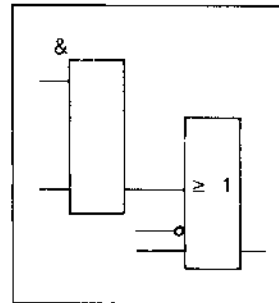
Lập trình với biểu  
trung toán đồ như:  
Mạch dòng điện  
tương thích với tiêu  
chuẩn dự kiến DIN  
19239.

Danh mục hướng dẫn

U	E
U	E
ON	E
O	E
=	A

Lập trình với kỹ thuật  
ký tự tắt của các ký  
hiệu chức năng (Tiêu  
chuẩn dự kiến DIN  
19239).

Mạch chức năng



Lập trình với các biểu  
trung toán đồ tương  
thích với các tiêu chuẩn  
dự kiến:

IEC 117-5  
DIN 40700  
DIN 40719  
DIN 19239

**Hình 8-10.** Các khả năng lập trình cho một hệ điều khiển nhớ chương trình thiết lập.  
(PC = điều khiển có khả năng lập trình)

lớn các tín hiệu đầu vào với các tín hiệu đầu ra tương thích. Ở đây dạng nối ghép không phải được đánh giá theo độ bền thông qua các mối ghép cứng mà là sự thích ứng của nó với các yêu cầu đặt ra thông qua một chương trình. Ngoài ra cụm điều khiển PC còn có các bộ ghi để nhớ các kết quả trung gian, các bộ phát tín hiệu thời gian và bộ đếm các sự cố.

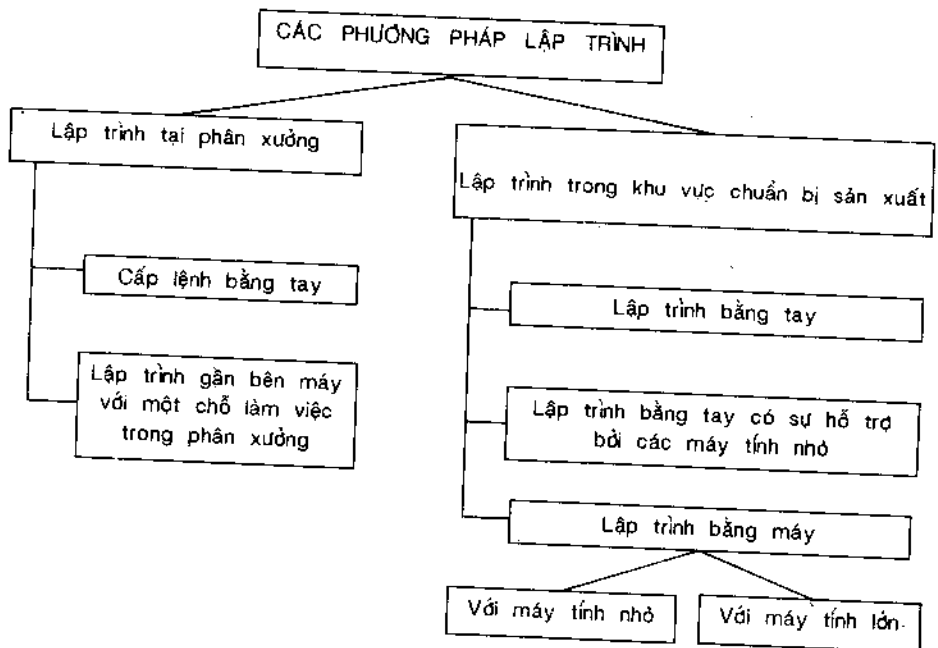
## Phần thứ tư

## KỸ THUẬT LẬP TRÌNH CNC

## Chương 9

CÁC PHƯƠNG PHÁP LẬP TRÌNH  
CHO HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ

Yêu cầu về tính linh hoạt và mức tự động hóa cao của tất cả các thiết bị gia công dẫn tới bước nhảy vọt việc ứng dụng các hệ điều khiển CNC trong mọi quy mô xí nghiệp. Sự phát triển đó cũng có tác động đến khả năng thiết lập các chương trình CNC. Ngày nay đã có rất nhiều phương pháp lập trình CNC khác nhau, tập hợp của chúng được trình bày trên hình 9-1.



Hình 9-1. Các phương pháp lập trình CNC.  
(Theo Oerlikon - Boehringer).

### 9.1. LẬP TRÌNH TRỰC TIẾP TRÊN MÁY CNC

Khái niệm lập trình trực tiếp trên máy CNC được hiểu là quá trình tìm ra các thông số điều khiển và nạp chúng vào hệ điều khiển thực hiện trực tiếp trên máy thông qua bảng điều khiển.

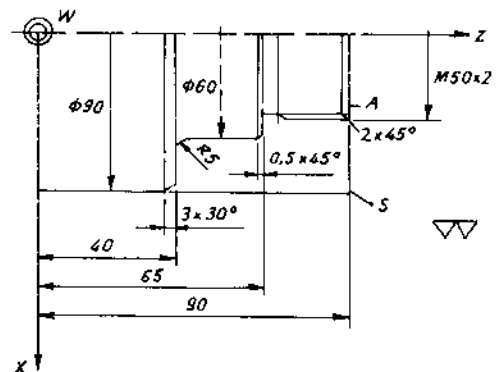
Các hệ điều khiển hiện đại sử dụng những cụm tính CNC nhằm đơn giản hóa việc lập trình. Trong các hệ này, thể thức các chương trình thường được thiết lập ở dạng trừu tượng "abstract form".

Nhờ các nút bấm có biểu tượng riêng có thể gọi ra một cách trực tiếp những chu trình gia công với những công nghệ điển hình và các chức năng cơ bản của quá trình tạo hình hình học. Biên dạng gia công hoàn thiện của chi tiết có thể lấy ra trực tiếp từ bản vẽ không cần tính toán các điểm trung gian trên biên dạng.

Từ sự nhận biết vị trí khởi xuất của dao cụ và biên dạng chi tiết gia công, hệ điều khiển sẽ tự tìm ra chương trình của chu kỳ gia công thô khi cho trước các giá trị điều chỉnh dao cho phép lớn nhất trong mỗi bước. Ví dụ của kiểu lập trình này được trình bày trên hình 9-2.


























Nhờ thao tác của người điều khiển thông qua màn hình, thông qua kỹ thuật menu, các soft-keys và bút sửa màn hình, việc lập trình bằng tay trên máy CNC còn được đơn giản hơn.

*Khái niệm kỹ thuật menu được hiểu là: Trên màn hình hiển thị một loạt các khả năng lựa chọn khác nhau cho người điều khiển trong một lĩnh vực cụ thể xác định. Ví dụ như menu về vật liệu đưa ra hàng loạt các vật liệu khác nhau cho người điều khiển máy lựa chọn phù hợp với vật liệu mà máy đang gia công. Trong bộ nhớ của hệ điều khiển có chứa các giá trị công nghệ thích hợp như tốc độ cắt, lượng chạy dao ứng với loại vật liệu và phụ thuộc vào các phương pháp công nghệ (khoan, khoét, cắt ren, phay...), sao cho sau khi lựa chọn vật liệu, hệ điều khiển tự lựa chọn ra các dữ liệu công nghệ.*














Hình 9-2a. Lập trình trực tiếp trên máy công cụ (Theo Oerlicon - Boehringer).

Bản vẽ chi tiết căn gia công (bulông):  
 Tiên và cắt ren- Kích thước phi: 90 x 90.  
 S. Điểm xuất phát của dao cắt; A. Điểm  
 bắt đầu vào biên dạng gia công:

Biểu tượng	Chỉ thị/Dữ liệu nạp vào	Dữ liệu Kann		Giải thích
	V1501 K2000			Gọi - tốc độ đều 150 m/ph - Giới hạn vòng quay 2000 v/ph
	T1013			Gọi - Dao tiện $\nabla$ - Chiều tiện
 	C10 X92 Z92 I.5 K4. Y.3 X45. Z90		4	Cắt biên dạng với sự lựa chọn hướng cắt chính và điều kiện cắt
 	X50. Z- 12.K		2	Mô tả biên dạng Vát cạnh 2 x 45°  Cắt ren theo tiêu chuẩn DIN 76.  Vát cạnh 0,5 x 45°  Vẽ tròn R = 5  Vát cạnh 3x30°
 	Z65. X+ Y2.			
 	X60. Z- 15K			
 	Z40. X+ Y-5			
 	X90 Z36 I3 K30.			
 				Kết thúc mô tả biên dạng
 	X200. Z150			Quay lại đổi dao (Dùng lượng chạy dao nhanh)
	T2023		180	Gọi - Dao $\nabla\nabla$ . - Tốc độ đều 180 m/ph
	C1			Gọi Điểm kết thúc biên dạng

Hình 9-2b. Thứ tự các nút cần bấm.



 	X200. Z150.			Quay lại đổi dao (Dừng chạy dao nhanh).
	T3033	 	630	Gọi - Dao tiện ren - Số vòng quay 630 v/ph
 	X50 Z100.			Định vị (Dừng chạy dao nhanh)
	U- 13 Z67. I4 F2	.		Chu kỳ cắt ren
 	X250. Z150.			Quay về điểm xuất phát chương trình (Dừng chạy dao nhanh) và kết thúc

Hình 9-2b. Thứ tự các nút cần bấm, (tiếp theo).

*Soft-keys* là những phím bấm gắn liền với màn hình mà chức năng của chúng không xác định theo thời gian. Chức năng các nút bấm thay đổi tùy theo menu lựa chọn và được hiển thị trên màn hình.

Trên hình 9-3 là màn hình của một hệ điều khiển số nạp dữ liệu bằng tay với menu vật liệu và bảng *soft-keys*.

Để hạn chế thời gian dừng máy CNC khi nạp dữ liệu bằng tay, người ta đưa ra những hệ điều khiển trong đó một chương trình thứ hai được nạp vào trong khi chương trình thứ nhất đang thực hiện.

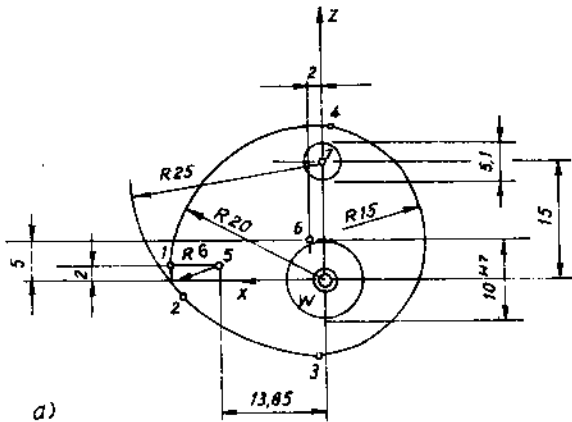
Một khả năng khác để triệt tiêu thời gian dừng máy khi lập trình là tạo ra một chỗ lập trình tách rời với chỗ điều khiển trong phân xưởng. Nếu trên chỗ lập trình này bảng điều khiển giống hệt như trên máy CNC thì không cần phải chuyển đổi giữa quá trình lập trình và điều khiển máy.

Màn hình đồ họa là sự đảm bảo hơn nữa cho quá trình lập trình bằng tay trên máy, vì sau khi lập trình toàn bộ quá trình chuyển động của chương trình CNC được mô phỏng trên màn hình (hình 9-4). Ở đây có thể tránh được lỗi chập dính giữa các đường dịch chuyển, thường xảy ra khi thực hiện tiến trình vẽ với dụng cụ vẽ hai kích thước (plotter).

Các màn hình điều khiển hiện đại còn cho phép thể hiện cả dao cụ trong quá trình gia công trên màn hình, nhờ vậy có thể nhận biết qua hình ảnh



- Nếu có thể, các diễn giải điều khiển trên phím cấp lệnh bằng tay nên dùng ngôn ngữ mẹ đẻ của người sử dụng.
- Bản vẽ phải có các số liệu kỹ thuật hoàn toàn chính xác.
- Khi nạp dữ liệu tốt nhất là tập hợp các giá trị tọa độ của những điểm thuộc biên dạng thành một bảng kích thước tiêu chuẩn (hình 9-5).



Hình 9-5. Các khả năng đo chi tiết.

a. Thông thường; b. Nhờ bảng tọa độ theo tiêu chuẩn DIN 406.

b)

Điểm	X	Z
1	19,850	2
2	18,225	-2,106
3	1,079	-9,972
4	1,072	19,971
5	13,850	2
6	2	5
7	0	15

## 9.2. LẬP TRÌNH TRONG QUÁ TRÌNH CHUẨN BỊ SẢN XUẤT

Nếu trong xí nghiệp phải thiết lập nhiều chương trình CNC cho các máy CNC khác nhau và cho các chi tiết của một sản phẩm tổng thành, cần phải lập trình tập trung trong quá trình chuẩn bị sản xuất.

Trước hết khi lập trình cho các máy CNC có số trục điều khiển nhiều hơn 3, có đổi dao và đổi chi tiết tự động, cũng như khi lập trình cho các chi tiết có biên dạng phức tạp, thường đòi hỏi xí nghiệp phải sử dụng những cán bộ lập trình được đào tạo chuyên môn hóa và sử dụng các hệ thống lập trình có công năng thích hợp.

Ưu điểm của lập trình tập trung là các chương trình cho những phương pháp công nghệ khác nhau, cho những máy móc khác nhau với các hệ điều khiển khác nhau đều có thể thiết lập trên một hệ thống lập trình thống nhất.

Việc thích hợp hóa các chương trình gốc cho từng hệ điều khiển riêng lẻ là dựa vào các phần mềm chuyên dụng xử lý theo địa chỉ.

Trong những năm gần đây, người ta sử dụng nhiều kỹ thuật lập trình bằng máy trên các máy vi tính. Các máy vi tính ngày càng có công năng cao hơn, nhỏ gọn hơn và rẻ tiền hơn, làm cho việc lập trình bằng máy đạt hiệu quả kinh tế ngay cả cho những người sử dụng máy CNC quy mô nhỏ.

### 9.3. LẬP TRÌNH BẰNG TAY

Lập trình bằng tay là quá trình thu thập, sắp xếp, xử lý các dữ liệu cần thiết cho việc gia công cần thiết cho máy CNC không có trợ giúp của xử lý số điện tử.

Việc sử dụng các máy tính cá nhân hay máy tính bỏ túi có tính năng ngày càng cao chỉ là bước quá độ chuyển từ quá trình lập trình bằng tay sang lập trình bằng máy.

Để tạo ra chương trình gia công chi tiết, quá trình lập trình bằng tay không dùng đến các ngôn ngữ máy tính tương thích cho từng vấn đề.

Các máy tính cá nhân ở đây chỉ là phương tiện trợ giúp giải quyết các bài toán, trước hết là các vấn đề hình học, như việc tính các điểm trung gian trên biên dạng, thứ đến là các tính toán công nghệ.

Lập trình bằng tay đòi hỏi người lập trình phải có kiến thức vững về lượng giác, về hình học giải tích và về công nghệ gia công.

Người lập trình phải biết chính xác dạng dao và khả năng sử dụng chúng trên một máy CNC xác định.

Ngoài ra phải biết làm chủ các quy tắc lập trình, nhất là đối với các chức năng M - và G - khác nhau, các chu kỳ làm việc và các kỹ thuật chương trình con. Tất nhiên họ cũng phải quen biết các phương pháp ghi vào vật mang tin.

Tuy vậy, ngay cả với những người lập trình thường xuyên, tiêu hao thời gian khi lập trình bằng tay vẫn là đáng kể.

Các tiêu hao thời gian lập trình cũng như tiêu hao thời gian khi phải tìm kiếm lỗi (thường hay xảy ra) có thể hạn chế đáng kể tính kinh tế của gia công CNC. Bởi vậy lập trình bằng tay nói chung chỉ được ứng dụng khi lần đầu tiên trong xí nghiệp có ứng dụng máy công cụ CNC hay khi xí nghiệp chỉ có một số ít máy và trên đó chỉ gia công các chi tiết đơn giản.

Gia công một cách kinh tế trên máy CNC cũng dựa trên cơ sở thiết lập một cách kinh tế các chương trình gia công. Điều này thường không đạt được

với lập trình bằng tay. Vì thế trong thực tế người ta buộc phải tiến lên từng bước từ "lập trình bằng tay" qua "lập trình có trợ giúp của máy tính" và tiếp tục tiến tới "lập trình bằng máy".

Nhưng các kiến thức, kinh nghiệm và sự rèn luyện thường xuyên trên lĩnh vực lập trình bằng tay là không thể bỏ qua. Chỉ có những chuyên gia lập trình bằng tay có trình độ mới có thể phát huy hết tác dụng của lập trình có trợ giúp của máy tính và lập trình bằng máy đối với phương thức tác dụng, cấu trúc chương trình và khả năng ứng dụng của chúng.

### 9.3.1. Cơ sở hình học của lập trình bằng tay

Nhiệm vụ của điều khiển số thực chất là định vị một con dao gia công trên một điểm xác định trong phạm vi không gian làm việc hay dẫn nó dịch chuyển dọc theo một biên dạng xác định.

Đường dịch chuyển được xác định ở đây bởi điểm đầu, điểm cuối cũng như các điều kiện trên đường đi (G01, G02, G03).

Vị trí của các điểm được thông báo cho hệ điều khiển nhờ các số liệu tọa độ tính theo điểm gốc của hệ tọa độ chi tiết.

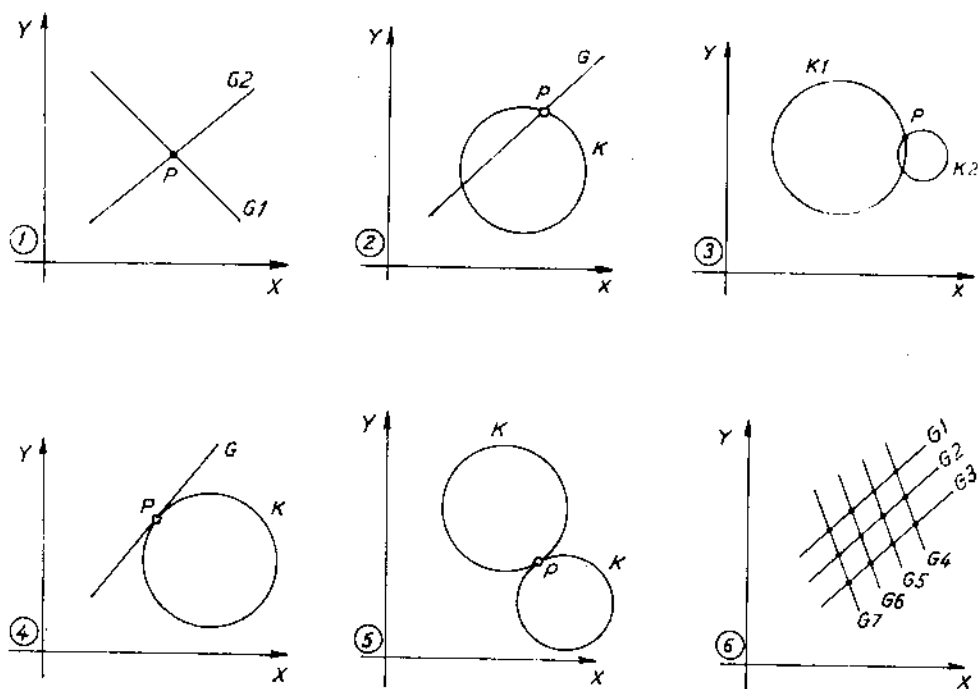
Người lập trình trong nhiều trường hợp có thể lấy ra tọa độ của các điểm trên biên dạng trực tiếp từ bản vẽ chi tiết. Nhưng thường thì họ phải tính toán các tọa độ này từ các kích thước khác của chi tiết đã cho.

Các điểm riêng lẻ hay các điểm trên biên dạng có thể được định nghĩa bởi:

- Giao điểm đường thẳng / đường thẳng
- Giao điểm đường thẳng / đường cong
- Giao điểm đường cong / đường cong
- Tiếp điểm đường thẳng / đường cong
- Tiếp điểm đường cong / đường cong
- Điểm trong phạm vi một lưới điểm hình thành theo một quy luật cho trước.

Trên hình 9-6 tổng kết các điều kiện hình học cơ thể của các điểm riêng lẻ, các điểm trên đường thẳng và các điểm trên đường cong.

Việc tính tay để xác định các điểm rất mất thì giờ và dễ mắc lỗi. Sử dụng các máy tính bỏ túi hay các máy tính để bàn lập trình được, làm cho công việc tính toán dễ dàng hơn. Do các phép tính thường hay nhắc lại, các máy



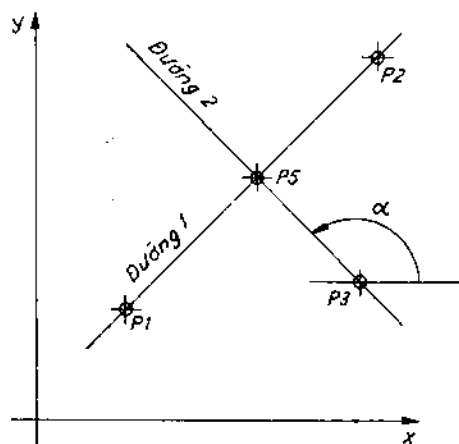
Hình 9-6. Các khả năng xác định cho một điểm.

1. Điểm là giao của hai đường thẳng; 2. Điểm là giao của đường thẳng cắt đường tròn.
3. Điểm là giao của đường tròn cắt đường tròn; 4. Điểm là tiếp điểm giữa đường thẳng và đường tròn; 5. Điểm là tiếp điểm của hai vòng tròn; 6. Điểm xác định theo lưới mẫu.

tính cần có khả năng nhớ và đọc ra các dữ liệu chương trình trên vật mang tin.

Ví dụ ứng dụng một máy tính bỏ túi lập trình được để tính toán hình học cho một đoạn chương trình CNC như sau:

1. Tính toán giao điểm của hai đường thẳng (hình 9-7). Sơ đồ thuật toán trên hình 9-8 trình bày bốn khả



Hình 9-7. Điểm là giao của hai đường thẳng.

năng khác nhau để cấp dữ liệu của các đường thẳng đã cho.

2. Tính toán giao điểm giữa đường thẳng và đường cong (hình 9-9). Sơ đồ thuật toán ứng với nó trình bày trên hình 9-10.

3. Tính toán giao điểm của hai đường cong (hình 9-11). Hình 9-12 là sơ đồ thuật toán tương ứng.

4. Có tiếp xúc giữa hai đường cong cho trước, xác định tiếp điểm của chúng (hình 9-13). Trên hình 9-14 trình bày các đại lượng phụ trợ để tính toán tiếp điểm này, hình 9-15 là sơ đồ thuật toán tương ứng.

Chương trình máy tính bao gồm 255 bước và cần tới 17 bước nhớ.

### **9.3.2. Cơ sở công nghệ của lập trình bằng tay**

Một trong những nhiệm vụ chính của người lập trình là đưa ra được tiến trình công nghệ gia công chi tiết.

Hàng loạt các đại lượng ảnh hưởng về công nghệ phải được chú ý hay phải được lựa chọn trong công việc này.

Các dữ liệu cần thiết phải có sẵn cho người lập trình ở dạng bảng tập hợp dữ liệu, các dữ liệu, sổ tay... (hình 9-16).

Để lựa chọn các thông số gia công tối ưu, người lập trình không thể bỏ qua những kinh nghiệm gia công có tính cơ bản.

#### **9.3.2.1. Các dữ liệu về máy**

Gồm mọi số liệu kỹ thuật điển hình của các máy CNC:

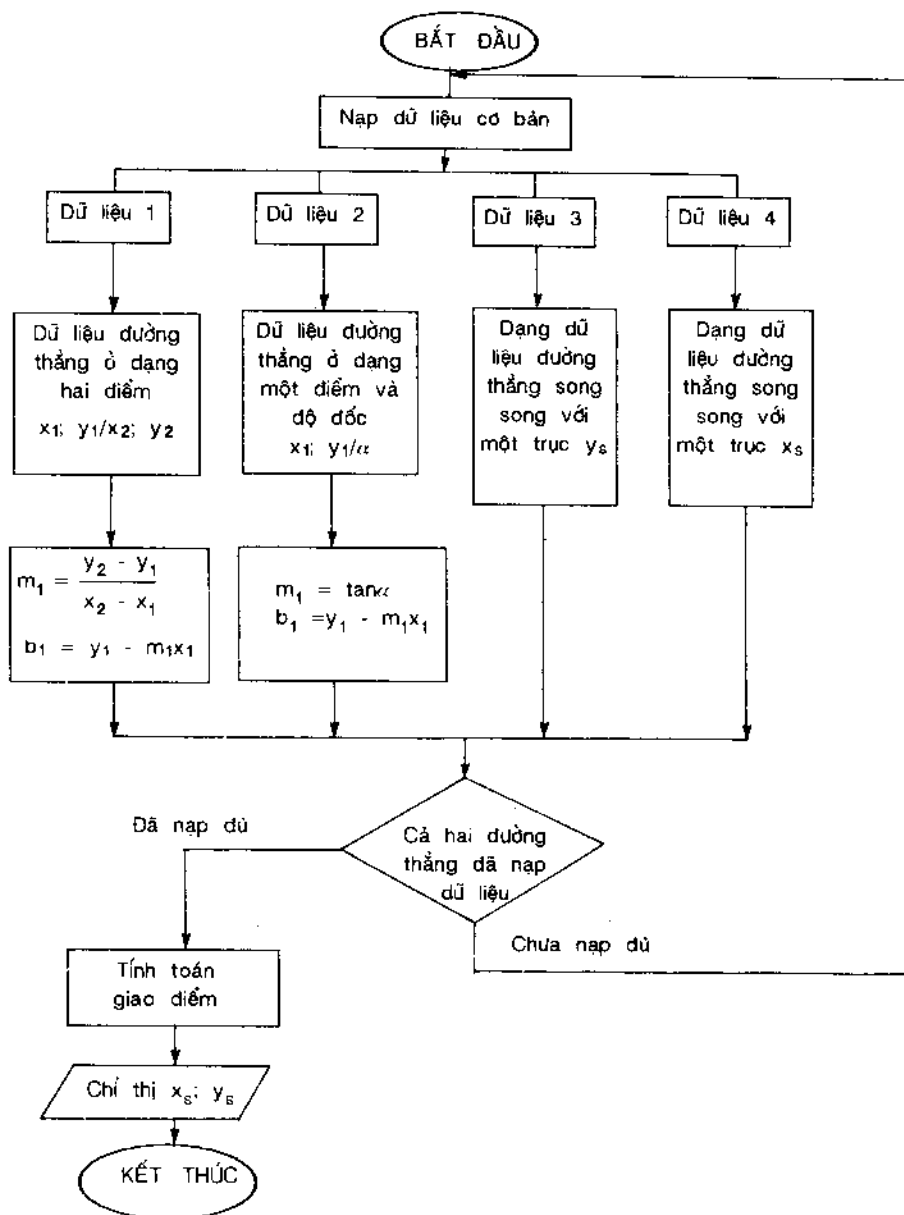
- Mô tả năng tính kỹ thuật của máy và của hệ điều khiển theo DIN 66025
- Đường dịch chuyển trên từng trục riêng lẻ
- Công suất truyền động của máy
- Số vòng quay trục chính
- Tốc độ chạy dao cắt và chạy dao nhanh
- Mô tả về ổ chứa dao cụ.

#### **9.3.2.2. Các dữ liệu về dao**

Các dữ liệu về dao bao gồm tất cả các loại dao cụ có thể sử dụng được trên một máy công cụ CNC xác định, cũng như các số liệu về hình học và công nghệ của chúng.

Trong khi ở công nghệ gia công thông thường hay sử dụng các dao chuyên

dụng (tiền định hình, phay định hình, khoét định hình) thì ở công nghệ gia



Hình 9-8. Thuật toán xác định giao điểm của hai đường thẳng.

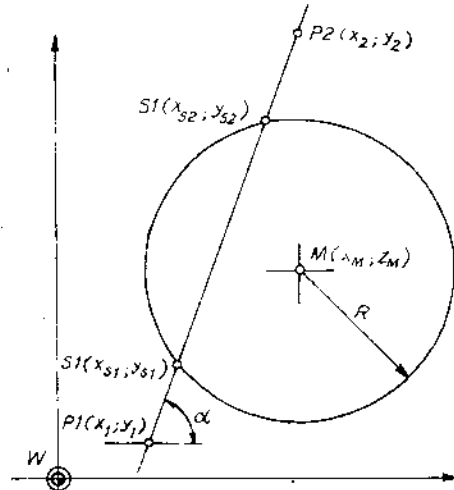


công trên các máy CNC lại phổ biến dùng các dao tiêu chuẩn.

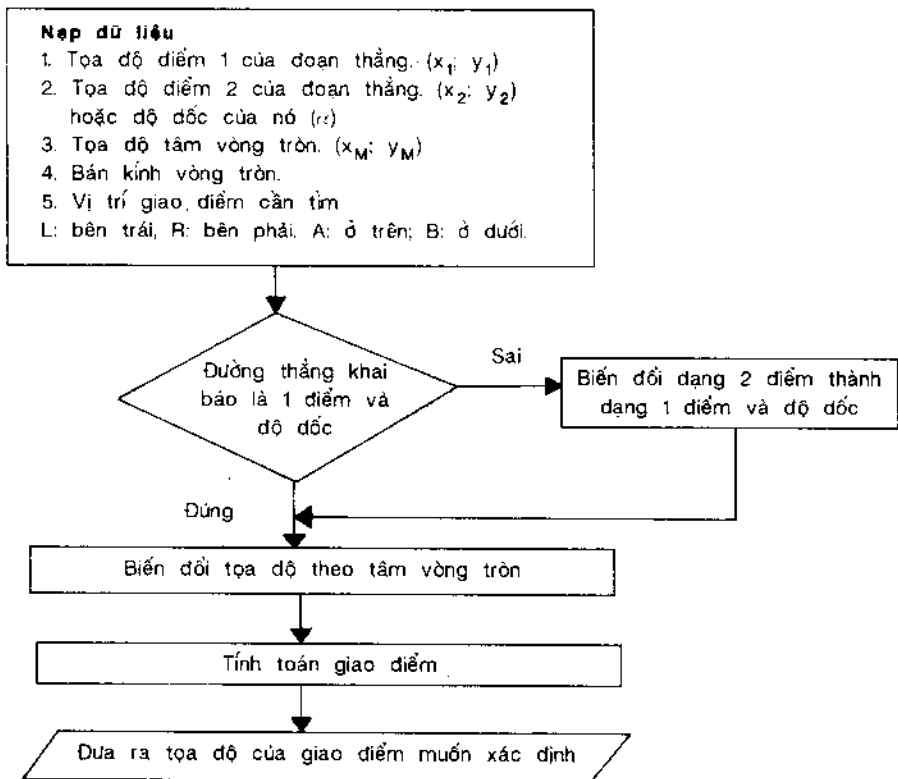
Khi lập trình bằng tay, người lập trình muốn phân biệt các dao cụ khác nhau chỉ cần đến tương đối ít dữ liệu.

Hình 9-17 là ví dụ một trang catalog về dao của một máy khoan - phay - CNC.

Bảng dữ liệu này còn gồm cả khả năng điền vào các dữ liệu công nghệ lựa chọn trong lần sử dụng dao, nhờ vậy những kinh nghiệm tích lũy có

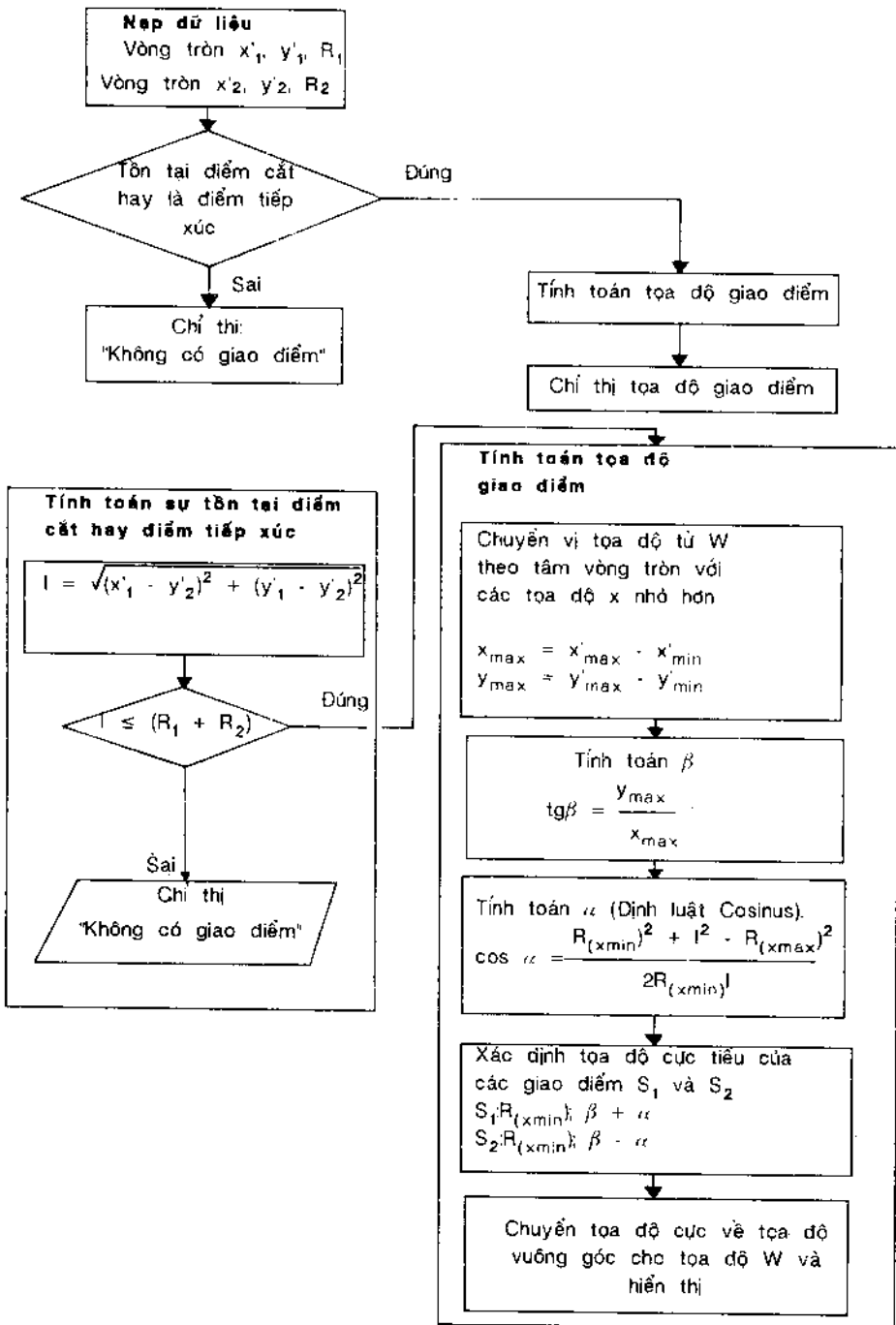


Hình 9-9. Điểm là giao điểm giữa đường thẳng và đường tròn.

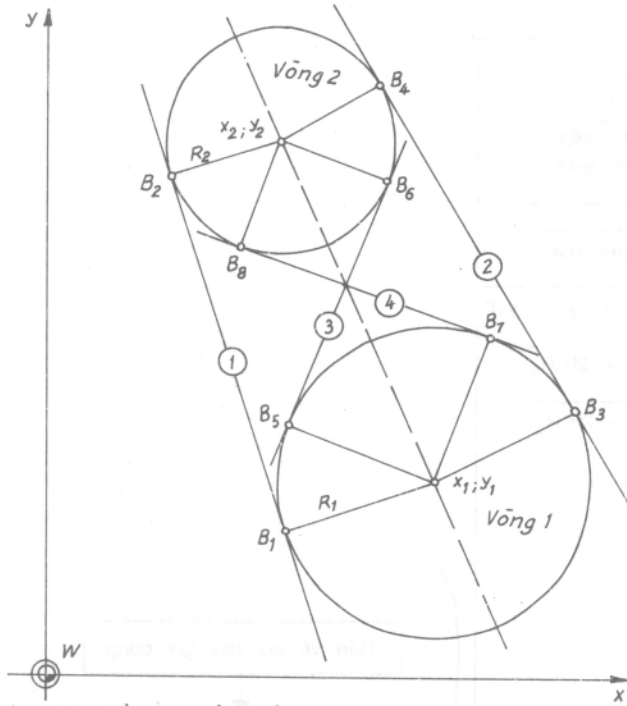


Hình 9-10. Thuật toán xác định giao điểm giữa đường thẳng và đường tròn.

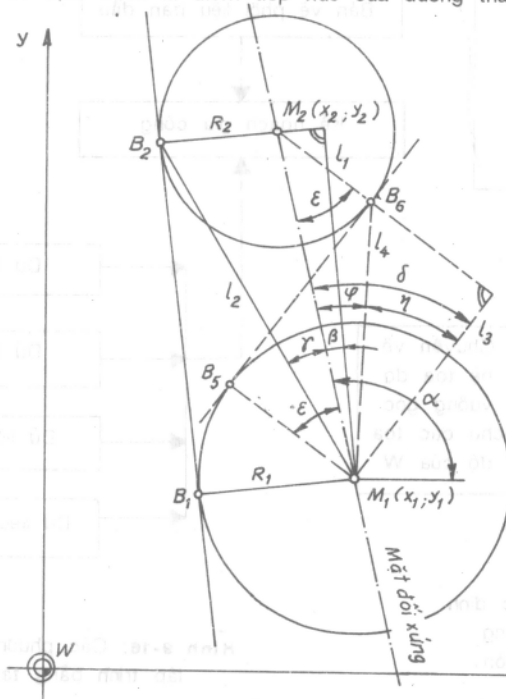




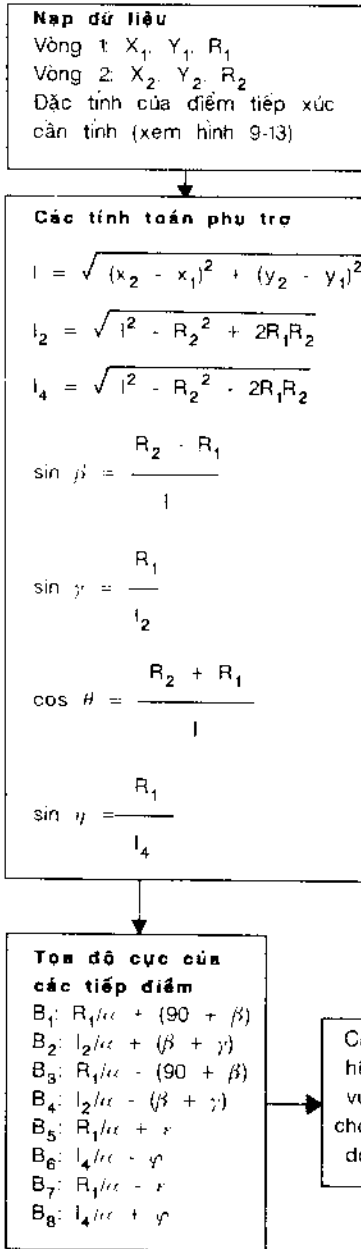
Hình 9-12. Thuật toán xác định giao điểm của hai đường tròn.



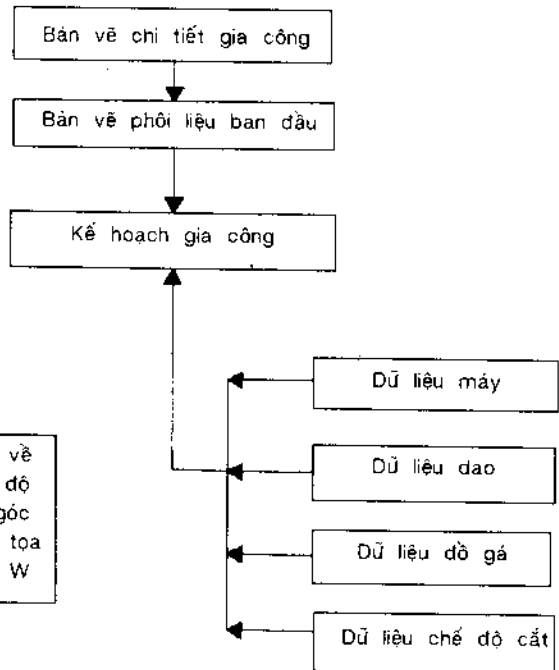
Hình 9-13. Xác định điểm là điểm tiếp xúc của đường thẳng tiếp tuyến với đường tròn.



Hình 9-14. Các đại lượng hình học phụ trợ để tính toán điểm tiếp xúc.



**Hình 9-15.** Thuật toán xác định điểm tiếp xúc giữa đường tiếp tuyến và vòng tròn.



**Hình 9-16.** Các phương tiện lập trình bằng tay.

[illegible]

Hình 9-17. Bảng dữ liệu về dao cho một dao phay.

[illegible]

Hình 9-18. Ví dụ về biểu dữ liệu dao động hiệp hội EXAPT dễ nghi.

Do giá thành đầu tư cao hơn nên đơn giá tính theo giờ máy trên các máy CNC thường cao hơn nhiều so với trên các máy thông thường.

Ngược lại giá thành về dao, do các máy CNC dùng phổ biến là dao tiêu chuẩn, nên chỉ ngang bằng thậm chí còn rẻ hơn so với gia công thông thường.

Theo đó, những cố gắng đảm bảo cho giá thành có tính kinh tế tối ưu khi gia công trên máy CNC là ở sự lựa chọn chế độ cắt gọt cao hơn so với gia công trên các máy thông thường. Nhưng tất nhiên tuổi bền, tuổi thọ của dao sẽ rút ngắn đi.

Trong bảng dữ liệu cắt gọt, trước hết là tập hợp các giá trị kinh nghiệm

Catalog dụng cụ máy CNC.		
Ký hiệu dụng cụ: Vấu kẹp 14 mm	Chiều rộng rãnh: / Gr.3	Số: 1 01
Lắp ngày:	Người lắp:	
Người cấp:	Giá thành:	Ngày lắp xong:

Hình 8-19. Bảng dữ liệu về đồ gá.





của xí nghiệp cấp cao hơn hay những quan tâm khác tương tự.

Việc sử dụng các máy tính bỏ túi lập trình được cũng làm dễ dàng hơn cho việc xác định các dữ liệu chương trình về công nghệ.

Ví dụ như xác định dữ liệu chương trình khi khoan cắt ren trên một máy khoan - phay - vạt năng CNC. Hình 9-20 trình bày sơ đồ thuật toán xác định dữ liệu cho chương trình này. Chương trình gồm 227 bước tính theo dữ liệu đầu vào là đường kính ren, bước ren (nếu không thuộc hệ ren tiêu chuẩn) và một chỉ tiêu vật liệu (chẳng hạn thép xây dựng, gang xám hay nhôm).

Kết quả đưa ra gồm:

- Đường kính lỗ khoan mũi
- Số vòng quay khi khoan lỗ mũi
- Lượng chạy dao khi khoan lỗ mũi
- Số vòng quay khi cắt ren

Lượng chạy dao khi cắt ren.

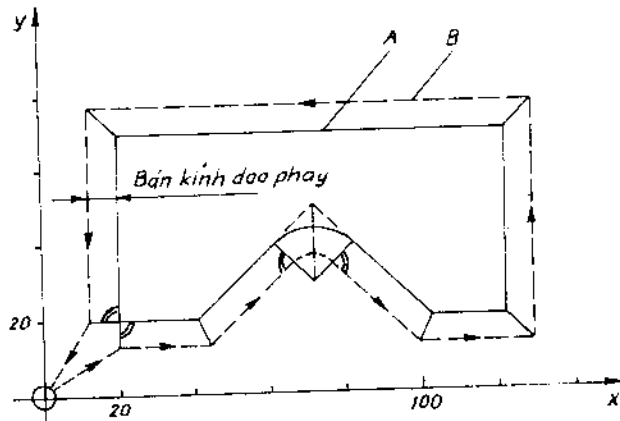
## 9.4. NHỮNG KHẢ NĂNG LẬP TRÌNH ĐẶC BIỆT CỦA HỆ ĐIỀU KHIỂN CNC

### 9.4.1. Chính lý

#### dao cụ

Trong nhiều phương pháp gia công khác nhau, biên dạng đường dịch chuyển được giám sát bởi hệ điều khiển không thống nhất với đường dịch chuyển do điểm cắt trên dao vạch ra cho biên dạng chi tiết.

Chẳng hạn khi phay, hệ điều khiển có thể giám sát biên dạng do tâm dao



Hình 9-21. Ví dụ về hiệu chỉnh biên dạng của bán kính dao phay.

A. Biên dạng cân. B. Biên dạng hiệu chỉnh theo khoảng cách của bán kính dao phay tính theo biên dạng cân.

phay vạch ra, nhưng biên dạng chi tiết lại được sinh ra bởi lưỡi cắt cách xa tâm dao một khoảng bằng bán kính dao  $R$  (hình 9-21).

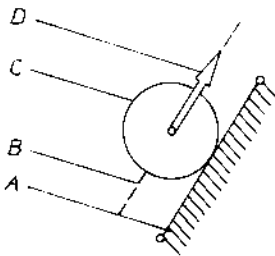
Với một hệ điều khiển thường, không có khả năng so sánh biên dạng, người lập trình phải thiết lập một biên dạng đồng dạng với biên dạng chi tiết theo khoảng cách bằng bán kính dao. Tính toán cho việc thiết lập ấy rất mất thì giờ. Ngoài ra biên dạng đồng dạng chỉ có tác dụng đối với một số bán kính dao nhất định.

Các hệ điều khiển CNC có khả năng tự thực hiện được tính toán này

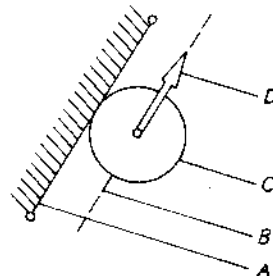
Các kích thước của dao được lưu trữ trong bộ nhớ về dữ liệu dao. Nhờ lệnh gọi dao T..., máy tính sẽ khai thác các dữ liệu này và tính toán chúng trong bề mặt nội suy xác định bởi các lệnh G17, G18 hay G19. Dạng tính được xác định bởi các điều kiện đường sau đây:

- G40 Xóa chỉnh lý đường dịch chuyển dao.
- G41 Chỉnh lý đường dịch chuyển bán kính dao trái: Dao nằm bên trái chi tiết nhìn theo hướng chạy dao (hình 9-22).
- G42 Chỉnh lý đường dịch chuyển bán kính dao phải: Dao nằm bên phải chi tiết nhìn theo hướng chạy dao (hình 9-23).
- G43 Chỉnh lý bán kính dao dương (positiv).
- G44 Chỉnh lý bán kính dao âm (negativ).

Hai điều kiện đường này (G43, G44) tùy thuộc quy định của nhà chế tạo hệ điều khiển, có thể là chỉnh lý bán kính dao, cũng có thể là chỉnh lý chiều dài dao. Trong trường hợp đầu, bán kính dao sẽ được cộng thêm hay trừ bớt do chuyển động song song với trục đi tới vị trí cần, trường hợp sau là chỉnh



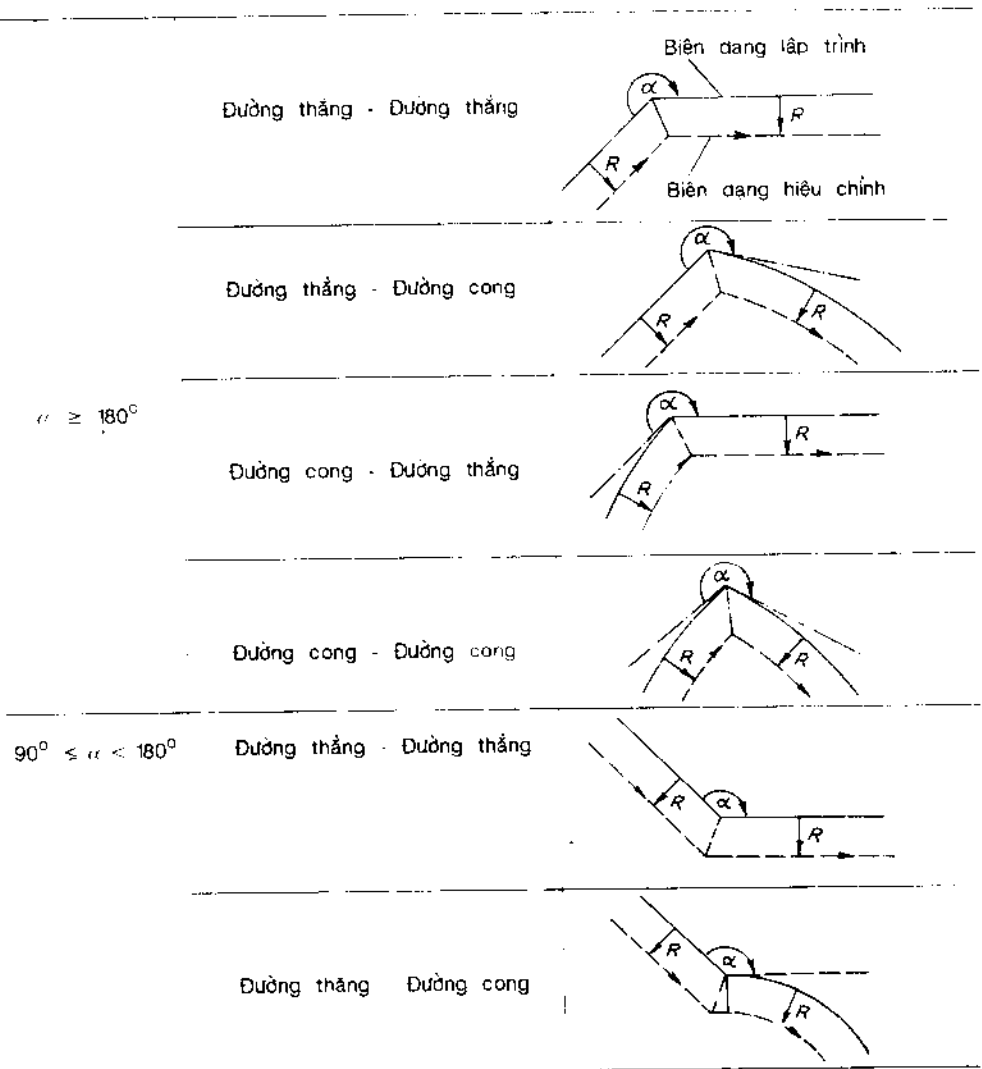
**Hình 9-22** Chỉnh lý biên dạng theo bán kính dao bên trái so với chi tiết, G41  
A. Biên dạng cần. B. Biên dạng của tâm dao. C. Dao phay D. Hướng chạy dao.



**Hình 9-23** Chỉnh lý biên dạng theo bán kính dao bên phải so với chi tiết, G42  
A. Biên dạng cần. B. Biên dạng của tâm dao. C. Dao phay D. Hướng chạy dao.

lý chiều dài cao. Khi chỉnh lý đường dịch chuyển theo bán kính dao, hệ điều khiển đã đọc trước hai câu lệnh tiếp theo sau trong khi đang thực hiện một lệnh và tính toán giao điểm của đường dịch chuyển đã chỉnh lý đồng dạng với biên dạng cần theo khoảng cách bán kính dao.

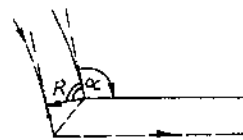
Vận hành chỉnh lý trong các dạng đường dịch chuyển khác nhau được trình bày trên hình 9-24.



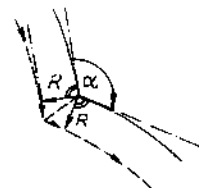
**Hình 9-24.** Các khả năng hiệu chỉnh biên dạng theo bán kính dao (Hệ điều khiển Siemens - Sinumerik 6M-B).

$$90^{\circ} \leq \alpha \leq 180^{\circ}$$

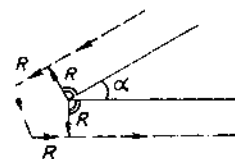
Đường cong - Đường thẳng



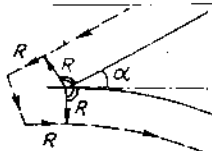
Đường cong - Đường cong



Đường thẳng - Đường thẳng

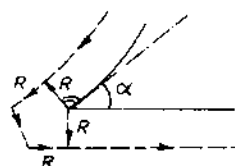


Đường thẳng - Đường cong

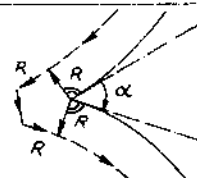


$$\alpha < 90^{\circ}$$

Đường cong - Đường thẳng



Đường cong - Đường cong



Hình 9-24 (tiếp). Các khả năng hiệu chỉnh biên dạng theo bán kính dao (Hệ điều khiển Siemens - Sinumerik 6M-B)

#### 9.4.2. Các mô tả biên dạng

Trong các bản vẽ chi tiết, thường những cạnh chuyển tiếp sắc, mặt vát, vê tròn hay bán kính góc lượn không được đo, tọa độ của các điểm chuyển biên dạng do đó không thể lấy trực tiếp từ bản vẽ.

Nhờ các hệ điều khiển CNC với những kỹ thuật lập trình mô tả biên dạng, có thể bỏ qua rất nhiều các tính toán phụ trợ về lượng giác.

Các ví dụ sau đây đưa ra những yếu tố cơ bản của lập trình mô tả biên dạng dùng trên hệ điều khiển CNC (SINUMERIK 8MC):

- A Biên dạng 3 điểm (hình 9-25) - Chuyển tiếp cạnh sắc.

Chương trình: N...A1 ...A2 ...X3 ...Z3...

Hệ điều khiển tính toán X2, Z2 và sinh ra hai câu.

- B Mặt vát (hình 9-26)

Chương trình: N ...X2...Z2...B-...

N...X3...Z3...

B- có nghĩa là mặt vát, gạch ngang (-) ở đây không phải là dấu trừ mà chỉ là một dấu hiệu riêng.

- C Vẽ tròn bởi một bán kính (hình 9-27)

Chương trình: N ...X2...Z2...B...

N...X3...Z3...

- D Đường thẳng tiếp tuyến với cung tròn (hình 9-28)

Chương trình: N...G02 (hay G03) A...B...X3...Z3...

Cung tròn phải  $\leq 180^\circ$ . Thứ tự A (góc), B (bán kính) phải được tuân theo.

- E Cung tròn tiếp tuyến với đường thẳng (hình 9-29)

Chương trình: N...G02 (hay G03) B...A...X3...Z3...

- F Đường cong tiếp tuyến với đường cong (hình 9-30)

Chương trình: N...G02 (hay G03) I1...K1...I2...K2...X3...Z3...

Điều kiện đường chỉ được lập trình cho đường cong đầu tiên. Đường cong thứ hai phải luôn luôn có chiều cong ngược lại.

Hình 9-31 trình bày một chi tiết diện có biên dạng tổng hợp (biên dạng 3 điểm + vát cạnh + bán kính lượn)

Chương trình:

Câu lệnh

L 10 500

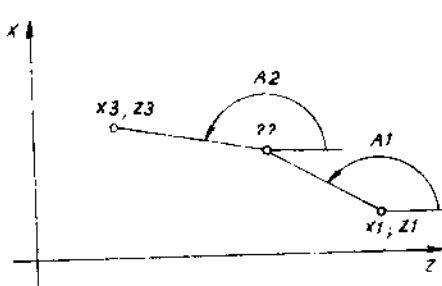
N5 G00 G90 Z332 X0

Ý nghĩa

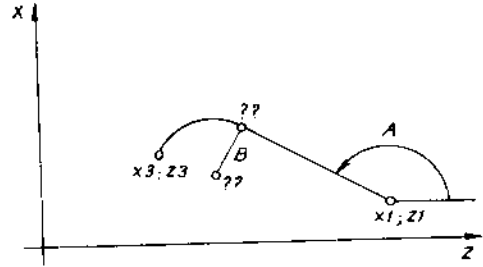
Tên chương trình

G00: chạy nhanh

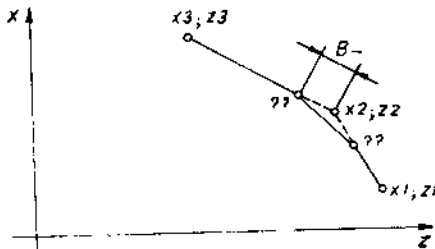
G90: chuẩn đo



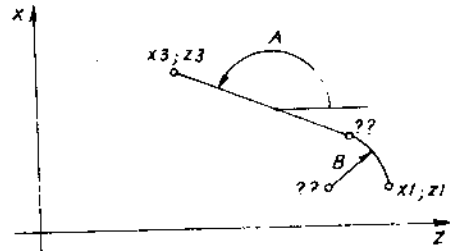
Hình 9-25 Lập trình cho biên dạng ba điểm



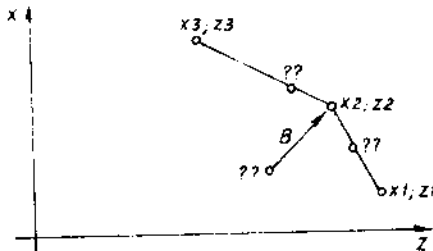
Hình 9-28. Lập trình cho biên dạng thẳng tiếp tuyến với cung tròn tại đầu mút.



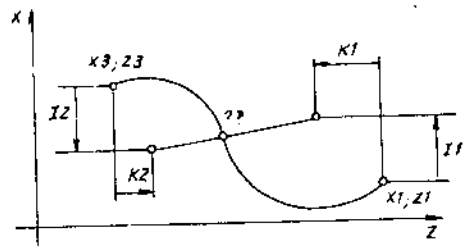
Hình 9-26. Lập trình cho biên dạng vát mép.



Hình 9-29. Lập trình cho biên dạng cung tròn chuyển tiếp với đường thẳng.



Hình 9-27 Lập trình cho biên dạng vẽ tròn.



Hình 9-30. Lập trình cho biên dạng chuyển tiếp giữa hai cung tròn.

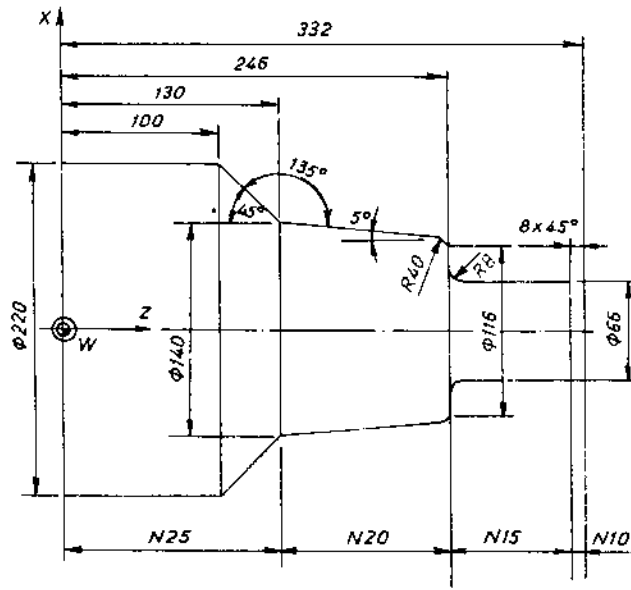
N10 G01 A90 A180 Z246 X66 B-8 B8 F0,2

N15 X116

N20 G03 B40 A175 Z130 X140

N25 G01 A135 A180 Z0 X220 M17

M17: câu lệnh cuối của chương trình con.



Hình 9-31. Tổ hợp các chuyển tiếp biên dạng trên một chi tiết tiện.

#### 9.4.3. Phân chia lát cắt

Cụm chức năng này của các hệ điều khiển CNC tự sản sinh ra những câu lệnh chương trình cho những lát cắt, phân chia vật liệu cắt thành từng lớp cho đến khi đạt tới đường biên dạng đã xác định.

Ở đây các biên dạng được mô tả ở dạng thông thường trong một loạt các câu lệnh. Cụm phát chu kỳ gia công thô sẽ sinh ra một loạt lát cắt thô phù hợp với chiều sâu cắt tối đa đã lập trình cho mỗi lần cắt.

Tùy thuộc điều kiện đường xác định bởi nhà chế tạo hệ điều khiển, các lát cắt thô có thể song song với một trục hay có thể song song và đồng dạng với biên dạng cần cắt.

Hình 9-32 trình bày một ví dụ về phân chia lớp cắt trong một chu kỳ gia công thô.

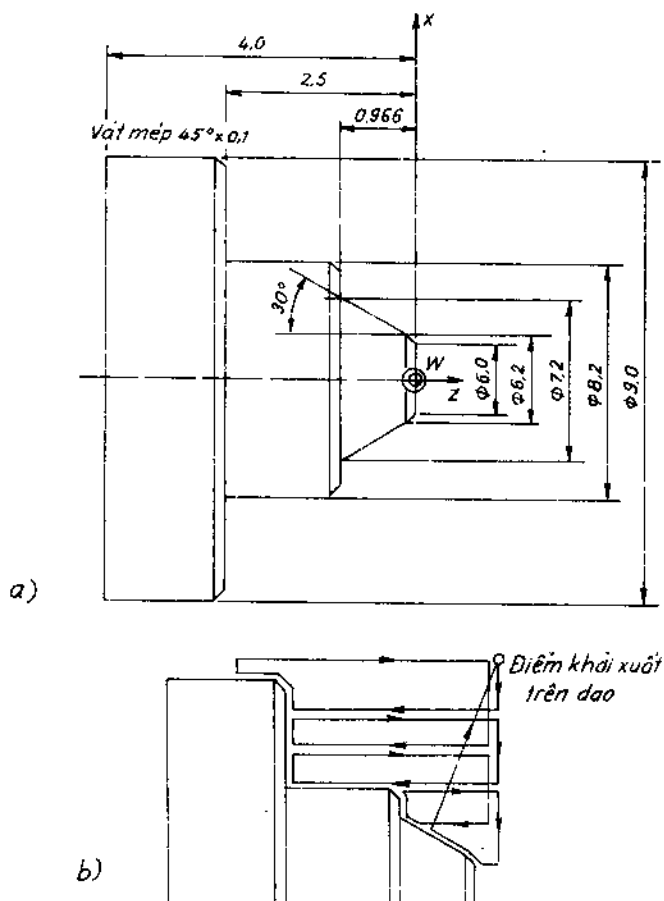
*Chương trình:*

N100 G01 X9.2 Z0.0208

N110 G68 X6.0 Z0.1 I.010 K.008 P1 0500 P2 560 P3 0.125

N500 G01 Z0.0





Hình 9-32. Ví dụ gia công chi tiết tiện, chu kỳ thô.  
a. Chi tiết; b. Phân lớp cắt khi tiện thô.

N510 X6.2 Z-0.2

N520 X7.2 Z-0.966

N530 G63 X8.2 P1 -45.0 P2 0.1

N540 G01 Z-2.5

N550 G63 X9.0 P1 -45.0 P2 0.1

N560 G01 Z-3.0

*Giải thích:* Câu lệnh 110: G68 G01 chu kỳ gia công thô song song Z  
X, Z Điểm xuất phát biên dạng  
I. K Lượng dư gia công theo trục X và trục Z

- P1 Câu lệnh đầu mô tả biên dạng  
 P2 Câu lệnh cuối mô tả biên dạng  
 P3 Chiều sâu cắt tối đa trong mỗi lần cắt

Câu lệnh 530: G63 Chu kỳ biên dạng vát mép

Câu lệnh 550: P1 Góc vát tính theo trục Z

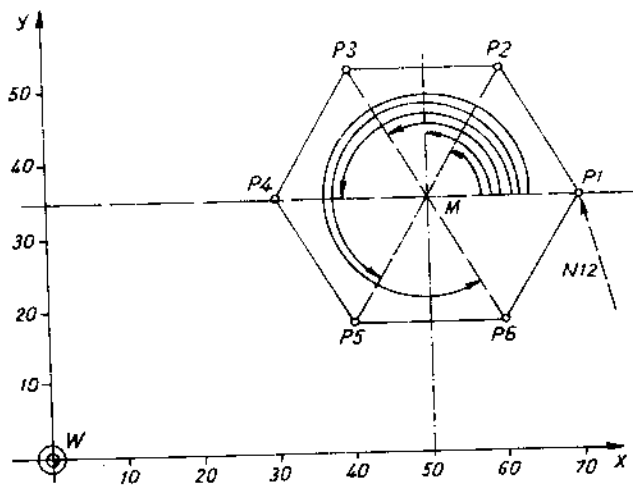
P2 Chiều rộng mép vát theo trục X

#### 9.4.4. Lập trình theo tọa độ cực

Khi phay các hình thể đối xứng hay khi khoan các lỗ sắp xếp trên một vòng tròn, việc lập trình sẽ được đơn giản đáng kể nếu hệ điều khiển có thể lập trình được trong hệ tọa độ cực.

Hình 9-33 là ví dụ về trường hợp phay và hình 9-34 là ví dụ về khoan.

Các chương trình tương ứng là:



Hình 9-33. Lập trình với tọa độ cực phay sáu cạnh.  
 P1 ... P6: Các điểm trên biên dạng.

**Khi phay mặt sáu cạnh - Hệ điều khiển SINUMERIK SPRINT 8M**

Câu lệnh

Ý nghĩa

N12 G90 X70 Y35

(P1) Đi tới điểm P1 (G90 là chuẩn đo)

N13 G11 X50 Y35 P20

A60(P2) G11: Tọa độ cực

N14

A120(P3) P: Bán kính

N15

A180(P4) A: Góc chạy dao

N16

A240(P5)

N17

A300(P6)

N18

A360(P1)

## Khi khoan (đi tới các vị trí khoan) - Hệ điều khiển SINUMERIK SPRINT 8M

### Câu lệnh

N12 G90 G81 X70 Y35

N13 G10 X50 Y35 P20

N14

N15

N16

N17

N18

### Ý nghĩa

(P1) G81: Gọi chu kỳ khoan (xem mục 9.4.5)

A60(P2) G10: Tọa độ cực, chạy dao nhanh

A120(P3) P: Bán kính, A: góc

A180(P4)

A240(P5)

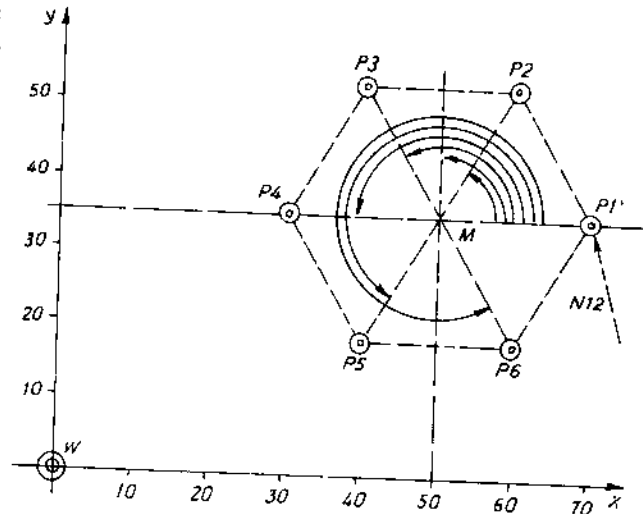
A300(P6)

A360(P1)

### 9.4.5. Các chu kỳ công tác

Các chu kỳ công tác thường bao gồm những quá trình chuyển động của các công nghệ điển hình Ví dụ, chu kỳ "khoan bằng mũi khoan ruột gà" bao gồm những chuyển động sau đây:

- Chạy dao cắt, trục chính quay phải, chạy hết chiều sâu khoan;
- Tại chiều sâu đã khoan hết, không có thời gian duy trì, chuyển động ngược lại với hành trình chạy nhanh về vị trí ban đầu, chiều quay trục chính giữ nguyên.



Hình 9-34. Lập trình với tọa độ cực cho các vị trí khoan. P1... P6: Vị trí khoan.

Các chu kỳ công tác được biểu đạt bằng một chức năng G và các thông số về chiều dài đường dịch chuyển, tốc độ chạy dao, số vòng quay trục chính phù hợp với từng trường hợp áp dụng.

Tiêu chuẩn DIN 66025 cũng chuẩn hóa các chu kỳ khoan (hình 9-35 và bảng 3- Phụ lục).

Dưới đây là các ví dụ lập trình với các chu kỳ công tác:

### Hệ điều khiển PHILIPS 6600 (hình 9-36 và 9-37)

Câu lệnh

PLATTE

N10 G90

N20 G17 T01

N30 G81 Y2 Z-15 F200 S1000 M03

N40 G79 X10 Y10

N50 G79 X60

N60 G79 Y30

N70 G79 X10

Các chu kỳ công tác thích hợp được nhà chế tạo hệ điều khiển thiết lập cho nhiều công đoạn công nghệ phổ biến và được lưu trữ trong bộ nhớ cứng như là các chương trình con.

**Chu kỳ phay - Hệ điều khiển PHILIPS 3360 (hình 9-38)**

G87: Phay một khoang rỗng hình chữ nhật, quá trình chuyển động gồm:

1. Tại điểm giữa khoang rỗng phay sâu vào một lượng xác định.
2. Phay mở rộng khoang rỗng ở chiều sâu này với lượng cắt tự động điều chỉnh

Ý nghĩa

Tên chương trình

Lập trình đo tuyệt đối

Mặt nội suy XY. Gợi dao

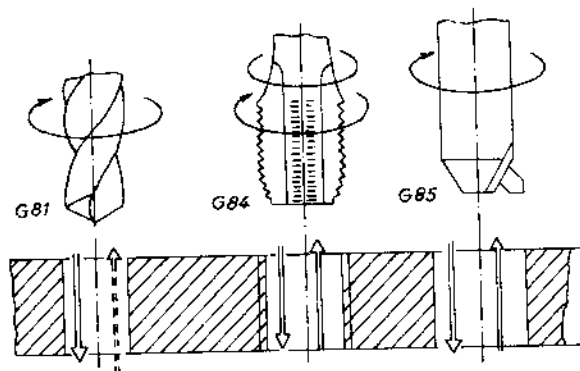
G81: Chu kỳ khoan, Y: Khoảng cách an toàn từ bề mặt trên chi tiết, Z: Chiều sâu khoan F: Tốc độ chạy dao, S: vòng quay trục chính

M03: Trục chính quay phải

Dao chạy nhanh về điểm X10.

Y10, tại đó chu kỳ công tác đã xác định trước đó sẽ được tiến hành (G79)

Chu kỳ công tác được làm tại điểm mới

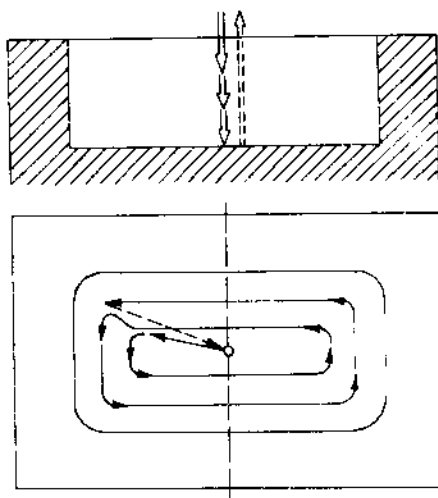


Hình 9-35. Ví dụ về các chu kỳ công tác tiêu chuẩn.

G81 Chu kỳ khoan; G84 Chu kỳ cắt ren;

G85 Chu kỳ tiến rộng.





Hình 9-38. Chu kỳ phay khoét chữ nhật

3. Quay trở về tâm khoang rỗng.

4. Lặp lại chu trình 1-3 cho đến khi đạt được chiều sâu khoang rỗng theo yêu cầu.

5. Chạy nhanh trở về khoảng cách an toàn trên bề mặt chi tiết.

*Chi tiết có nhiều khoang rỗng cần phay (hình 9-41)*

Chương trình lập ra trên hệ điều khiển PHILIPS CNC 3000.

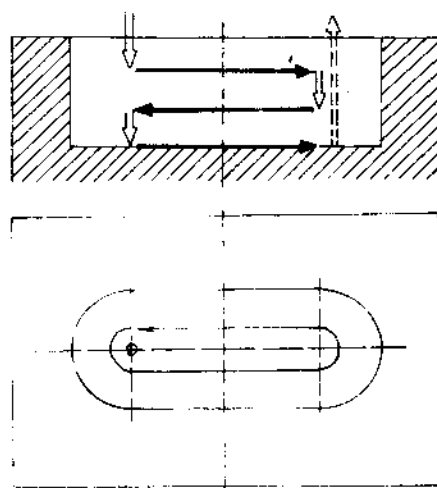
Dùng dao phay ngón  $\varnothing 10$  mm.

*Câu lệnh*

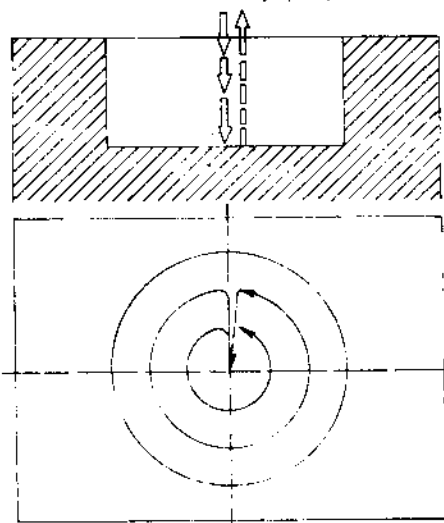
N10 T1 M6

N20 G87 X55 Y30 Z-6

B1 K6 I75 F200 S500



Hình 9-39. Chu kỳ phay rãnh.



Hình 9-40. Chu kỳ phay khoét hình tròn.

*Ý nghĩa*

Dao T1 (dao phay ngón, kẹp dao)

G87: Chu kỳ "phay khoang chữ nhật"

X, Y, Z: Kích thước khoang rỗng

B: Khoảng cách an toàn

K: Chiều sâu chia thành lớp cắt

I: Điều chỉnh dao theo mặt cạnh và theo số % của đường kính dao

N30 G79 X42,5 Y25  
N40 G79 Y80

#### 9.4.6. Kỹ thuật chương trình con

Những quá trình chức năng và trình tự chuyển động như nhau, được lặp lại nhiều lần, có thể truy nhập và lưu trữ trong bộ nhớ chương trình ở dạng chương trình con và có thể gọi ra tại bất cứ vị trí nào của một chương trình gia công.

Cũng có thể xem như một cái hộp nhiều ngăn, từ một chương trình con có thể nhảy vào chương trình con

tiếp theo Sau khi kết thúc chương trình con, chương trình tổng thể sẽ tiếp tục thực hiện câu lệnh kế tiếp sau lệnh nhảy vào chương trình con.

Hình 9.42 minh họa hộp nhiều ngăn chứa các chương trình con.

Dấu hiệu của chương trình con và lệnh nhảy từ chương trình chính vào chương trình con không được tiêu chuẩn hóa, do đó các nhà sản xuất các hệ điều khiển khác nhau, tổ chức các chương trình con cũng khác nhau.

Hình 9-43 là một ví dụ về sự vận dụng các chương trình con khi dùng hệ điều khiển PHILIPS CNC 3360.

Câu lệnh

N9001

N10 T1 M6

N20 G81 Y2.5 Z-2 F200 S1000

Ý nghĩa

Tên chương trình

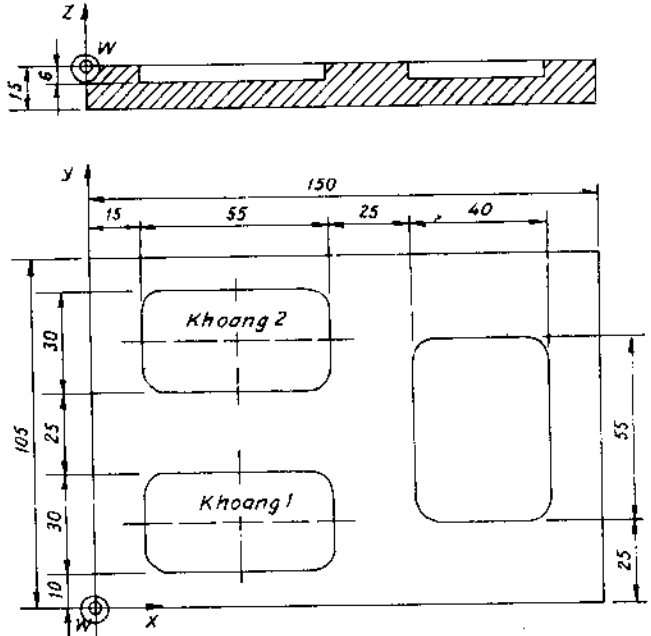
Đổi dao, dao khoan tâm

Chu kỳ khoan lỗ khoan tâm

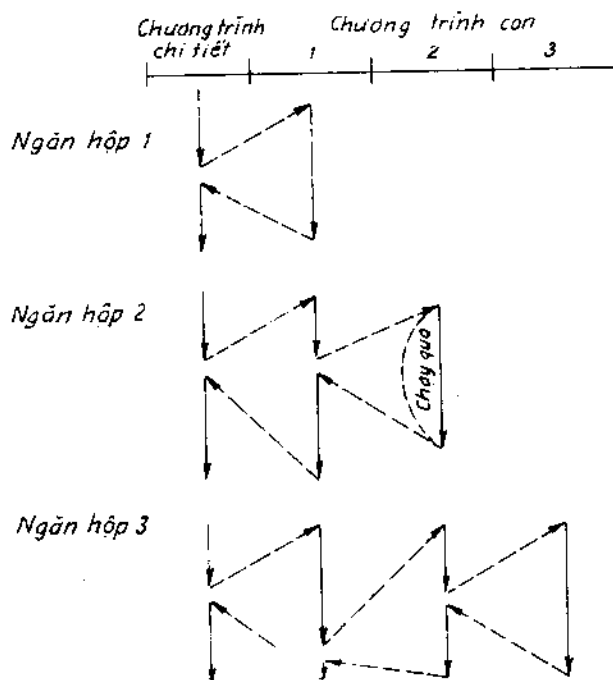
F: lượng chạy dao, S: số vòng quay của trục mang dao

Phay khoang thứ nhất

Phay khoang thứ hai



Hình 9-41 Chi tiết có nhiều khoang rỗng cần phay.



Hình 9-42. Các ngăn chứa chương trình con.

N30 G22 N=9001

G22. Nhảy vào chương trình con  
N=9001: Tên chương trình con cần  
nhảy vào

N40 T2 M6

Đổi dao, khoan ruốt ga để khoan  
lỗ mới

N50 G81 Y2 Z-20 F125 S1250

Chu kỳ khoan lỗ mới

N60 G22 N=9001

Nhảy lần nữa vào chương trình con

N70 T3 M6

Đổi dao, tarô ren

N80 G84 Y5 Z-15 F400 S400

Chu kỳ tarô ren

N90 G22 N9001

Nhảy lần nữa vào chương trình con

N100 Z20 M30

Chạy nhanh trở về, kết thúc chương  
trình (M30), nhảy về đầu chương trình

N9001

Tên chương trình con

N10 G79 -40 Y0 Z0

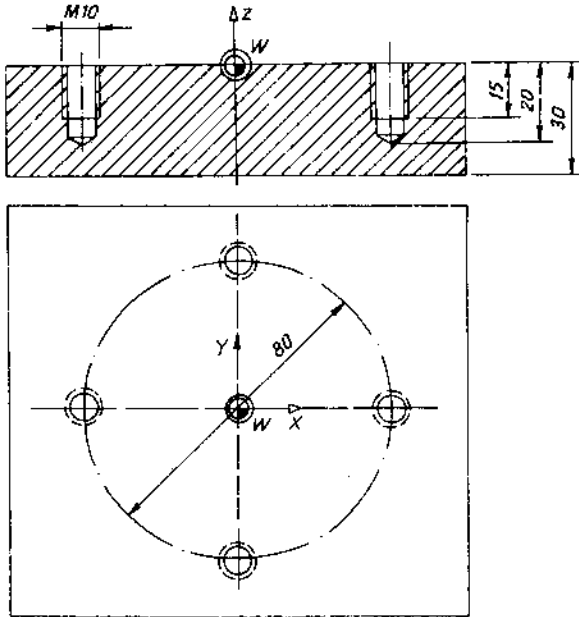
Gọi chu kỳ công tác đã xác định  
trước đó đến vị trí xác định bởi  
X, Y, Z.

N20 G79 X0 Y40

N30 G79 X40 Y0

N40 G79 X0 Y-40





Hình 9-43. Ví dụ ứng dụng kỹ thuật khai thác chương trình con: Chi tiết có 4 lỗ cắt ren.

#### 9.4.7. Lập trình với các tham số

Trong các chương trình gia công chính và các chương trình con, khi ghi các địa chỉ có thể thay thế những giá trị số bằng những tham số tương ứng.

Nhờ vậy đối với những quá trình gia công tương tự về mặt hình học thường hay gặp, cho phép biểu đạt ở dạng những chu kỳ cứng, có tên gọi là Makros. Giá trị số của các tham số được định nghĩa cho một trường

hợp gia công nằm trong phần đầu chương trình.

Do việc lập trình bằng các tham số chưa được chú ý tiêu chuẩn hóa nên thao tác lập trình cũng rất khác nhau giữa những nhà sản xuất các hệ điều khiển khác nhau.

Dưới đây là ví dụ lập trình với các tham số, dùng hệ điều khiển SINUMERIK 8M của hãng SIEMENS. Với hệ điều khiển này, tất cả các địa chỉ - trừ địa chỉ N (số câu lệnh) - đều có thể dùng các tham số từ R00 đến R49. Tối đa mỗi câu lệnh có thể lập trình với 10 tham số.

*Câu lệnh*

L510 00

N1 Y-R49 SR05

N2 X300.-R01

N50 M17

*Ý nghĩa*

Tên chương trình con (510)

Y nhận giá trị âm của tham số R49

S nhận giá trị của tham số R05

X có giá trị 300 (là giá trị của tham số R01)

Kết thúc chương trình con

% 4081

Chương trình chính 4081

N1...

N37 R01 10 R05 500 R49-20

Chỉ dẫn giá trị: R01=10; R05=500;  
R49=- 20

N38 L510 02

Nhảy vào chương trình con L510 và  
chạy hai lần chương trình con này.

N39...

Tiếp tục chương trình chính

Với các tham số cũng có thể thực hiện các nguyên công tính toán trong các chương trình chính và chương trình con. Ví dụ như:

<i>Phép tính</i>	<i>Nguyên công tính đã lập trình</i>	<i>Thực hiện</i>	<i>Kết quả ở dạng tham số</i>
Cộng	$R01 + R02$	$R01 + R02$	R01
Trừ	$R01 - R02$	$R01 - R02$	R01
Nhân	$R01 \cdot R02$	$R01 \cdot R02$	R01
Chia	$R01/R02$	$R01 : R02$	R01
Căn bậc hai	10 R01	$\sqrt{R01}$	R01
Sin	15 R01	$\sin R01$	R01

#### *Lệnh nhảy có điều kiện vào một chương trình*

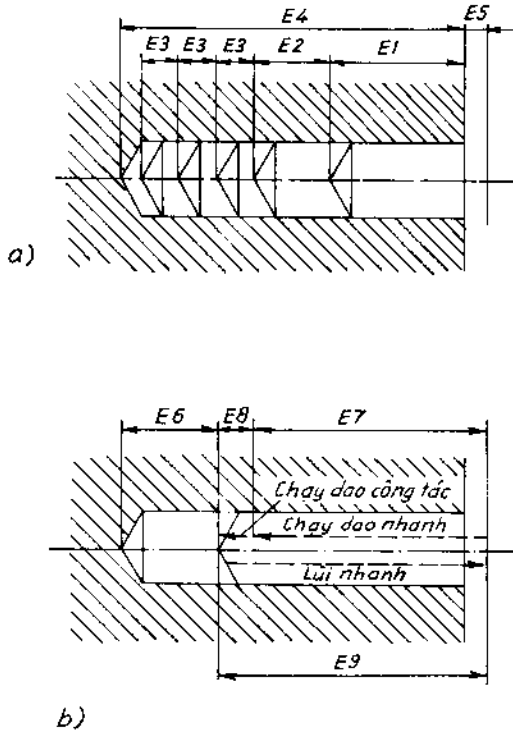
Trong trường hợp bình thường, các câu lệnh chương trình sẽ được thực hiện theo trình tự như chúng được soạn thảo trong chương trình. Nhờ lệnh nhảy có điều kiện, trình tự này có thể được thay đổi.

Một lệnh nhảy có điều kiện có thể thiết lập bởi:

- Một chức năng G cho lệnh nhảy (ví dụ G29);
- Một tham số mà giá trị của nó xác định điều kiện nhảy, chẳng hạn:
  - tham số  $> 0$ : nhảy vào địa chỉ đã lập trình
  - tham số  $\leq 0$ : không nhảy, chương trình tiếp tục thực hiện câu lệnh tiếp theo;
- Một địa chỉ nhảy chỉ rõ cần phải nhảy vào chương trình con nào

Lệnh nhảy có điều kiện có thể được áp dụng ví dụ cho trường hợp khoan sâu

Đoạn chương trình "khoan một nấc; lùi nhanh trở về = tổng các nấc khoan đã thực hiện trước đó; tiến nhanh vào = tổng các nấc khoan đã thực hiện trước đó; khoan tiếp một nấc" được thực hiện cho đến khi nào tổng các nấc khoan đạt tới chiều sâu khoan đòi hỏi. Sau đó sẽ rời khỏi đoạn chương trình và thực hiện các chu trình tiếp theo (hình 9-44a và 9-44b).

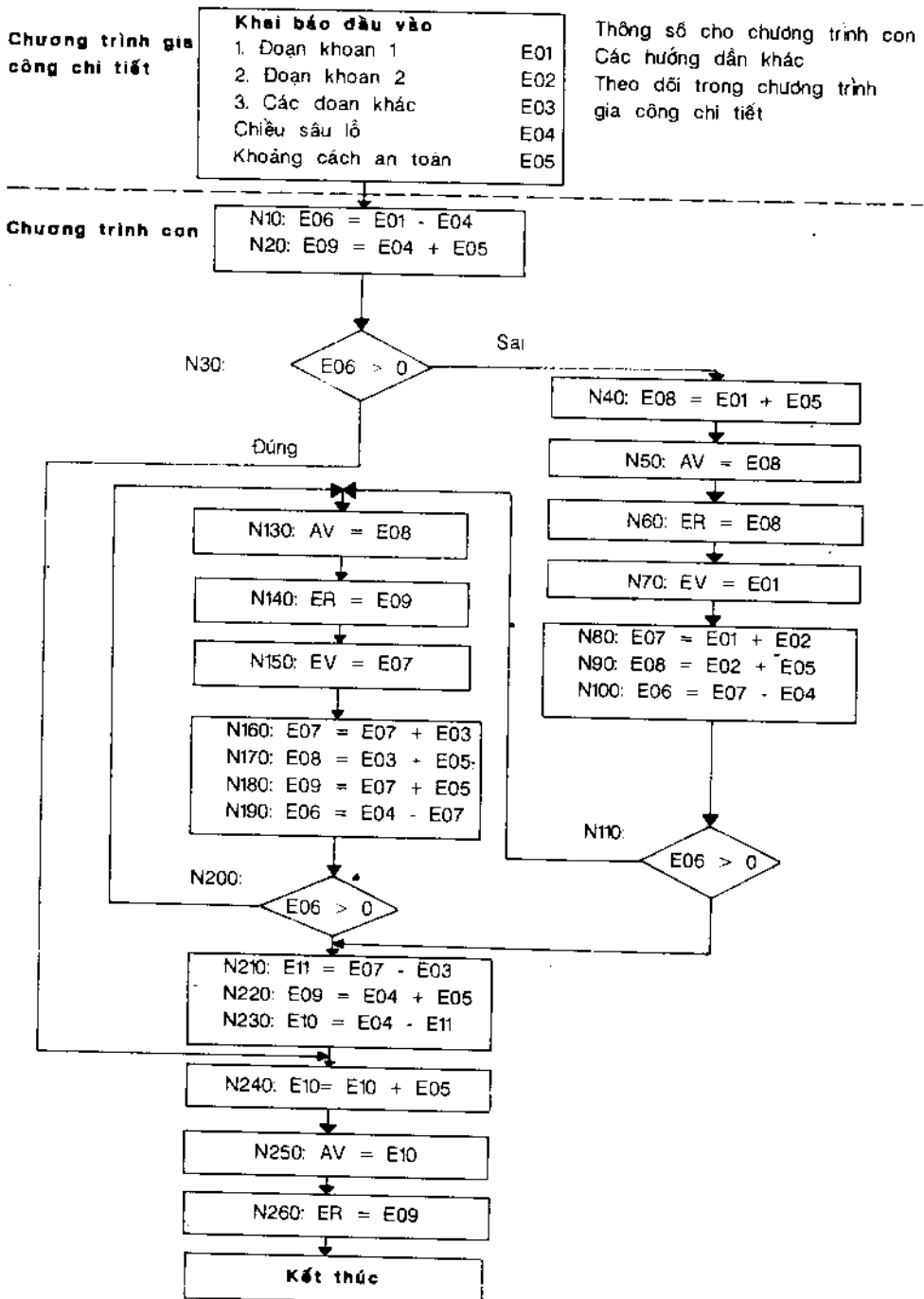


Hình 9-44a. Ví dụ lập trình với lệnh nhảy có điều kiện: Khoan lỗ sâu.

a) Kích thước lỗ và các đoạn gia công khoan; b) Động trình.

Chương trình tương ứng khi dùng hệ điều khiển PHILIPS NC 6600 với tên chương trình con N9004 như sau:

	Câu lệnh	Ý nghĩa
Chuyển dòng	Tính toán	
N9004 G91		Vào chương trình đo tương đối (đo chuỗi)
N10	G23 E90405	$E9 = E04 + E05$



Hình 9-44b. Thuật toán lập trình lệnh nhảy có điều kiện. Khoan lỗ sâu.

N20	G24 E60104	$E6 = E01 - E04$
N30	G29 E6 X240	Nhảy có điều kiện: khi $E6 > 0$ và nhảy vào câu lệnh N240
N40	G23 E80105	$E8 = E01 + E05$
N50 G01 Z-1 E8		Chạy dao cắt theo hướng -Z một đoạn E8
N60 G00 Z1 E8		Lùi nhanh đoạn E8 (thoát phoi)
N70 Z-1 E1		Tiến nhanh vào đoạn E7 theo hướng -Z
N80	G23 E70102	$E7 = E01 + E02$
N90	G23 E80205	$E8 = E02 + E05$
N100	G23 E90705	$E9 = E07 = E05$
N110	G24 E60704	$E6 = E07 - E04$
N120	G29 E6 X220	Nhảy có điều kiện: khi $E6 > 0$ và nhảy vào câu lệnh N220
N130 G01 Z-1 E8		Chạy dao cắt theo hướng -Z một đoạn E8
N140 G00 Z1 E9		Lùi nhanh đoạn E9 (thoát phoi)
N150 Z-1 E7		Tiến nhanh vào đoạn E1 theo hướng -Z
N160	G23 E70703	$E7 = E07 + E03$
N170	G23 E80305	$E8 = E03 + E05$
N180	G23 E90705	$E9 = E07 + E05$
N190	G24 E60407	$E6 = E04 - E07$
N200	G29 E6 X130	Nhảy có điều kiện: khi $E6 > 0$ và nhảy về câu lệnh N130
N210	G24 E110703	$E11 = E07 - E03$
N220	G23 E90405	$E9 = E04 + E05$
N230	G24 E100411	$E10 = E04 - E11$
N240	G23 E101005	$E10 = E10 + E05$
N250 G01 Z-1 E10		Chạy dao cắt theo hướng -Z đoạn E10
N260 G00 Z1 E9		Lùi nhanh đoạn E9
N270 G90		Về chương trình đo tuyệt đối

Để mũi khoan đi tới vị trí tại đó cần thực hiện lỗ khoan sâu, cần phải có một chương trình gia công có mang lệnh chuyển dịch tới vị trí này.

Ngoài ra trong chương trình này cần phải gán các giá trị mới liên tục cho các tham số.

Chương trình đó như sau:

Câu lệnh	Ý nghĩa
N9001	Tên chương trình
N40 G17 T1 M6	Chọn mặt nội suy XY, đổi dao

N50 G00 X50000 Y80000 Z5000 S86 M3 Chạy nhanh định vị tại X, Y, Z đã chỉ định mã số vòng quay trục chính 86.  
quay phải

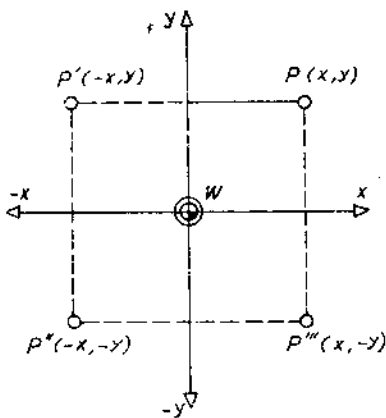
N55 G01 F250 Đổi mạch chạy dao cắt, nội suy thẳng (G01)  
Tốc độ chạy dao  $u = 25 \text{ mm/ph}$   
Gán các giá trị cho tham số:

N60 G21 E1 X75000	$E1 = 75.000$
N70 G21 E2 X50000	$E2 = 50.000$
N80 G21 E3 X25000	$E3 = 25.000$
N90 G21 E4 X180000	$E4 = 180.000$
N100 G21 E5 X5000	$E5 = 5.000$
N110 G22 X9004	Nhảy vào chương trình con 9004.

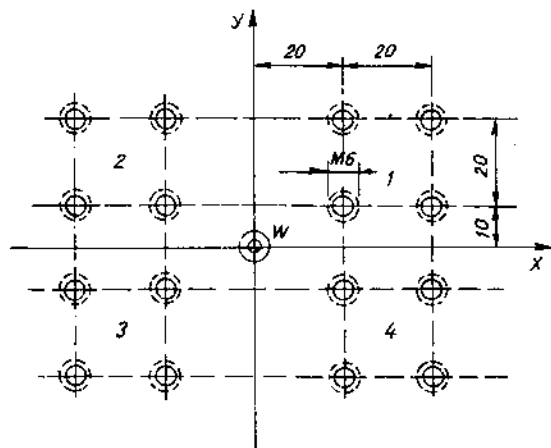
#### 9.4.8. Gia công kết cấu đối xứng kiểu gương ảnh

Chương trình gia công này tạo điều kiện lấy ảnh đối xứng nhờ đổi dấu cho các trục tọa độ (hình 9-45).

Đổi dấu tọa độ X sẽ đưa ra ảnh gương đối xứng qua trục Y; đổi dấu tọa



Hình 9-45. Gương ảnh của một điểm thông qua đổi dấu tọa độ.



Hình 9-46. Gia công gương ảnh trên một lưới các lỗ chuẩn.

độ Y sẽ đưa ra ảnh gương đối xứng qua trục X.

Do việc gia công kết cấu đối xứng kiểu gương ảnh không tiêu chuẩn hóa nên mỗi hãng chế tạo hệ điều khiển lại có một quy tắc lập trình khác nhau.

Hình 9-46 trình bày một ví dụ cho trường hợp gia công đối xứng kiểu gương ảnh.

Chương trình tương ứng trên hệ điều khiển PHILIPS CN 6000 như sau:

Câu lệnh

N9056 T1 M6

Ý nghĩa

Tên chương trình, đổi dao

N1 G81 Y1 Z-3 F200 S5000 M3

Xác định một chu kỳ khoan (khoan tâm)

N2 G79 X20 Y10 Z0

Gọi chu kỳ khoan tâm

N3 G79 X40

N4 G79 Y30

N5 G79 X20

N6 G73 X-1

Theo câu lệnh này sẽ đổi dấu các tọa độ X

N7 G14 N1=2 N2=5

Lập lại các câu lệnh từ N2 đến N5 cho các tọa độ X đã đổi dấu, các lỗ trên góc phần tư thứ hai sẽ được khoan Theo câu lệnh này sẽ đổi dấu các tọa độ Y

N8 G73 Y-1

N9 G14 N1=2 N2=5

Lập lại các câu lệnh từ N2 đến N5 cho các tọa độ Y đã đổi dấu, các lỗ trên góc phần tư thứ ba sẽ được khoan

N10 G73 X1

Ngừng hiệu lực đổi dấu các tọa độ X

N11 G14 N1=2 N2=5

Khoan các lỗ trên góc phần tư thứ tư

N12 G73 Y1

Ngừng hiệu lực đổi dấu các tọa độ Y

N13 G81 Y1 Z-15 F200 S1000

T2 M6

Đổi dao, gọi chu kỳ khoan lỗ mới

N14 N1=2 N2=12

Lập lại các câu lệnh từ N2 đến N12, tất cả các lỗ đều được khoan mới

N15 G84 Y9 Z-10 F390 S560

T3 M6

Đổi dao, gọi chu kỳ tarô ren

N16 G14 N1=2 N2=12

Lập lại các câu lệnh từ N2 đến N12, cắt ren

N17 M30

Kết thúc và trở về đầu chương trình.

## Chương 10

## CÁC VÍ DỤ LẬP TRÌNH

Các ví dụ lập trình sau đây đều được soạn thảo cho hệ điều khiển CNC mà các địa chỉ của chương trình đã được trình bày tổng hợp trong bảng 7 - Phụ lục.

Hệ thống giải số vòng quay trục chính phù hợp với các mã số biểu thị số vòng quay trong bảng 5 - Phụ lục.

## 10.1. VÍ DỤ LẬP TRÌNH 1

**Thanh truyền** - hình 10-1.

## a. Bảng thống kê tọa độ

Điểm:	1	2	3	4	5	6	7
Tọa độ X:	0	0	0	11,943	19,905	-19,905	-11,943
Tọa độ Y:	16	16	0	0/8	0/8	0/8	0/8
Tọa độ Z:	82	0	94	83,165	1,951	1,951	83,165

## b. Chương trình

## Câu lệnh

N9040  
 N10 G18 T1 M6  
 N20 G81 Y1 Z-3 F100 S80 M3  
 N30 G22 X9050  
 N40 T2 M6  
 N50 G81 Y1 Z-20 F190 S76 M3  
 N60 G22 X9050  
 N70 T3 M6  
 N80 G85 Y1 Z-20 F100 S66 M3  
 N90 G22 X9050  
 N100 T4 M6  
 N110 G43 Z94  
  
 N120 G44 X0 Y20 S70 M3

## Ý nghĩa

Tên chương trình  
 Mặt nội suy XZ, đổi dao (khoan tâm)  
 Xác định chu kỳ khoan tâm  
 Nhảy vào chương trình con 9050  
 Đổi dao (khoan)  
 Xác định chu kỳ khoan  
 Nhảy vào chương trình con 9050  
 Đổi dao (doa)  
 Xác định chu kỳ doa  
 Nhảy vào chương trình con 9050  
 Đổi dao (dao phay lần trụ  $\phi 50$ )  
 Dao đi vào tiếp cận (chỉnh lý bán kính dao tính theo giá trị dương)  
 Dao tiếp cận theo hướng Z, bán kính dao trừ vào giá trị cần, điều chỉnh lớp cắt theo Y



N130 G01 Y-0.5 F400 M8	Điều chỉnh theo Y bằng chạy dao công tác. Bơm dung dịch trơn nguội
N140 G42 X Z94	Chạy dao thẳng, dao nằm bên phải chi tiết
N150 G03 X11943 Z83.165 I0 K82	Chạy dao vòng, ngược chiều kim đồng hồ quanh tâm có tọa độ $X = I$ , $Z = K$
N160 G01 X19.905 Z1.951	Chạy dao thẳng
N170 G03 X-19905 Z1951 I0 K0	Chạy dao vòng
N180 G01 X-11.943 Z83.165	Chạy dao thẳng
N190 G03 X11943 Z83.165 I0 K82	Chạy dao vòng
N200 G01 Y8	Chạy thẳng lùi dao theo hướng Y
N210 G03 X-11.943 Z83.165	Chạy dao vòng
N220 G00 X-12.943	Chạy nhanh không cắt
N230 X-20.943 Z1951	
N240 G01 X-19.943	
N250 G03 X20 Z0 I0 K0	Chạy dao vòng phay mặt bích lớn
N260 G01 Z-15	Chạy ra theo phương tiếp tuyến
N270 G00 Y200 M30	Chạy nhanh lùi dao, kết thúc chương trình
N9050	Tên chương trình con
N10 G79 X0 Z0 Y16 M8	Gọi chu kỳ gia công xác định trước đó (trong chương trình chính) tại điểm X, Y, Z. Bơm dung dịch trơn nguội
N20 G79 X0 Z82	Gọi mới chu kỳ công tác, dao sẽ chạy nhanh với khoảng cách an toàn (trong chu kỳ công tác lập trình theo Y) đến vị trí này
N30 Y150	Lùi dao nhanh

## 10.2. VÍ DỤ LẬP TRÌNH 2

### Cam lệch tâm - hình 10-2.

#### a. Bảng thống kê tọa độ

Điểm	1	1/2	2	2/3	3	3/4	4	4/1
Tọa độ X:	19,850	13,850	18,225	0	1,709	2	1,072	0
Tọa độ Z:	2	2	-2,106	15	-9,972	5	19,971	0

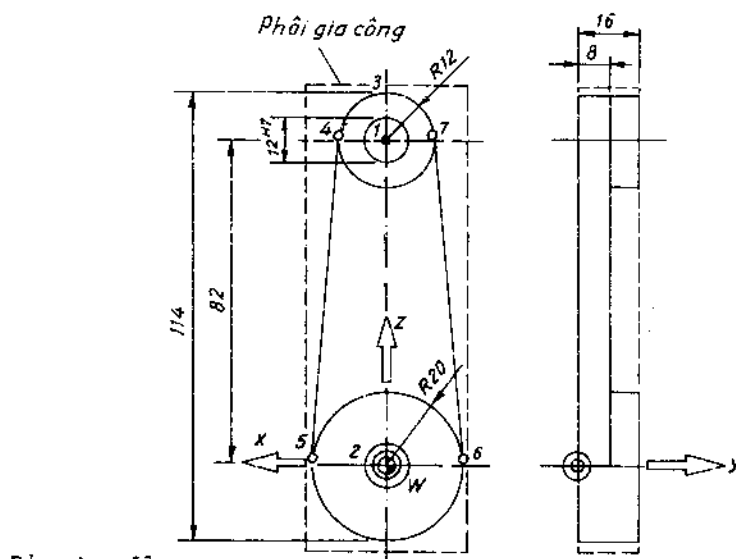
#### b. Chương trình

##### Câu lệnh

N9050  
N10 G18 T1 M67

##### Ý nghĩa

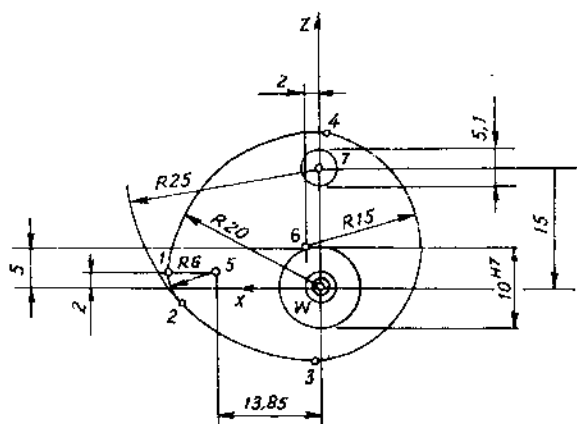
Tên chương trình  
Mặt nội suy XZ, dữ liệu dao từ bộ nhớ về dao 1 gắn với tính toán



Bảng tọa độ

Điểm	X	Z	Y
1	0	82	16
2	0	0	16
3	0	94	0
4	11,943	83,165	0/8
5	19,905	1,951	0/8
6	-19,905	1,951	0/8
7	-11,943	83,165	0/8

Hình 10-1. Ví dụ lập trình bằng tay cho thanh truyền.



Hình 10-2. Ví dụ lập trình bằng tay cho cam lệch tâm.

N20 G43 X19.850 Z20 S72 M3	đường dịch chuyển bán kính dao, không dùng máy để đổi dao (*) Dao vào tiếp cận theo X và Z, bán kính dao ở vị trí cần cộng với lượng chỉnh lý dao, trục chính quay phải, chiều sâu cắt điều chỉnh theo chiều trục dao
N30 Y-1	Dao được chỉnh theo chiều trục
N40 G42 M8	Chỉnh lý đường dịch chuyển bán kính dao, vị trí dao bên phải chi tiết, chuẩn bị bơm dung dịch trơn nguội
N50 G01 Z2 F200	Chạy thẳng với lượng chạy dao công tác, tâm dao chạy theo đường đồng dạng với khoảng cách bán kính dao về phía phải chi tiết (phù hợp với G42 trong câu lệnh N40)
N60 G03 X18.225 Z-2.106 I13.850 K2	Chạy cắt vòng, ngược chiều kim đồng hồ, quay quanh tâm có tọa độ I và K
N70 X1079 Z-9.972 I0 K15	Tiếp tục chạy cắt vòng, quay quanh tâm mới
N80 X1079 Z19.971 I2 K5	
N90 X19.850 Z2 I0 K0	
N100 G01 Z0	Chạy khởi tiếp tuyến
N110 G40	Ngừng chỉnh lý bán kính dao
N120 G00 Y50 M30	Chạy nhanh lùi dao, kết thúc chương trình.

---

(\*) Dùng máy để đổi dao là không cần thiết vì chương trình gia công này chỉ cần đến một dao (dao phay ngón).

### 10.3. VÍ DỤ LẬP TRÌNH 3

#### Thanh truyền thẳng

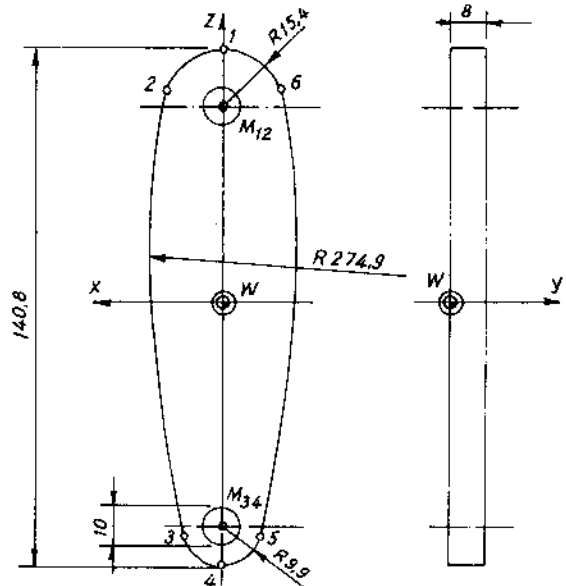
Hình 10-3.

Thanh truyền phẳng trên hình 10-3 cần được gia công theo chu trình con lắc.

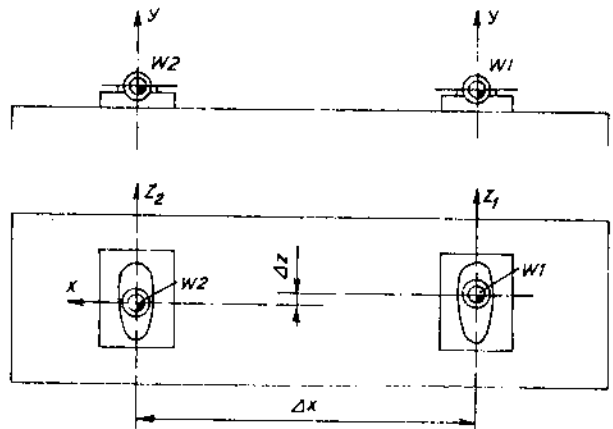
Bố trí gá lắp trên bàn máy xem hình 10-4.

Mặt gá kẹp của đồ gá có chu vi phù hợp với dạng chu vi của chi tiết cần chế tạo nhưng lùi vào 0.5 mm để dao phay có thể cắt tự do.

Biên dạng của chu vi này được gia công với chương trình soạn thảo, trong đó ở bộ nhớ dữ liệu dao, số đo đường kính dao nhỏ hơn 1 mm so với đường kính thật của dao và chiều dài dao cũng ngắn hơn 1 mm so với chiều dài thật của dao. Nhờ đó hệ điều khiển sản sinh một biên dạng nhỏ hơn 0.5 mm và sâu hơn 1 mm so với biên dạng sinh ra với kích thước thật của dao.



Hình 10-3. Ví dụ lập trình bằng tay cho thanh truyền phẳng.



Hình 10-4. Bố trí gá phay chu kỳ con lắc cho chi tiết trên hình 10-3.

#### a. Bảng thống kê tọa độ

Điểm	Tọa độ X	Tọa độ Z
1	0	70,4
1/2	0	54,918
2	15,229	57,703
2/3	255,5	10
3	9,445	-63,271
3/4	0	-60,565
4	0	-70,4

5	-9,445	-63,271
5/6	-255,5	10
6	-15,229	57,703

### ***b. Chương trình chính***

#### *Câu lệnh*

N9060

N10 G18 T01 M67

N20 G00 Y30 S78 M03

N30 G22 X9002

N40 M00

N50 G92 X( $\Delta x$ ) Z( $\Delta z$ )

N60 G22 X9002

N70 G22 X-( $\Delta x$ ) Z-( $\Delta z$ )

N80 M30

#### *Ý nghĩa*

Tên chương trình

Mất nội suy XZ, dữ liệu dao từ bộ nhớ kích thước dao 1 kèm theo chính lý biên dạng bán kính dao

Chiều sâu cắt chính theo Y, đóng mạch số vòng quay và chiều quay trục chính

Nhảy vào chương trình con N9002

Dùng chương trình (điều này là cần thiết để dao không tự động chạy sang đồ gá thứ hai vì ở đó có thể còn đang phải thực hiện việc gá kẹp chi tiết). Chương trình sẽ tiếp tục bởi lệnh cấp bằng tay "khởi động chu kỳ". Chuyển dịch điểm 0 của chi tiết sang đồ gá thứ hai. Câu lệnh này không xảy ra chuyển động cắt.

Nhảy vào chương trình con N9002

Chuyển dịch điểm 0 của chi tiết trở về đồ gá thứ nhất, ( $\Delta x$ ) và ( $\Delta z$ ) là khoảng cách phụ thuộc vào vị trí đặt các đồ gá (hình 10-4).

Kết thúc và quay về đầu chương trình.

### ***c. Chương trình con***

#### *Câu lệnh*

N9002

N10 X0 Z100

N20 Y-0.7

N30 G01

N40 G43 Z70.4 F200 M08

N50 G42

N60 G03 X15,229 Z57,703 I0

K54,918

N70 X9,455 Z-63,271 I-255,5 K10

#### *Ý nghĩa*

Tên chương trình con

Chạy nhanh điều chỉnh tọa độ X, Z

Chạy nhanh điều chỉnh tọa độ Y

Chuyển mạch nội suy thẳng

Cộng lượng chính lý biên dạng bán kính dao phay theo phương song song trục dao. Điều chỉnh bằng chạy dao công tác. Bơm dung dịch trơn nguội

Đóng mạch chính lý biên dạng bán kính dao phay, dao ở bên phải chi tiết.

Chuyển động cắt vòng, quay ngược chiều kim đồng hồ quanh tâm có tọa độ I, K.

Tiếp tục cắt nội suy vòng

N80 X-9.455 Z-63.271 I0 K-60.565  
 N90 X 15.229 Z57.703 I255.5 K10  
 N100 X0 Z70.4 I0 K54.918  
 N110 X7.494 Z70 I0 K0 F300

N120 G00 Y30

Thoát dao khỏi biên dạng gia công  
 theo quỹ đạo cong  
 Lùi dao nhanh

## 10.4. VÍ DỤ LẬP TRÌNH 4

**Vô lăng quay tay - hình 10-5.**

### a. Bảng thống kê tọa độ

Điểm	Tọa độ X	Tọa độ Z	Điểm	Tọa độ X	Tọa độ Z
1	-2.45	-16	11	10.981	9.169
2	-2.45	-14.094	12	12.631	10.122
3	-2.45	-6.4	13	15.081	5.878
3/4	-11.084	-6.4	14	13.431	4.925
4	-6.768	10.78	15	6.768	10.78
5	-13.431	4.925	15/16	11.084	6.4
6	-15.081	5.878	16	2.45	-6.4
7	-12.631	10.122	17	2.45	-14.094
8	-10.981	9.169	18	2.45	-16
9	-4.318	5.322			
9/10	0	12.799			
10	4.318	5.322			

### b. Chương trình

*Câu lệnh*

N9070

N10 G18 S86 M03

N20 T1 M67

N30 Z-16

N40 G44 X-2.45 Y145

N50 G42 Z-14.094 M08

N60 G01 Z-6.4 F50

N70 G02 X-6.768 Z1.078

I-11.084 K-6.4

N80 G01 X-13.431 Z4.925

*Ý nghĩa*

Tên chương trình

Mất nội suy XZ số vòng quay mã  
 S86, trục chính quay phải.

Dữ liệu dao từ bộ nhớ kích thước  
 dao 1 kèm theo chính lý biên dạng  
 bán kính dao.

Dao chạy nhanh vào tiếp cận.

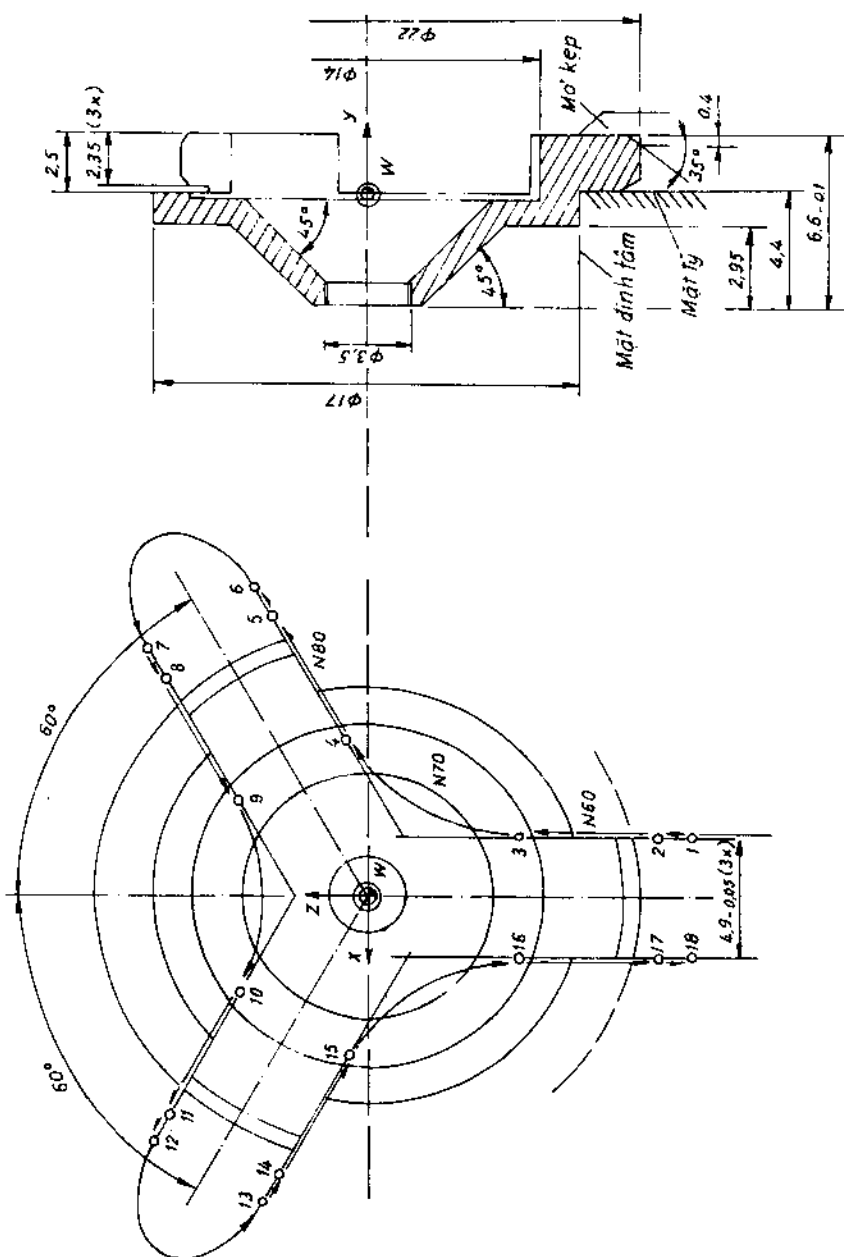
Vị trí đích trên X = Vị trí lập  
 trình - Bán kính dao (G44)

Chuyển động dịch chính dao theo Z,  
 dao ở bên phải đường dịch chuyển  
 (G42). Bơm dung dịch trơn nguội.

Chuyển động cắt theo đường thẳng.

Cắt vòng theo chiều kim đồng hồ.

Cắt thẳng.



Hình 10-5. Lập mô hình tay cầm kẹp nhôm tay máy

N90 G00 Y15 F1500  
N100 X-10.981 Y145 Z9.169  
N110 G01 X-4.318 Z5.322 F50  
N120 G02 X4.318 Z5.322 I0 K12.779  
N130 G01 X10.981 Z9.169  
N140 G00 Y15 F1500  
N150 X13.431 Y145 Z4.925  
N160 G01 Z6.768 Z1.078 F50  
N170 G02 X2.45 Z-6.4 I11084 K-6.4  
N180 G01 X2.45 Z-14.094  
N190 G00 Y100 M30

Chạy nhanh trên ngón kẹp.

Lùi dao nhanh, kết thúc chương trình



## LẬP TRÌNH BẰNG MÁY

### 11.1. ỨNG DỤNG CỦA LẬP TRÌNH BẰNG MÁY

Tính kinh tế của công nghệ gia công trên các máy CNC một phần lớn chịu ảnh hưởng của giá thành lập trình CNC. Giá thành này tương đối lớn khi phải lập trình bằng tay vì những đòi hỏi thời gian rất lớn tại vị trí làm các việc: lập trình, tìm lỗi, tối ưu hóa chương trình.

Mặt khác, phần lớn việc lập trình được tiến hành theo những quy tắc xác định, đến mức có thể chuyển giao công việc khéo léo này cho các máy tính.

Đặc trưng của lập trình bằng máy là việc ứng dụng một ngôn ngữ lập trình định hướng theo nhiệm vụ.

Với sự trợ giúp của những ngôn ngữ lập trình như vậy có thể:

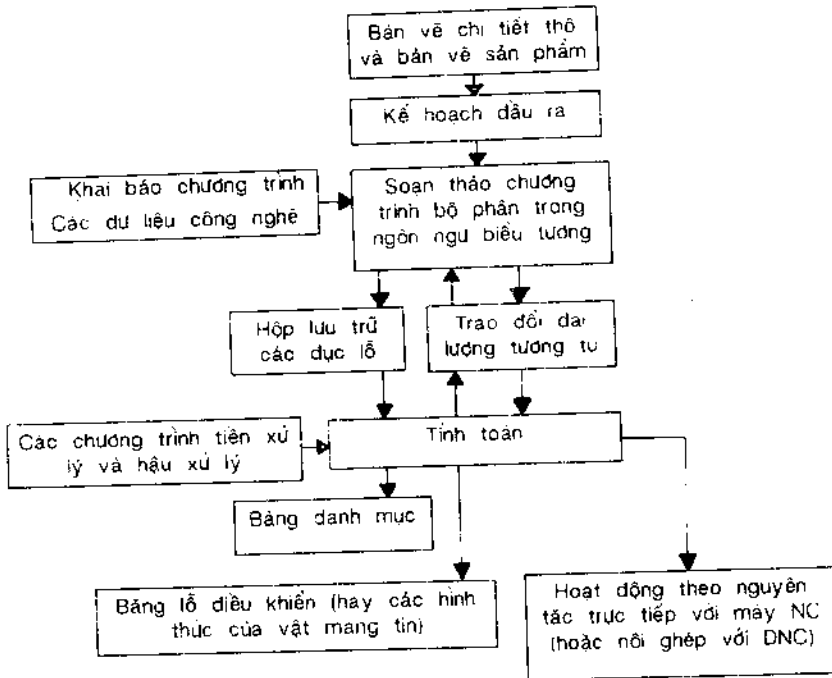
- Xác định những nhiệm vụ gia công tương đối đơn giản và không cần thực hiện các tính toán bằng tay.
- Chỉ cần truy nhập một số ít dữ liệu có thể sản sinh một số lượng lớn các số liệu cho nhiệm vụ gia công.
- Những tính toán cần thực hiện đều do máy tính đảm nhiệm.

Hình 11-1 trình bày dòng thông tin lưu thông trong khi lập trình bằng máy.

Lập trình bằng máy có những ưu điểm sau:

- Dùng một ngôn ngữ biểu trưng tương đối dễ học mà các từ của nó hợp thành bởi những khái niệm phổ biến trong ngôn ngữ chuyên môn của kỹ thuật gia công.
- Tiết kiệm được phần lớn thời gian trong khi mô tả các chi tiết cần gia công và các chu trình công tác cần thực hiện.
- Hạn chế được các lỗi lập trình, vì so với lập trình bằng tay chỉ cần cấp rất ít dữ liệu vào máy tính và hầu như không phải thực hiện các tính toán.

Tỷ lệ giữa số liệu truy nhập vào máy tính và số các dữ liệu đưa ra bởi máy tính vào khoảng 1:100.



Hình 11-1. Dòng thông tin khi lập trình bằng máy.

## 11.2. LẬP TRÌNH BẰNG MÁY TẠI NƠI LẬP TRÌNH ĐỘC LẬP

Sự tiến bộ nhanh chóng của các máy tính vi điện tử cũng như sự phát triển của các terminal grafic (ví dụ màn hình grafic) ngày càng có nhiều công năng và ngày càng rẻ, khiến cho việc lập trình bằng máy trong những năm gần đây được phổ biến rộng rãi tại các vị trí lập trình độc lập sử dụng máy vi tính.

Ưu điểm của các vị trí lập trình độc lập là ở chỗ:

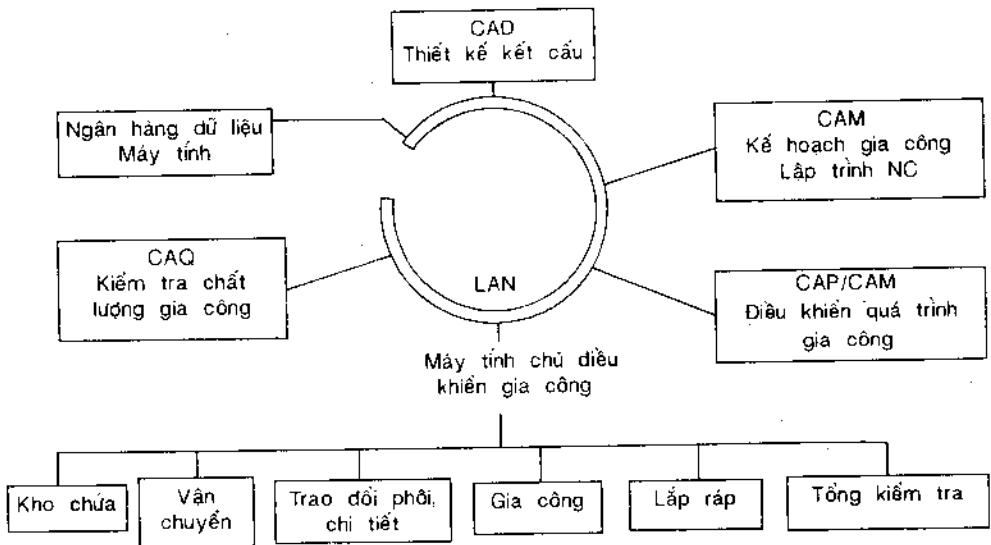
- Ngôn ngữ lập trình thống nhất cho các công nghệ khác nhau, ví dụ như khoan, tiện, phay, dập cắt, gia công điện hóa.
- Đối thoại bằng đồ họa với những hướng dẫn điều khiển, thông qua các soạn thảo (text) trên màn hình, người sử dụng được thông báo những gì cần phải truy nhập. Các kết quả tìm được từ máy tính được hiển thị lập tức trên màn hình.
- Những chương trình tính toán tổng quát như Postprocessor (xem đoạn dưới đây) cho phép các chương trình thích ứng được nhanh chóng với các

hệ điều khiển CNC khác nhau.

- Xử lý số được thực hiện với tốc độ cao. Thời gian chờ, như ở trường hợp hoạt động cần phân chia thời gian khi các hệ máy tính lớn bị quá tải, được loại trừ. Nhờ trang bị nhiều hơn các cụm vi xử lý (microprocessor) và các cụm tính toán số học chuyên dụng (arithmetical processor) cho các bài toán hình học, cho phép rút ngắn được thời gian xử lý.
- Kiểm tra được bằng đồ họa các dịch chuyển theo biên dạng đã tính toán trên màn hình, kể cả việc kiểm tra các trường hợp va chạm.
- Lưu trữ được các chương trình CNC trên đĩa từ, đĩa compact.

Nhờ những giao diện thích hợp (interfaces), các vị trí lập trình CNC độc lập có thể nối với mạng dữ liệu quản lý trong nội bộ xí nghiệp (mạng LAN = Local Area Network). Như vậy các vị trí lập trình CNC độc lập đứng không tách rời trong mạng trao đổi dữ liệu với toàn xí nghiệp (hình 11-2).

Các dữ liệu hình học đưa ra khi thiết kế với trợ giúp của máy vi tính (CAD = Computer Aided Design) có thể chuyển giao liền cho quá trình gia công với trợ giúp của máy vi tính (CAM = Computer Aided Manufacturing).



Hình 11-2. Nối ghép các vị trí làm việc với các máy tính chủ thông qua các mạng cục bộ LAN (Local Area Network).

### 11.3. CÁC CHƯƠNG TRÌNH MÁY TÍNH PROCESSOR VÀ POSTPROCESSOR

Để máy tính có thể hiểu được các chỉ dẫn ghi trong một ngôn ngữ biểu trưng và từ đó có thể tạo ra các chương trình gia công NC, cần phải có hai chương trình tính chuyên dụng đó là Processor và Postprocessor.

*Chương trình PROCESSOR* đảm bảo dịch các chương trình đã viết bằng ngôn ngữ chương trình định hướng theo nhiệm vụ thành một trong các ngôn ngữ máy tính phổ biến (FORTRAN, ALGOL...), tạo điều kiện cho việc tính toán theo các hướng dẫn hình học và công nghệ.

Đặc biệt là nhờ chương trình này, các đường dịch chuyển của dao cụ sẽ được tính toán, các chương trình con sẽ được gọi ra từ bộ nhớ và đưa vào đúng vị trí dự định trong chương trình.

Mỗi một ngôn ngữ lập trình NC (xem mục 11.4.) cần cho chúng một chương trình Processor riêng: APT cần một APT-Processor, EXAPT cần một EXAPT-Processor...

Các dữ liệu được tính toán và tìm ra bởi chương trình xử lý Processor không phụ thuộc vào một máy công cụ NC xác định nào.

Chương trình Processor cho phép máy tính đưa ra các dữ liệu chương trình trong ngôn ngữ CLDATA (Cutter Location Data = Dữ liệu vị trí dao).

Ngôn ngữ này được tiêu chuẩn hóa bởi DIN 66215. Mỗi một chương trình NC-Processor đều phải có khả năng đưa ra các kết quả tính toán trong ngôn ngữ CLDATA.

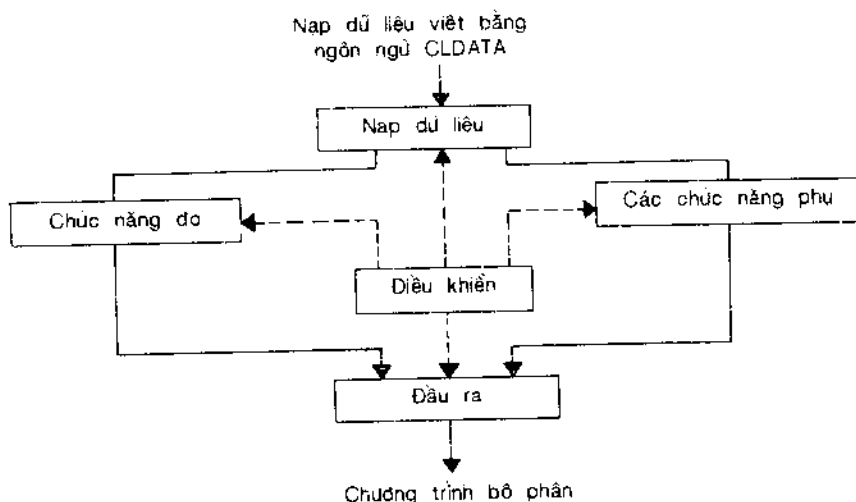
Chương trình Processor thường được viết ra và cung cấp bởi các nhà thiết lập và giám sát các ngôn ngữ lập trình, họ có những quan hệ hợp tác thường xuyên với các nhà chế tạo máy tính.

*Chương trình POSTPROCESSOR*, còn gọi là chương trình hậu xử lý, làm tương thích các văn bản chương trình viết trong ngôn ngữ CLDATA với các thông số của một máy công cụ NC xác định.

Mỗi một máy công cụ NC cần cho nó một chương trình POSTPROCESSOR riêng biệt.

Chương trình Postprocessor tạo điều kiện thiết lập lại chương trình ở dạng mà hệ điều khiển của máy đòi hỏi, với các chú ý tôn trọng tiêu chuẩn DIN 66025 về cấu trúc chương trình điều khiển cho các máy công tác điều khiển theo chương trình số.

Chương trình Postprocessor cũng kiểm tra xem liệu các dao cụ mô tả bằng ngôn ngữ CLDATA có nằm trong phạm vi không gian làm việc của máy công cụ hay không. Nó cũng xếp đặt các giá trị như số vòng quay trục chính và lượng chạy dao - được tính toán bởi chương trình Processor - sao cho tương thích với các mã số mà hệ điều khiển máy đòi hỏi.



**Hình 11-3.** Các cụm cơ bản của chương trình Postprocessor

Hình 11-3 trình bày sơ đồ cấu trúc của Postprocessor, nó được giải thích như sau:

#### ***Nạp dữ liệu***

Phần này của chương trình Postprocessor hàm chứa các dữ liệu tìm ra trong ngôn ngữ CLDATA về đường dịch chuyển dao và các dữ liệu công nghệ.

Các dữ liệu nạp vào này sẽ được kiểm tra về khả năng xử lý được và chuyển giao tiếp tục cho các xử lý ở giai đoạn sau đó của chương trình Postprocessor

#### ***Đo lường***

Phần hình học của chương trình Postprocessor sẽ chuyển đổi các dữ liệu đưa ra bởi chương trình Processor thành các số liệu đo trong hệ tọa độ của máy công cụ NC xác định nào đó. Qua đó sẽ kiểm tra xem liệu giới hạn của phạm vi công tác trên máy này có được đảm bảo không.

Ngoài ra, các giá trị lượng chạy dao trên những vị trí biên dạng không liên tục, được thiết lập bởi người lập trình, sẽ được hạn chế lại sao cho đường biên dạng có thể được sản sinh trong một phạm vi sai lệch xác định trước.

#### *Các chức năng hỗ trợ*

Ở đoạn xử lý này sẽ đặt vào chương trình gia công các cốt mã số cho lượng chạy dao, số vòng quay trục chính, chiều quay, bơm dung dịch trơn nguội và các chức năng khác tương ứng với các chức năng máy yêu cầu.

#### *Đầu ra*

Đầu ra là đoạn cuối cùng của phương trình Postprocessor, các thông tin đã qua những đoạn xử lý trước đó sẽ tập hợp lại thành các chương trình gia công hoàn chỉnh và được lưu trữ lại.

### **11.4. CÁC NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH**

Các ngôn ngữ lập trình NC là những ngôn ngữ nhân tạo định hướng theo nhiệm vụ, so với những ngôn ngữ điều khiển máy, chúng có những ưu điểm như sau:

- Cho phép xác định các bài toán một cách đơn giản mà không cần đến tính toán.
- Ngôn ngữ sử dụng các từ và ký tự biểu trưng dễ học, dễ nhớ. Do các từ thường được lấy ra từ gốc tiếng Anh mà ngôn ngữ lập trình NC được phổ biến và thông hiểu trên phạm vi quốc tế.
- Với ít dữ liệu đầu vào có thể sản sinh được nhiều dữ liệu đầu ra.
- Các tính toán cần thiết sẽ do máy tính thực hiện.

Cơ sở để thiết lập một chương trình gia công NC với sự hỗ trợ của ngôn ngữ lập trình đòi hỏi:

- Có một ngôn ngữ lập trình thích hợp để mô tả nhiệm vụ;
- Sử dụng một máy tính đủ dung lượng;
- Có phần mềm NC cho ngôn ngữ lập trình và cho máy công cụ NC (các chương trình Processor và Postprocessor)

Hiện nay có rất nhiều ngôn ngữ lập trình NC. Phạm vi sử dụng các ngôn ngữ này trải trên một diện rộng, từ những ngôn ngữ chuyên dụng chỉ dùng để mô tả các nhiệm vụ gia công đặc biệt trên các máy NC chuyên dụng, đến những ngôn ngữ vạn năng có thể dùng cho nhiều công nghệ gia công trên

nhiều máy NC khác nhau.

Dưới đây mô tả tóm tắt một vài ngôn ngữ lập trình NC. Sự lựa chọn này không đầy đủ và không đánh giá được nhiều về chất lượng của các ngôn ngữ lập trình

### **Công cụ lập trình tự động APT (Automatically Programmed Tools)**

Ngôn ngữ lập trình này được phát triển từ Mỹ và hiện tại là ngôn ngữ lập trình NC hoàn chỉnh và được phổ biến rộng rãi nhất.

APT cho phép thiết lập phần tạo hình của các gia công dùng tới 5 trục chuyển động điều khiển đồng thời. Cho đến nay ngôn ngữ này bao gồm trên 3000 từ.

Do ngôn ngữ này rất tiện dụng cho nhiều chương trình gia công đơn giản, đã có nhiều ngôn ngữ khác được suy diễn từ nó như một tập con của APT.

### **EXAPT (Extended Subset of APT = tập mở rộng của APT)**

Trong khi APT chỉ cho phép thiết lập phần tạo hình gia công thì EXAPT với tư cách là tập con mở rộng của APT còn tạo điều kiện mô tả cả công nghệ gia công.

Trong một mức phát triển thích hợp, EXAPT còn có thể thực hiện được từ máy tính việc chọn dao, xác định các thông số gia công (tốc độ cắt, lượng chạy dao).

EXAPT được thiết lập bởi các trường Đại học Kỹ thuật Aachen, trường Đại học Tổng hợp Berlin và Đại học Tổng hợp Stuttgart, ngày nay trở thành hiệp hội EXAPT do Aachen kiểm soát. EXAPT có ba version :

EXAPT 1: Lập trình cho điều khiển điểm và đường;

EXAPT 2: Lập trình cho điều khiển phi tuyến trên máy tiện;

EXAPT 3: Lập trình cho điều khiển phi tuyến  $2^{1/2}$  - D

Ba phần ngôn ngữ này có thể nối ghép với nhau được.

### **MINIAPT (Tập con thu gọn của APT)**

MINIAPT là ngôn ngữ lập trình do nhà chế tạo phần mềm Horn thiết lập, dùng cho nhiệm vụ điều khiển điểm, đường và điều khiển phi tuyến với một vốn từ vựng thu gọn là 200 từ.

### **TELEAPT**

TELEAPT là ngôn ngữ do IBM phát triển, nó có khả năng đối thoại và

dùng cho các dạng điều khiển điểm, đường và điều khiển phi tuyến  $2^{1/2}$ -D. Ngôn ngữ này thuộc họ ngôn ngữ APT, nó cho phép thông qua mạng điện thoại để chuyển vào một máy tính xử lý.

### **COMPACT II**

COMPACT II là ngôn ngữ lập trình vạn năng dùng cho các nhiệm vụ điều khiển điểm, đường và điều khiển phi tuyến do MDSI (Manufacturing Data Systems Institute), Viện nghiên cứu hệ thống dữ liệu gia công USA phát triển.

Ngôn ngữ này có thể dùng được hệ thống điện thoại và chế độ hoạt động nhiều đối tác trên nhiều Terminal (Time Sharing System) và do đó được phổ biến rộng rãi trên thế giới.

### **ELAN**

ELAN là ngôn ngữ lập trình của Pháp dành cho các nhiệm vụ gia công dùng từ 2 đến 4 trục điều khiển số. Ngôn ngữ này gắn liền với các máy tính để bàn của hãng Hewlett - Packard.

### **AUTOPROGRAMER**

AUTOPROGRAMER là ngôn ngữ lập trình cho các công việc gia công tiện. Nó cũng có mức phát triển cho công nghệ khoan và phay. Ngôn ngữ này do hãng chế tạo máy tiện Boehringer phát triển, chạy trên các máy tính nhỏ và trung bình.

### **MITURN**

MITURN là ngôn ngữ lập trình do Hà Lan phát triển, dành cho công nghệ tiện. MITURN cũng cho phép tìm ra bằng tính toán các dữ liệu công nghệ gia công và chế độ cắt gọt.

## **11.5. TIÊU CHUẨN LỰA CHỌN CHO CÁC NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH NC**

### **11.5.1. Các khả năng gia công có thể mô tả được**

Các ngôn ngữ lập trình chuyên dụng, còn gọi là ngôn ngữ mục đích, thường được các nhà chế tạo máy công cụ phát triển để lập trình cho một dạng máy công cụ chuyên dụng do họ chế tạo.

Các lệnh Macro chuyên dụng của một ngôn ngữ như thế cho phép lập trình đơn giản hơn trong lĩnh vực các công nghệ gia công chuyên dụng.

Tuy nhiên, chúng có nhược điểm là buộc phải sử dụng những ngôn ngữ.



lập trình hỗ trợ khi đưa vào những công nghệ gia công điều khiển số khác, hoặc là buộc phải đưa vào một ngôn ngữ lập trình vạn năng hơn.

### 11.5.2. Nhà phát triển ngôn ngữ lập trình

Mối liên hệ giữa một ngôn ngữ lập trình với một nhà chế tạo máy công cụ có lợi thế là toàn bộ các cấu tử của hệ thống điều khiển NC chung, cả phần cứng (hardware) cũng như phần mềm (software), được làm ra từ một cơ sở và do đó không gặp phải các vấn đề về giao diện (interface).

Tuy nhiên, có thể gặp phải khó khăn lớn khi cần làm chương trình cho các máy công cụ của một hãng chế tạo khác mà trên các máy này không cài đặt chương trình Postprocessor trong ngôn ngữ chuyên dụng.

### 11.5.3. Nhu cầu về dung lượng của máy tính

Giá thành một bộ máy tính cần thiết cho lập trình bằng máy là một chỉ tiêu quan trọng để lựa chọn một hệ thống ngôn ngữ lập trình.

Với các ngôn ngữ lập trình đơn giản, thường chỉ cần đến dung lượng của một máy tính để bàn là đủ. Nhưng công năng của các công cụ này trong những năm gần đây đã được tăng lên đến mức có thể thay thế một cách thực sự cho các hệ máy tính lớn, dùng cho nhiều nhiệm vụ gia công tạo hình phức hợp.

Một ưu điểm quan trọng của các hệ máy tính nhỏ là ở chỗ, giá thành phần cứng tương đối thấp, hệ thống có thể chỉ trang bị duy nhất cho việc lập trình NC.

Dung lượng giới hạn của bộ nhớ thực ra có hạn chế khả năng lập trình trên hệ máy tính nhỏ, thường chung chỉ làm được chương trình cho các chi tiết đơn giản.

Việc tính toán lựa chọn bằng máy các dữ liệu công nghệ hay việc chọn dao cần đến các máy tính có dung lượng nhớ lớn hơn nhiều.

### 11.5.4. Dạng xử lý chương trình trong máy tính

Việc chạy các chương trình Processor và Postprocessor (cần thiết cho lập trình bằng máy) có thể tiến hành trong các quan hệ thời gian khác nhau giữa quá trình lập trình và quá trình xử lý tính toán. Trong vận hành tính toán người ta phân biệt các khả năng sau đây:

- Real Time Processing: Máy tính chỉ dành cho một người sử dụng, các dữ liệu truy nhập lập tức được xử lý.

- **Time Sharing System:** Thiết bị tính toán dành cho nhiều người sử dụng đồng thời với các trạm cấp dữ liệu riêng biệt Terminals theo nguyên tắc vận hành trực tiếp. Máy tính đóng mạch cho mỗi người sử dụng trong một thời gian ngắn.  
Việc kéo dài thời gian tính cho người sử dụng như trong nguyên tắc vận hành Real Time thường không được phép.
- **Batch Processing (xử lý tập):** Quá trình tổng hợp của chương trình trước hết được tập hợp trên một vật mang tin (băng từ, đĩa từ, đĩa compact) rồi được đưa vào máy tính ở thời điểm chậm sau và được xử lý ở đó.

Các nguyên tắc vận hành Real Time và Time Sharing tạo điều kiện lập trình năng động trong đối thoại với máy tính. Máy tính có thể kiểm tra tính đúng đắn và tính hoàn thiện ngay lập tức sau mỗi lần người lập trình cấp dữ liệu. Các lỗi lập trình do đó được phát hiện ngay khi truy nhập dữ liệu.

Ngược lại, vận hành theo nguyên tắc Batch Processing có ưu điểm là vận hành máy tính có thể thực hiện được ngoài thời gian làm việc, chẳng hạn trong buổi đêm hoặc là vào cuối tuần, làm cho giá thành giờ máy tính rẻ hơn.

#### 11.5.5. Địa điểm đặt máy tính

*Máy tính trực tiếp với người sử dụng*

Ưu điểm là người sử dụng có riêng một máy tính cho mình làm việc. Mặt khác người sử dụng có thể đảm nhiệm luôn việc thiết lập, bảo hành và phát triển tiếp phần mềm, các chương trình xử lý (Processor) và hậu xử lý (Postprocessor). Vấn đề có thể xảy ra khi sử dụng máy tính riêng lẻ là nếu máy này bị sự cố mà không có máy khác dự phòng.

*Máy tính đặt trong trung tâm dịch vụ tính toán*

Giá thành giờ máy chỉ tính cho thời gian sử dụng máy tính thực sự. Người sử dụng không làm các công việc thiết lập, bảo dưỡng. Điểm quan trọng ở đây là khả năng sử dụng máy tính, trong những trường hợp cấp bách có thể tiến hành lập trình ngoài thời gian làm việc thông thường.

Quyết định lựa chọn có mục đích khi tìm kiếm một hệ thống-lập trình phù hợp sẽ dễ dàng hơn nhờ các chỉ dẫn của VDI 2813 về "đánh giá các hệ thống lập trình NC". Các chỉ dẫn này bao hàm các chỉ tiêu đánh giá, so sánh những đặc tính khác nhau của các hệ thống lập trình đưa ra nghiên cứu.

## 11.6. MÔ TẢ MỘT NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH NC QUA VÍ DỤ ỨNG DỤNG EXAPT1

### 11.6.1. Cấu trúc chuẩn của chương trình gia công

Trên hình 11-4 trình bày quá trình xử lý tính toán của chương trình EXAPT.

EXAPT1 thuộc họ ngôn ngữ APT. Những dẫn giải sau đây về cơ bản cũng là những điểm chung cho một số ngôn ngữ khác thuộc họ này.

Một chương trình gia công bao gồm một trình tự các chỉ thị hướng dẫn (statements). Những chỉ thị này được thiết lập theo các quy tắc cấu trúc ngôn ngữ từ các yếu tố của ngôn ngữ.

*Các ký tự cấu thành các yếu tố ngôn ngữ bao gồm:*

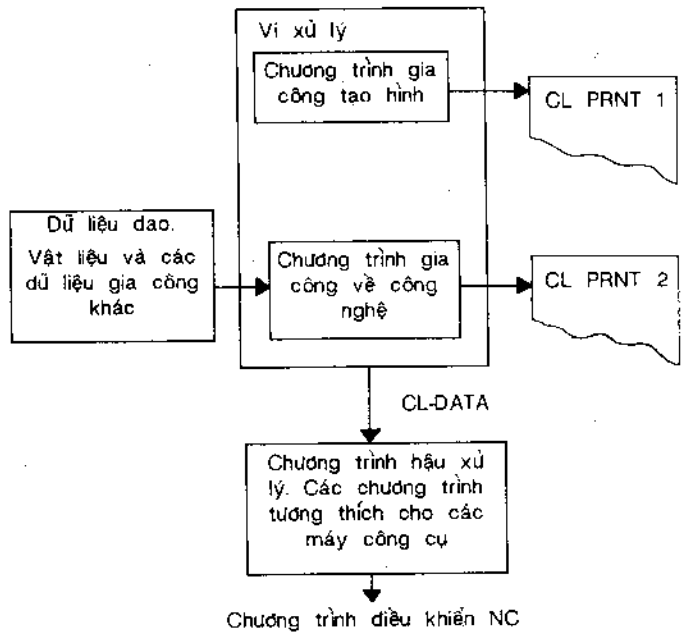
- 26 chữ cái lớn từ A đến Z;
- 10 chữ số từ 0 đến 9;
- Các ký tự đặc biệt như:.,/ + () = và các ký tự khác.

*Các yếu tố ngôn ngữ bao gồm:*

- Từ;
- Con số;
- Yếu tố cú pháp;
- Xâu (chuỗi) ký tự.

Các từ cho phép thiết lập tối đa từ 6 ký tự, trong đó ký tự đầu tiên phải là một chữ cái. Ví dụ: CIRCLE, TAP, P1.

Các từ có thể là từ ngữ có một ý nghĩa nhất định, cũng có thể là một biểu trưng (symbole). Tập hợp các từ ngữ hình thành vốn từ vựng của ngôn



Hình 11-4. Quá trình xử lý tính toán của chương trình EXAPT.

ngữ chương trình.

Các biểu trưng là những tên lựa chọn tự do cho một động thái nhất định, không được phép đặt trùng lặp với từ ngữ của vốn từ EXAPT.

Các con số cấu thành từ các chữ số và dấu đặt trước nó. Khi viết ra chỉ cần có dấu (-) cho các số âm, các số dương không cần có dấu (+) đứng trước.

Các phân số thập phân được viết ở dạng con số có dấu chấm phân biệt phần lẻ thập phân. Các số 0 đứng trước dấu chấm phân biệt phần lẻ thập phân có thể bỏ qua, ví dụ: -3 viết cho âm 3; 5.8 viết cho 5 phẩy 8 hay là 5 và 8 phần 10; .318 viết cho 0 phẩy 318 hay là 318 phần 1000.

Các yếu tố cú pháp là những ký tự đặc biệt nhằm để tách các từ ngữ hoặc các con số với nhau.

Xâu ký tự được hiểu là các loạt ký tự đưa vào chương trình như một văn bản soạn thảo, nó không có ảnh hưởng đến việc xử lý chương trình.

#### *Các khai báo chương trình*

Các khai báo chương trình bao gồm một phần chính và một phần phụ được tách rời nhau bởi một gạch chéo (/). Ví dụ:

PART/MATERL,6

Phần chính của khai báo này là PART (chi tiết gia công);

Phần phụ là MATERL (vật liệu). Phần phụ là yếu tố có thể biến đổi (modifier) gọi tắt là "Biến";

6 trong ví dụ trên là một phần phụ biến đổi khác nữa của khai báo.

Các từ PART và MATERL là từ vựng của EXAPT, chúng có một ý nghĩa nhất định.

Các khai báo có thể xuất hiện với tư cách là:

*Khai báo định nghĩa:* Ở bên trái phần chính của khai báo này thường có một tên biểu trưng liên hệ với phần chính bởi dấu =. Ví dụ:

MUSTR1 = PATTERN LINEAR, P1, P2, 3

ở đây MUSTR1 là một tên biểu trưng lựa chọn tự do.

PATTERN là từ vựng của EXAPT có nghĩa là một lưới điểm mẫu. Lưới điểm mẫu này được mô tả chi tiết hơn bởi các biến trong phần phụ: LINEAR nói lên lưới điểm này nằm trên một đường thẳng. P1, P2, 3 có nghĩa là các điểm trên lưới bắt đầu từ điểm P1 kéo đến điểm P2 và tổng cộng có 3 điểm.

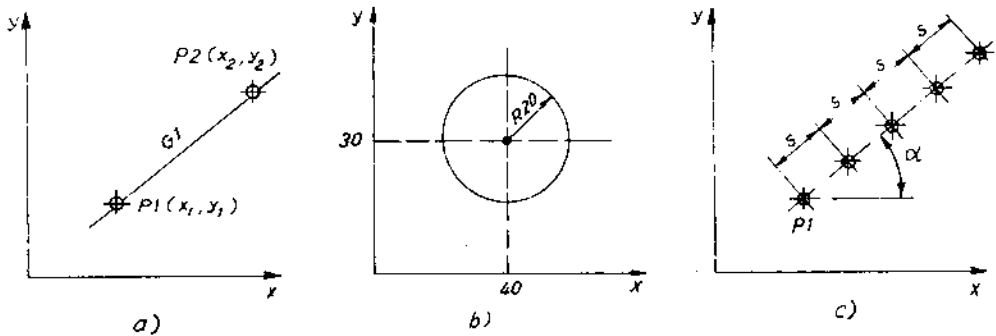
P1 và P2 cũng là các tên biểu trưng, chúng phải được xác định trước trong các khai báo định nghĩa.

*Khai báo thực hiện:* Đưa ra các điều kiện công nghệ và quy trình làm việc.

*Khai báo kỹ thuật chương trình:* Điều khiển các xử lý chương trình trong máy tính.

Chương trình có thể được viết không có khuôn cứng, các khai báo không cần viết dưới dạng bảng biểu, nhưng cần được truy nhập theo một trình tự xác định.

Hình 11-5 tập hợp một loạt các khai báo xác định về hình học tạo hình.



**Hình 11-5.** Lựa chọn các khai báo xác định về hình học của ngôn ngữ lập trình EXAPT 1.

a. Định nghĩa đường thẳng: G1 = LINE/x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>.

b. Định nghĩa đường tròn: C = CIRCLE/30, 40, 20.

c. Định nghĩa lưới điểm: MSTR = PATTERN/LINE, P1 ATANGL, α, INCR, SATZ.

Trong EXAPT1, các phương pháp công nghệ có thể thực hiện được là:

CDRILL	Khoan tâm
DRILL	Khoan
REAM	Doa
SISINK	Khoét bằng dao xoắn ruột gà
SINK	Khoét
COSINK	Khoét mũi nhọn
TAP	Cắt ren
BERE	Tiện rộng
MILL	Phay

Một khả năng lập trình dễ dàng đặc biệt được đưa ra nhờ việc lập trình

cho các chu kỳ công tác. Trong một chu kỳ công tác chỉ cần đưa vào chương trình trạng thái cuối của nguyên công gia công.

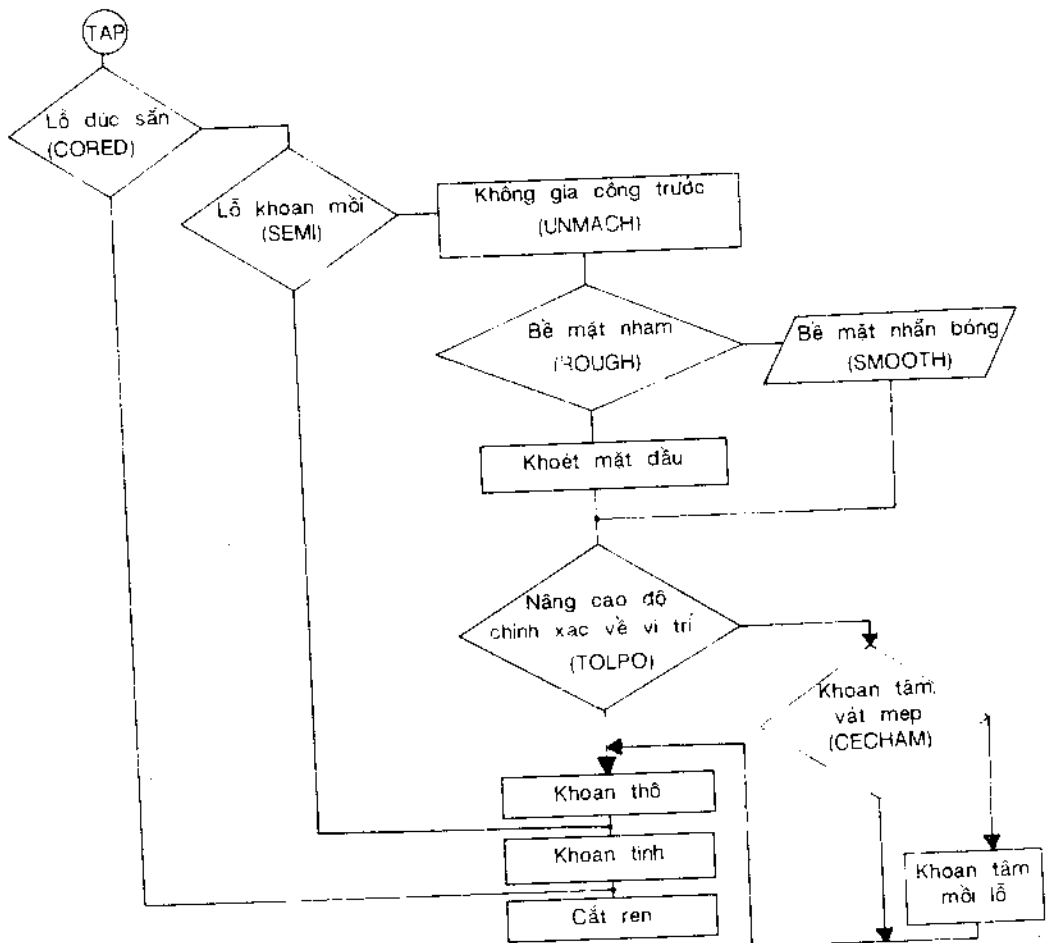
Những điều kiện khác như chuẩn bị gia công, gá lắp dao cụ và chế độ cắt gọt sẽ do máy tính xác định.

Trên hình 11-6 đưa ra ví dụ về một chu kỳ công tác "cắt ren" thể hiện bằng sơ đồ thuật toán.

Khai báo cho chu kỳ công tác này như sau:

Symbol = TAP / DIAMET,d, DEPTH,t, TAT,1

Các biến (modicator): DIAMET,d      đường kính cắt ren là d



Hình 11-6. Chu kỳ công tác cắt ren (TAP) bằng ngôn ngữ EXAPT

DEPTH,t  
TAT,1

chiều sâu cắt ren t  
dạng ren, ở đây là ren hệ mét.

Khai báo này cũng bao gồm cả tác dụng với các nguyên công đi kèm như khoan tâm, khoan, khoét và sau đó là cắt ren.

#### 11.6.2. Ví dụ cho một chương trình gia công thiết lập trong EXAPT1

Hình 11-7 là bản vẽ chi tiết tấm phẳng, trên đó các công đoạn khoan, cắt ren được lập trình trong EXAPT1 như sau:

```

1 PARTNO/PLATTE
2 MACHIN/CNCB1
3 TRANS/150, 250, 250
4 ZSURF/25
5 P1=POINT/0,0
6 PAT1= PATERN/LINEAR,P1,ATANGL,90,INCR,6,AT,30
7 PAT2= PATERN/LINEAR,P1,ATANGL,0,INCR,6,AT,40
8 ZSURF/30
9 P2=POINT/100,120 .
10 P3=POINT/P2,DELTA,100,60
11 C1= CIRCL/CENTER,P2,RADIUS,40
12 PAT3=PATERN/ARC,C1,90,CCLW,4
13 PART/MATERL,2
14 DR1= DRILL,SO,DIAMET,10,DEPTH,16
15 TP=TAP/DIAMET,10,DEPTH,16,BLIND,1,TAT,1
16 SN=SINK/SO,DIAMET,40,DEPTH,10,TOOL,123
17 RM=REAM/DIAMET,30,DEPTH,32,ISOTOL,H7
18 CLLIST/1
19 WORK/DR1
20 GOTO/PAT1
21 GOTO/PAT2
22 WORK/TP
23 GOTO/PAT3
24 WORK/RM,SN

```

25 GOTO/P3

26 FINI

*Ghi chú:*

Số thứ tự của các khai báo không phải là một phần của chương trình EXAPT. ở đây chỉ dùng để dễ dàng phân biệt các giải thích cho từng dòng khai báo.

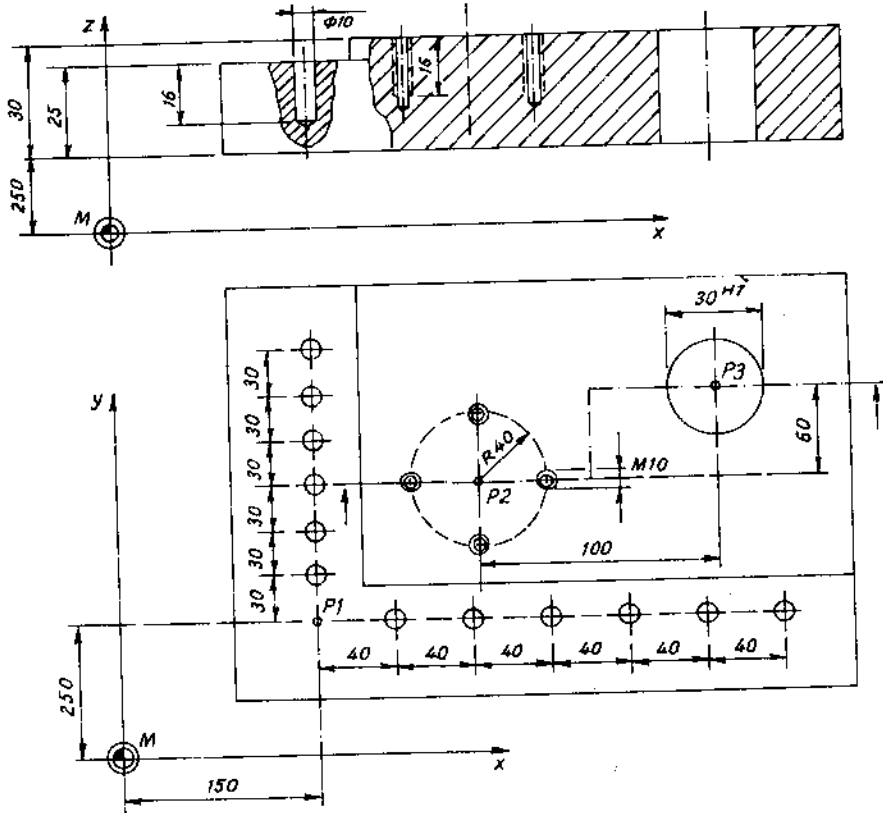
*Giải thích nội dung chương trình:*

Khai báo 1: Ký hiệu của chương trình. Ký hiệu này dùng chung cho mọi diễn giải trong chương trình. Biến "PLATTE" chọn tự do. Ký hiệu chương trình cho phép dùng tối đa 65 ký tự

Khai báo 2: Gọi chương trình Postprocessor

Khai báo 3: Đặt hệ tọa độ chi tiết vào hệ tọa độ máy. Kích thước này phải chú ý đến việc gá kẹp chi tiết trên máy

Khai báo 4: Xác định một bề mặt song song mặt XY với khoảng cách 25 mm



Hình 11-7. Ví dụ gia công lập trình bằng EXAPT.



Khai báo 5: Định nghĩa lưới điểm với tên biểu trưng P1, đưa vào các tọa độ X và Y

Khai báo 6: Định nghĩa lưới điểm tuyến tính có tên chọn là PAT1.

Lưới điểm này nằm trên đường thẳng tạo với trục X một góc là  $90^\circ$ . Bắt đầu từ điểm P1, có 6 điểm cách đều nhau 30 mm (INCR).

Khai báo 7: Như khai báo 6 định nghĩa một lưới điểm tuyến tính.

Khai báo 8: Xác định một bề mặt song song XY với khoảng cách 30 mm (như khai báo 4)

Khai báo 9: Định nghĩa điểm với tên biểu trưng P2 các tọa độ  $X = 100$ ,  $Y = 120$

Khai báo 10: Định nghĩa điểm có tên P3. Điểm này được xác định bởi số đo theo phép đo gia số kể từ điểm P2.

Khai báo 11: Định nghĩa vòng tròn có tên C1 qua tâm P2 và bán kính của nó

Khai báo 12: Định nghĩa một lưới điểm nằm trên vòng tròn (ARC, C1), góc khởi xuất là  $90^\circ$  so với chiều dương của trục X. Lưới điểm được chạy qua lần lượt theo chiều ngược kim đồng hồ (CCLW = Counter Clock Wise), gồm 4 điểm.

Khai báo 13: Thông báo cho máy tính dạng vật liệu gia công để máy tính có thể gọi từ bộ nhớ các dữ liệu công nghệ các chế độ cắt thích hợp cho từng nguyên công gia công.

Khai báo 14: Định nghĩa nguyên công khoan như một công đoạn riêng lẻ (SO = Single Operation) với đường kính khoan 10 mm, chiều sâu khoan là 26 mm. Dao gia công không cần khai báo, máy tính sẽ chọn được nó từ bộ nhớ về dữ liệu dao.

Khai báo 15: Định nghĩa chu kỳ công tác cắt ren. Chỉ cần khai báo gia công lần cuối. Các nguyên công kéo theo như khoan khoét, chọn dao và chế độ cắt đều do máy tính xác định. Biến BLIND,1 nói lên lỗ khoan tịt có dạng đáy bất kỳ; biến TAT,1 nêu rõ dạng ren là ren tiêu chuẩn hệ mét.

Khai báo 16: Định nghĩa nguyên công khoét như một công đoạn riêng lẻ. Dao cụ cũng có thể được lựa chọn bởi người lập trình, như trường hợp ở đây đã viết (TOOL123).

Khai báo 17: Định nghĩa chu kỳ doa. Biến ISOTOL, H7 khai báo giới hạn dung sai đường kính lỗ và từ đó cho phép lựa chọn chế độ chạy dao hạn chế thích hợp.

Khai báo 18: Dữ liệu về khoảng cách an toàn khi dịch chuyển dao.

Khai báo 19: Gọi nguyên công gia công. Trên các vị trí đã nêu trong các khai báo gia công sau đó, công đoạn DR1 (xem khai báo 14) sẽ được thực hiện. Khai báo nguyên công gia công sẽ có hiệu lực cho đến khi nó bị xóa bởi một khai báo nguyên công gia công khác hoặc bởi khai báo WOPK/NOMORE.

Khai báo 20: Khai báo dịch chuyển này chỉ rõ vị trí, tại đó nguyên công gia công đã gọi trước đó (DR1) cần được thực hiện.

Khai báo 21: như khai báo 20 (đã giải thích)

Khai báo 22: như khai báo 19 (đã giải thích)

Khai báo 23: như các khai báo 20, 21 (đã giải thích)

Khai báo 24: Trong khai báo này, hai nguyên công gia công đã định nghĩa trước đây đồng thời được gọi ra. Các nguyên công này sẽ được thực hiện trên các vị trí kế tiếp nhau theo thứ tự đã khai báo.

Khai báo 25: như các khai báo 20, 21, 23 (đã giải thích)

Khai báo 26: FINI thông báo cho máy tính kết thúc chương trình và tạo điều kiện bắt đầu xử lý chương trình trong máy tính.

## Phần thứ năm

# MỘT SỐ CHUYÊN ĐỀ NÂNG CAO VÀ PHỤ LỤC

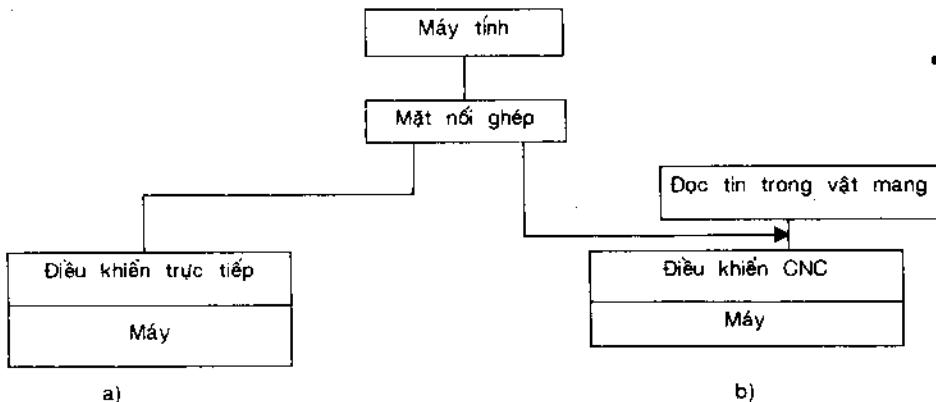
## ĐIỀU KHIỂN SỐ TRỰC TIẾP TRUYỀN DỮ LIỆU TỪ MÁY TÍNH CHỦ DNC VÀ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI AC, HỆ THỐNG GIA CÔNG LINH HOẠT FMS

### 1. ĐIỀU KHIỂN DNC (DIRECT NUMERICAL CONTROL)

DNC là một hệ thống điều khiển trong đó dùng máy tính số (Digital Computer) điều hành trực tiếp nhiều máy công tác điều khiển theo chương trình số.

Có thể nhận xét ngay rằng, nguyên tắc điều khiển DNC thực ra không có tương lai phát triển nữa. Thực tế của giai đoạn nghiên cứu nó đã cho thấy, chỉ cần một sự cố của máy tính trung tâm là toàn bộ các máy công tác đi theo đều bị vô hiệu hóa mặc dù bản thân từng máy không có hỏng hóc gì.

Những dẫn giải sau đây chỉ có giá trị như các thông tin về một thể hệ



Hình V-1. Hệ thống DNC: Các nguyên lý cấu trúc khác nhau.

- Hoạt động hoàn toàn phụ thuộc vào máy tính chủ
- Hoạt động theo nguyên tắc BTR (đọc sau khi bấm nút), hệ thống cũng có thể hoạt động phụ thuộc máy tính.

thiết bị điều khiển đã đi qua mà thôi.

Đặc tính cơ bản của hệ DNC là sự nối ghép trực tiếp (Online) các máy CNC với một máy tính số.

Hệ DNC có thể có cấu trúc trao đổi thông tin theo hai phương án (hình V-1).

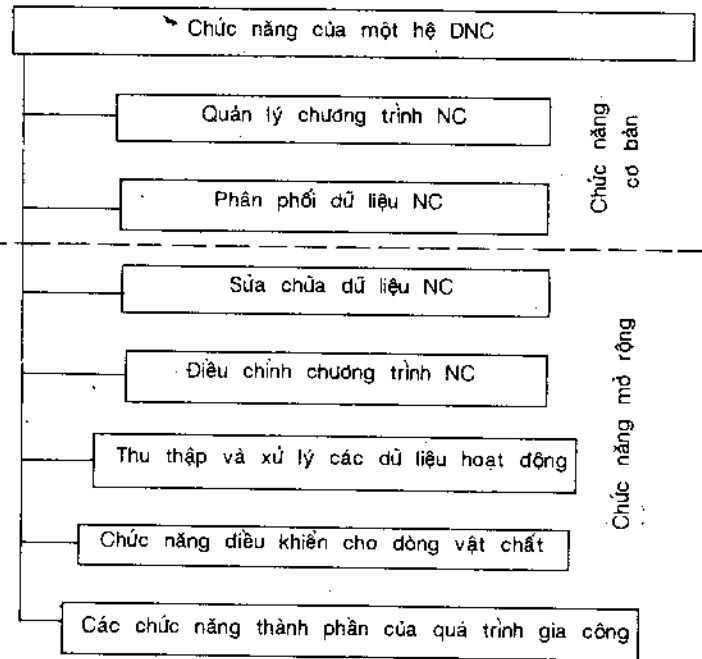
**Phương án 1:** Vận hành BTR (Behind Tape Reader = Đọc sau khi gõ phím). Bằng cách này các thông tin điều khiển từ máy tính sau khi đi qua bộ đọc vật mang tin (thể hệ cũ là băng đục lỗ) được truyền vào hệ điều khiển của máy CNC.

**Phương án 2:** Vận hành trực tiếp. Máy tính trung tâm gộp luôn các bộ nhớ thông tin và bộ nội suy cũng như các khả năng khác của CNC vào phần cứng của nó; các máy công tác chỉ còn có cụm điều khiển thích ứng và các vòng mạch điều chỉnh vị trí, giữa chúng còn có một mặt nối ghép thích hợp.

Phương án 2 có ưu điểm là hệ điều khiển máy công tác rẻ hơn nhiều, nhưng do sự lệ thuộc hoàn toàn của máy công tác vào máy tính trung tâm nên hầu

như không được ứng dụng. Trong phương án 1 thì nhược điểm về sự lệ thuộc có đỡ hơn nhiều.

Trong hệ DNC, nhiệm vụ cơ bản của máy tính trung tâm là quản lý tập trung các chương trình gia công CNC và phân phối đến các máy công tác.



Hình V-2. Chức năng của một hệ DNC (Theo VDI 3424).

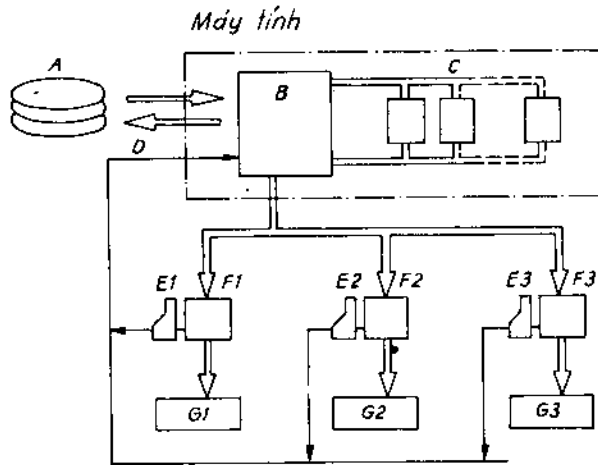
Hình V-2 trình bày chức năng của một hệ DNC. Quá trình lưu trữ và cập nhật các dữ liệu điều khiển số cho từng máy CNC trong hệ thống này rất phong phú trong máy tính; so với một thư viện chương trình ở dạng băng đục lỗ thì tiện lợi hơn, hệ thống hơn và kinh tế hơn.

Các khả năng quản lý chương trình trong hệ DNC bao gồm:

- Quản lý danh mục các chương trình CNC.
- Tìm kiếm một chương trình CNC.
- Truy nhập và khai thác các chương trình CNC.
- cất giữ các chương trình CNC.
- Quản lý các dữ liệu dao.
- Quản lý các dữ liệu về vật liệu gia công.
- Quản lý các dữ liệu về đồ gá.

Hình V-3 trình bày dòng lưu thông thông tin trong một hệ DNC.

Người điều khiển máy có thể thông qua một Terminal mà liên hệ với máy tính. Theo nguyên tắc, người điều khiển máy chỉ cần thông báo cho máy tính trung tâm chương trình nào cần được khai thác tiếp theo. Bộ xử lý trung tâm CPU (Central Processing Unit) của máy tính cho phép gọi ra chương trình CNC cần thiết từ một bộ nhớ ngoại vi của nó. Từ đó các dữ liệu điều khiển máy CNC sẽ được thông báo, tùy thuộc hình thức tổ chức trong hệ điều khiển của máy công tác, theo từng câu lệnh lẻ hoặc toàn bộ chương trình.



Hình V-3. Dòng thông tin trong hệ thống DNC

A. Bộ nhớ khối; B. Bộ xử lý trung tâm CPU của máy tính;  
C. Bộ nhớ RAM; D. Khai báo của từng máy CNC; E.  
Terminal trên từng máy CNC; F. Điều khiển CNC; G. Máy  
công cụ.

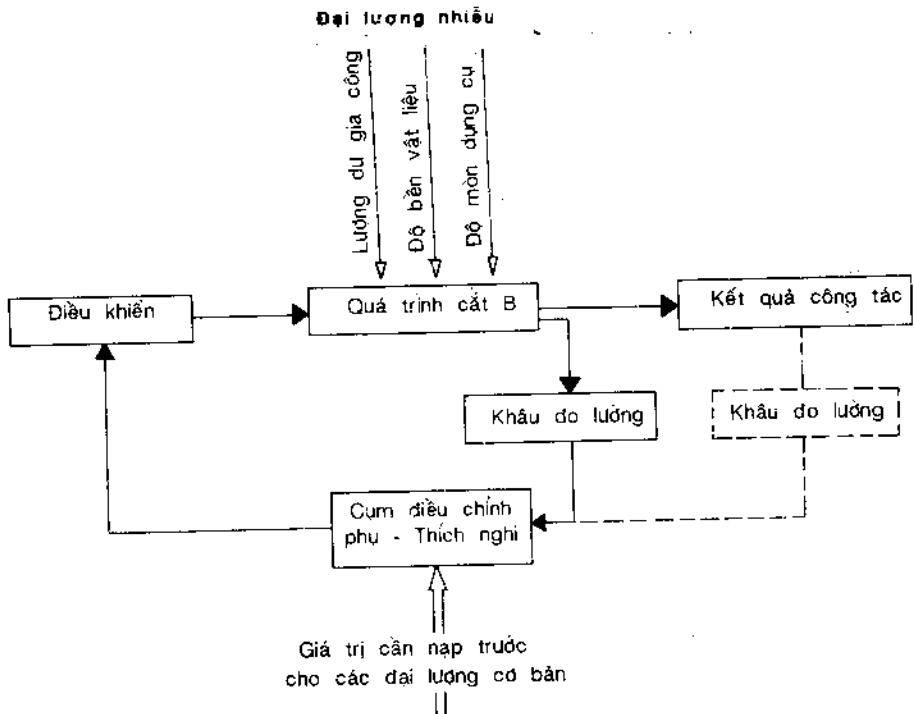
## 2. ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI AC (ADAPTIVE CONTROL)

Điều khiển AC được hiểu là sự tối ưu hóa của công nghệ trong quá trình gia công, thông qua biện pháp kỹ thuật điều chỉnh tự động.

Thông thường, khi gia công một chi tiết, các thông số công nghệ như tốc độ cắt, lượng chạy dao, chiều sâu cắt được đưa ra trước một cách xác định. Trong điều khiển AC người ta chỉ đưa vào các giá trị giới hạn xác định của thông số công nghệ, ví dụ khi gia công thô, lực cắt cho phép lớn nhất là bao nhiêu, từ đó hệ điều khiển AC sẽ kiểm soát các thông số công nghệ sao cho đảm bảo các giá trị giới hạn đã khai báo.

Thực ra nguyên tắc điều khiển AC không gắn liền với ứng dụng của các máy CNC. Một mặt, các thiết bị xử lý số sẵn có trong hệ CNC tạo điều kiện dễ dàng hơn sự ghép nối AC vào nguyên tắc điều khiển này, mặt khác, giá thành giờ máy cao của máy công cụ CNC đòi hỏi một sự tận dụng thời gian sử dụng máy cao nhất như các máy AC có thể làm được.

Khi gia công không có điều khiển AC, các thông số gia công phải được



Hình V-4. Điều chỉnh về công nghệ cho một quá trình cắt (Điều khiển thích nghi).

phân tích lựa chọn sao cho ngay cả với phạm vi dung sai chặt chẽ đối với các đại lượng ảnh hưởng đến gia công như lượng dư gia công, tính chất vật liệu, độ mòn của dao cụ và các điều kiện ổn định..., chúng vẫn có thể gia công tốt nhất. Do các đại lượng ảnh hưởng đến quá trình gia công thường không biết được một cách chính xác, việc xác định các thông số gia công phải đưa thêm vào những hệ số an toàn. Cũng vì thế máy móc và dao cụ không tận dụng được những khả năng tối ưu của nó.

Trong điều khiển AC, các giá trị thực của các đại lượng đặc trưng cho quá trình gia công được các hệ thống đo với những khâu đo nhạy cảm (sensor) xác định và dùng làm đại lượng điều khiển xử lý (hình V-4).

Tùy thuộc nhiệm vụ mà hệ điều khiển AC phải thực hiện, người ta phân ra các hệ:

*AC - Công nghệ:* Nhiệm vụ của nó là điều chỉnh các đại lượng công nghệ trong quá trình gia công.

*AC - Hình học:* Nhiệm vụ của nó là điều chỉnh các đại lượng xử lý tạo hình.

*ACC - Điều khiển thích nghi với lực cản (Adaptive Control Contrain):* Nhiệm vụ của hệ này là điều chỉnh các đại lượng cắt gọt, ví dụ: lực cắt, cần nằm trong một giới hạn nào đó.

*ACO - Điều khiển thích nghi tối ưu hóa (Adaptive Control Optimization):* Nhiệm vụ của nó là điều chỉnh chất lượng tối ưu của toàn bộ quá trình cắt gọt hay là kết quả điều khiển dựa vào ảnh hưởng của nhiều đại lượng xử lý.

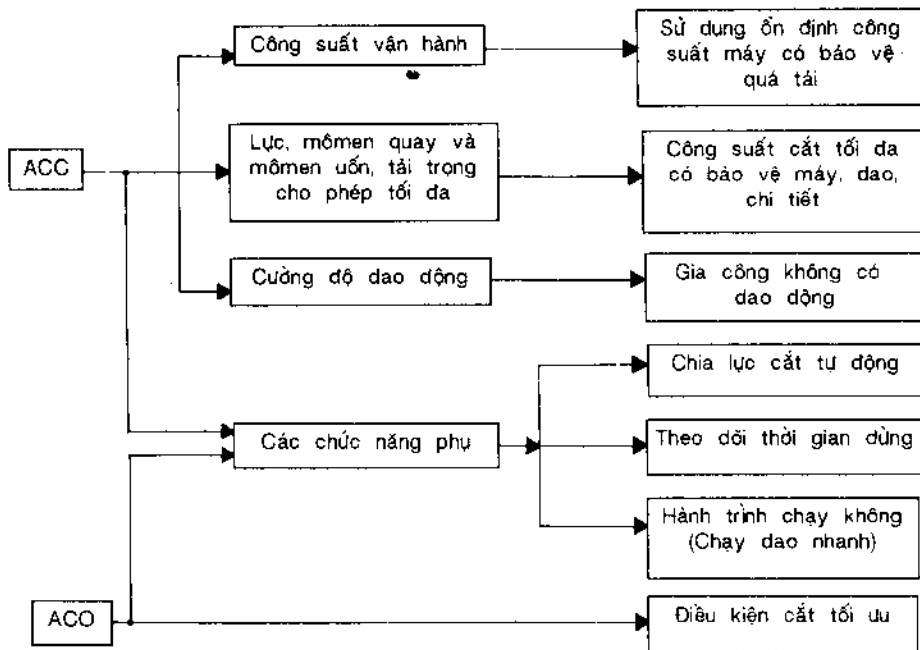
Hình V-5 là tập hợp tổng quan các hệ thống AC - công nghệ. Trong đó:

- ACC có mục đích tận dụng ổn định tính năng kỹ thuật của máy móc và dao cụ để rút ngắn thời gian gia công.
- ACO thì lại cần đưa ra các điều kiện cắt gọt tối ưu để rút ngắn thời gian gia công và giảm bớt giá thành gia công.

Cả hai dạng điều khiển này thường áp dụng cho gia công thô, nhưng cho đến nay vẫn còn nhiều hạn chế trong ứng dụng. Còn nhiều vấn đề đặt ra nhất là cho các khâu đo nhạy cảm (sensor) để quản lý các đại lượng xử lý đặc trưng.

Riêng hệ ACO đã có thể được giải quyết thỏa đáng trong gia công tia lửa điện vì các đại lượng xử lý ở đây đa số là các đại lượng điện.

Đối với các hệ AC - hình học, cần đảm bảo và làm tốt hơn về dung sai



Hình V-5. Hệ thống điều khiển thích nghi AC về công nghệ.

chi tiết gia công. Những khó khăn ở đây là quá trình đo trực tiếp các kích thước tạo hình cho chi tiết. Với gia công mài thì vấn đề nêu ra đã được giải quyết.

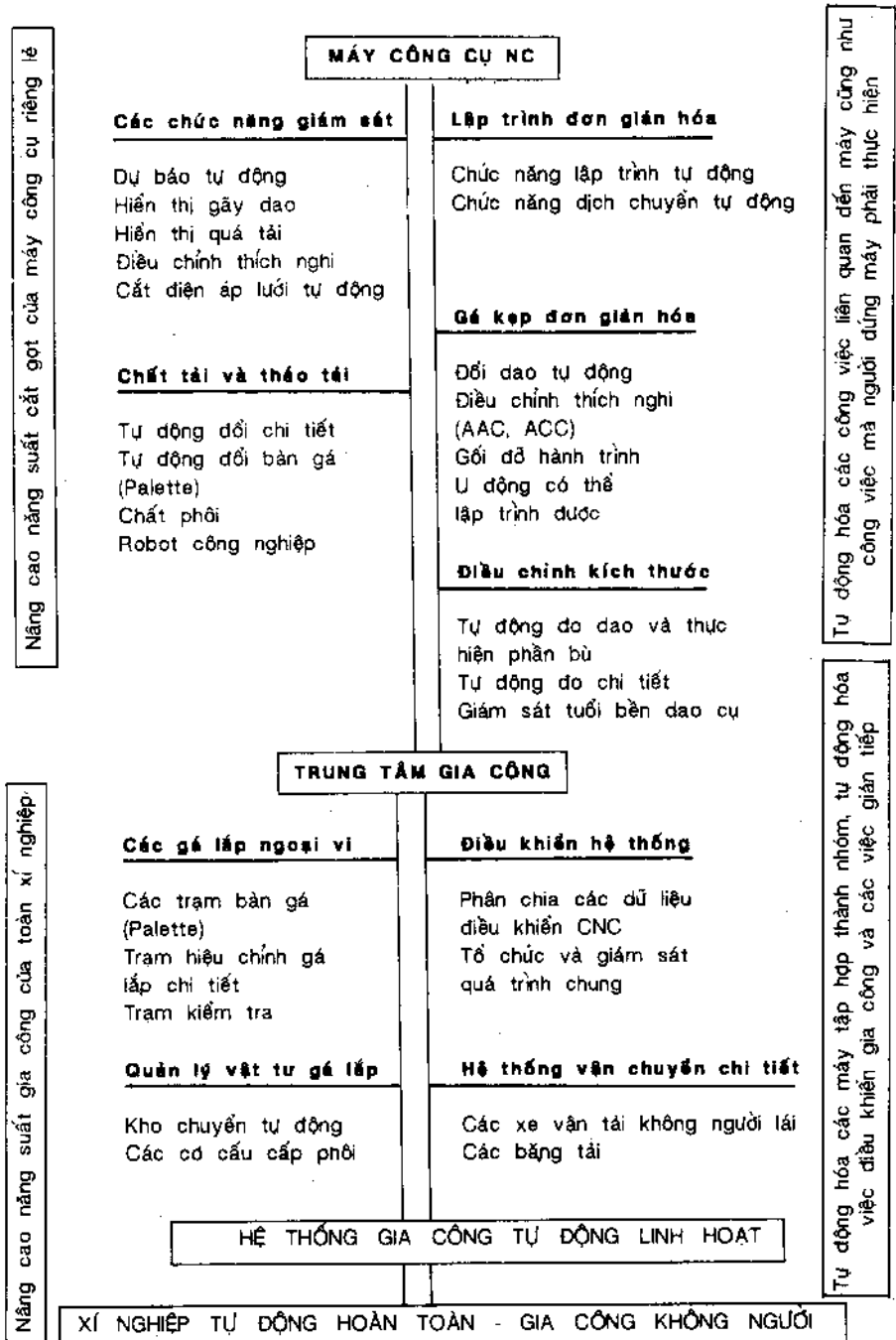
### 3. HỆ THỐNG GIA CÔNG LINH HOẠT FMS (FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS)

Hệ thống gia công linh hoạt FMS bao gồm một loạt các máy công tác, chủ yếu là các máy công cụ điều khiển số, liên kết với nhau bởi các hệ thống điều khiển và hệ thống vận chuyển cho toàn bộ quá trình, sao cho trong phạm vi giới hạn của hệ thống, một trình tự gia công khác nhau cho các chi tiết khác nhau với số lượng khác nhau, có thể được tiến hành theo thứ tự lựa chọn tự do.

Việc điều hành các quá trình tính toán cần thiết cho tất cả các hệ thống con trong một hệ thống gia công linh hoạt, tất yếu phải dựa trên cơ sở của các máy công cụ CNC vận hành theo nguyên tắc điều khiển DNC.

Khi ứng dụng cho các máy công cụ điều khiển theo chương trình số, có thể có các hình thức tổ chức hệ thống như sau:





Hình V-8. Các mức độ tự động từ các máy công cụ CNC, qua trung tâm gia công và tới hệ thống gia công tự động, linh hoạt.

### *Các máy NC riêng lẻ*

Các máy công cụ tạo điều kiện cho một quá trình gia công tự động. Những nguyên công gia công cùng loại được thực hiện một cách kinh tế cho cả các loạt sản xuất nhỏ, như máy tiện NC gia công tự động các nguyên công tiện, máy phay NC gia công tự động các nguyên công phay...

Việc cấp chi tiết gia công cho máy và vận chuyển chi tiết (bán thành phẩm) giữa các máy riêng lẻ chưa được gắn vào quá trình gia công tự động.

### *Trung tâm gia công CNC*

Các trung tâm gia công cho phép có thể cùng thực hiện một trình tự gia công tự động với các yêu cầu công nghệ rất khác nhau như phay, khoan, khoét, cắt ren...

Việc cấp chi tiết gia công cho máy được tự động hóa từng phần nhờ hệ thống bàn kẹp tiêu chuẩn (Palette) khi nối kết với các thiết bị vận chuyển và trao đổi điều khiển theo chương trình (các robot đảo phôi) cũng có thể được thực hiện hoàn toàn tự động. Việc vận chuyển chi tiết cũng chưa được gắn vào quá trình gia công tự động.

### *Hệ thống gia công linh hoạt*

Trên các hệ thống gia công linh hoạt có thể gia công được đồng thời nhiều chi tiết khác nhau, tùy thuộc các dạng máy được ghép nối vào hệ thống.

Nhờ một hệ thống vận chuyển chi tiết nối ghép trong hệ thống gia công linh hoạt; nhờ có thể lựa chọn tự do các chi tiết, bán thành phẩm cấp cho từng vị trí gia công riêng lẻ và nhờ một kho tích chứa trung gian trong hệ thống mà cho phép tiến trình gia công có thể tách rời thành từng công đoạn độc lập (hình V-6).

Ưu điểm của các hệ thống gia công linh hoạt là ở chỗ kể cả dòng lưu thông chi tiết cũng được tự động hóa và có thể được điều khiển và quản lý bởi một thiết bị xử lý số. Nhờ vậy thời gian lưu thông chi tiết và thời gian dừng máy có thể được giảm thiểu.

Các hệ thống gia công linh hoạt có thể bao gồm các máy điều khiển theo nguyên tắc DNC và các máy này có thể là cùng loại (hệ thống thay thế) hay khác loại (hệ thống bổ sung). Trong nhiều trường hợp, chúng thường là những phương án kết hợp. Nếu trong một hệ thống gia công linh hoạt cứ mỗi kiểu máy có ít nhất hai trạm thì sẽ có lợi thế về tính sẵn sàng hoạt động cao, khi có sự cố ở một máy thì chỉ ảnh hưởng ít nhiều đến năng suất gia công còn toàn hệ thống vẫn nằm trong khả năng vận hành.

## PHỤ LỤC

### PHỤ LỤC 1

#### CÁC CHỮ VIẾT TẮT TRONG LĨNH VỰC KỸ THUẬT CNC VÀ KỸ THUẬT VI TÍNH DÀNH CHO CÔNG NGHỆ CNC

AC	Adaptive Control	Điều khiển thích nghi
ASCII	American Standard Code for Information Interchange	Cốt mã nhị phân được ứng dụng phổ biến trong kỹ thuật số để trình bày các ký tự chữ cái cũng như các ký tự chức năng khác cần cho việc truyền dữ liệu
BCD	Binary Coded Decimal Numerals	Cốt mã nhị phân trình bày các con số, trong đó từng chữ số thập phân riêng lẻ được mã hóa
Bit	Binary digit	Các ký tự nhị phân, nhận các giá trị 0 hay 1 (0/L)
Byte		Nhóm 8 bit để trình bày các ký tự số và chữ cái
CAD	Computer Aided Design	Kỹ thuật thiết kế trợ giúp bằng máy tính
CAM	Computer Aided Manufacturing	Kỹ thuật gia công trợ giúp bằng máy tính
CNC	Computerized Numerical Control	Điều khiển số nối kết với máy tính (hay được cài đặt các cụm vi xử lý $\mu$ p)
CPU	Central Processing Unit	Cụm chức năng của một hệ thống tính số, bao gồm các bộ vi xử lý, các bộ vào ra và bộ nhớ trung tâm
CRT	Cathode Ray Tube	Đèn hình, màn hình, terminal
DDA	Digital Differential Analyzer	Phương pháp nội suy số (phân tích vi phân số)
EIA	Electronic Industries Association	Cơ quan Tiêu chuẩn hóa của Hợp chủng quốc Hoa kỳ thuộc Hiệp hội Công nghiệp Điện tử
IC	Integrated Circuit	Vi mạch tích hợp: mạch điện tử mang trên một tinh thể bán dẫn đơn chức (Chip)
KByte		Kilobyte: $2^{10} = 1024$ Byte
LSI	Large Scale Integration	Vi mạch đơn chức có mức tích hợp lớn (xem IC)
MByte		Megabyte: $2^{20} = 1\,048\,576$ Byte
MPST	Mehrprozessorsteuerung (tiếng Đức)	Điều khiển đa xử lý
NC	Numerical Control	Điều khiển số (Điều khiển theo chương trình số)
PC	Programmable Control	Xem: SPS

PROM	Programmable Read Only Memory	Bộ nhớ điện tử, người sử dụng có thể lập trình cho một lần, nội dung đã lập trình không thay đổi được
RAM	Random Access Memory	Bộ nhớ đọc - viết: Bộ nhớ điện tử mà người sử dụng có thể thường xuyên đưa vào hay gọi ra các thông tin bất kỳ
ROM	Read Only Memory	Bộ nhớ chỉ đọc: Bộ nhớ điện tử mà nội dung của nó cho phép người sử dụng đọc thường xuyên nhưng không thay đổi được
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung (tiếng Đức)	Điều khiển được bằng chương trình đã ghi trong bộ nhớ: đặc tính của hệ điều khiển thích ứng với mỗi nhiệm vụ nhờ một chương trình phần mềm (software) đã được đọc và ghi vào bộ nhớ
VLSI	Very Large Scale Integration	Mạch điện tử đơn chức có độ tích hợp cực lớn (xem IC).

---

## PHỤ LỤC 2

## CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1

Mã số của điều kiện đường G theo DIN 66025

Điều kiện đường	Ý nghĩa
G00	Đặc tính điều khiển điểm
G01	Nội suy tuyến tính
G02	Nội suy vòng theo chiều kim đồng hồ
G03	Nội suy vòng, ngược chiều kim đồng hồ
G04	Thời gian lưu
G05	Tam thời không sử dụng
G06	Nội suy parabol
G07	Tam thời không sử dụng
G08	Tăng tốc độ
G09	Giảm tốc độ
G10 đến G16	Tam thời không sử dụng
G17	Chọn mặt tọa độ XY
G18	Chọn mặt tọa độ XZ
G19	Chọn mặt tọa độ YZ
G20 đến G24	Tam thời không sử dụng
G25 đến G29	Thường xuyên không sử dụng
G30 đến G32	Tam thời không sử dụng
G33	Cắt ren có bước ren không đổi
G34	Cắt ren có bước ren tăng đều
G35	Cắt ren có bước ren giảm đều
G36 đến G39	Thường xuyên không sử dụng
G40	Goi chỉnh lý dao
G41	Chỉnh lý dao bên trái
G42	Chỉnh lý dao bên phải
G43	Chỉnh dao dương *
G44	Chỉnh dao âm *
G45	Chỉnh dao + / + *
G46	Chỉnh dao + / - *
G47	Chỉnh dao - / - *
G48	Chỉnh dao - / + *
G49	Chỉnh dao 0 / + *
G50	Chỉnh dao 0 / - *
G51	Chỉnh dao + / 0 *
G52	Chỉnh dao - / 0 *
G53	Goi dịch chuyển *
G54	Dịch chuyển 1 *
G55	Dịch chuyển 2 *
G56	Dịch chuyển 3 *

G57	Dịch chuyển 4 *
G58	Dịch chuyển 5 *
G59	Dịch chuyển 6 *
G60	Dùng chính xác cấp 1 (tinh) *
G61	Dùng chính xác cấp 2 (bán tinh) *
G62	Dùng nhanh (thô) *
G63	Tarô ren *
G64 đến G79	Tạm thời không sử dụng
G80	Gọi chu kỳ công tác
G81	Chu kỳ công tác 1
G82	Chu kỳ công tác 2
G83	Chu kỳ công tác 3
G84	Chu kỳ công tác 4
G85	Chu kỳ công tác 5
G86	Chu kỳ công tác 6
G87	Chu kỳ công tác 7
G88	Chu kỳ công tác 8
G89	Chu kỳ công tác 9
G90	Số liệu đo tuyệt đối
G91	Số liệu đo tương đối (gia số)
G92	Dịch chuyển điểm chuẩn đã lập trình *
G93	Giải mã lượng chạy dao tính theo thời gian
G94	Lượng chạy dao đặt trực tiếp tính theo mm/ph (hay inch/min)
G95	Lượng chạy dao đặt trực tiếp tính theo mm/vòng
G96	Tốc độ cắt
G97	Gọi điều kiện đường g6
G98 và G99	Tạm thời không sử dụng

**Bảng 2****Xác định các mặt phẳng nội suy**

Điều kiện đường dịch chuyển	Mặt nội suy	Trục điều chỉnh	Bố trí kích thước dao	
			Bán kính	Chiều dài
G17	XY	Z	XY	Z
G18	XZ	Y	XZ	Y
G19	YZ	X	YZ	X

**Bảng 3****Chu kỳ công tác (DIN 66025)**

Điều kiện đường dịch chuyển chạy dao	Chuyển động cắt từ điểm bắt đầu	Khi cắt hết Chiều sâu cắt có thời gian lưu?/ Trục	Chuyển động thoát dao cho tới điểm bắt đầu chạy dao	Ví dụ ứng dụng
G81	Chạy dao công tác	-	Chạy nhanh không cắt	Khoan, khoan tâm
G82	Chạy dao công tác	có	Chạy nhanh không cắt	Khoan, khoét lỗ tít
G83	Chạy dao cắt không liên tục	-	Chạy nhanh không cắt	Khoan lỗ sâu, bẻ phoi
G84	Quay tiến dao với lượng chạy dao	-	Chạy dao công tác	Tarô ren
G85	Chạy dao công tác	-	Chạy dao công tác	Khoan rộng L1
G86	Trục chính quay	-	Chạy nhanh	Khoan rộng L2
G87	Chạy dao công tác	-	bằng tay	Khoan rộng L3
G88	Trục chính quay	có	Điều khiển bằng tay	Khoan rộng L4
G89	Chạy dao công tác	có	Chạy dao công tác	Khoan rộng L5

**Bảng 4****Lập trình chạy dao công tác**

Đơn vị chạy dao	Điều kiện đường dịch chuyển	Đo theo hệ mét	Đo theo đơn vị inch
mm/ph	G94	0,1- 15000,0 mm/ph 1 - 15000 <sup>0</sup> /ph	0.01 - 600,00 in/ph 1 - 15000 <sup>0</sup> /ph
mm /vòng	G95	0,01 - 500 mm/vòng	0.0001 - 50 in/rev

**Bảng 5****Code mã số cho lệnh chọn số vòng quay**

Số vòng quay:	315	40	50	63	80	100	125	160	200	250
Mã lệnh:	S50	S52	S54	S56	S58	S60	S62	S64	S66	S68
Số vòng quay:	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Mã lệnh:	S70	S72	S74	S76	S78	S80	S82	S84	S86	S88

**Bảng 6****Codem mã số các chức năng hỗ trợ M (DIN 66025)**

<i>Chức năng hỗ trợ</i>	<i>Ý nghĩa</i>
M00	Dừng chương trình
M01	Dừng theo lựa chọn
M02	Kết thúc chương trình
M03	Trục chính quay theo chiều kim đồng hồ
M04	Trục chính quay ngược chiều kim đồng hồ
M05	Dừng trục chính
M06	Đổi dao
M07	Đóng mạch hệ bơm trơn nguội 1
M08	Đóng mạch hệ bơm trơn nguội 2
M09	Ngắt mạch bơm dung dịch trơn nguội
M10	Kẹp cố định
M11	Tháo kẹp
M12	Tạm thời còn để tự do
M13	Trục chính quay theo chiều kim đồng hồ và đóng mạch bơm trơn nguội
M14	Trục chính quay ngược chiều kim đồng hồ và đóng mạch bơm dung dịch trơn nguội
M15	Chuyển dịch theo chiều dương (+)
M16	Chuyển dịch theo chiều âm (-)
M17	Tạm thời còn để tự do
M18	Tạm thời còn để tự do
M19	Dừng quay trục chính ở vị trí kết thúc
M20 đến M29	Thường xuyên để tự do
M30	Hết băng chương trình
M31	Gọi một hiệu chỉnh
M32 đến M35	Tạm thời còn để tự do
M36	Vùng chạy dao 1
M37	Vùng chạy dao 2
M38	Số vòng quay trục chính vùng 1
M39	Số vòng quay trục chính vùng 2
M40 đến M45	Gạt bánh răng ly hợp hoặc tạm thời không vào khớp
M46 đến M49	Tạm thời còn để tự do
M50	Đóng mạch hệ bơm dung dịch trơn nguội 3
M51	Đóng mạch hệ bơm dung dịch trơn nguội 4
M52 đến M54	Tạm thời còn để tự do
M55	Dịch chuyển chi tiết tịnh tiến, vị trí 1
M56	Dịch chuyển chi tiết tịnh tiến, vị trí 2
M57 đến M59	Tạm thời còn để tự do
M60	Đổi chi tiết
M61	Dịch chuyển chi tiết tịnh tiến, vị trí 1



M62	Dịch chuyển chi tiết tịnh tiến, vị trí 2
M63 đến M70	Tạm thời còn để tự do
M71	Dịch chuyển chi tiết quay, vị trí 1
M72	Dịch chuyển chi tiết quay, vị trí 2
M73 đến M89	Tạm thời còn để tự do
M90 đến M99	Thường xuyên để tự do cho các mục đích riêng của người sử dụng

**Bảng 7**

**Các địa chỉ lập trình của hệ điều khiển CNC Philips NC 8600 (tương thích với DIN 86025)**

Địa chỉ	Giá trị số	Ý nghĩa và giải thích
%		Bắt đầu chương trình
N	9001 đến 9998	Số hiệu của chương trình gia công chi tiết hoặc số hiệu của một chương trình con
N	1 đến 8999	Số câu lệnh
/N	1 đến 8999	Câu lệnh có thể bỏ qua
G	00	Đặc tính điều khiển điểm, chạy nhanh không cắt
	01	Nội suy tuyến tính
	02	Nội suy vòng theo chiều kim đồng hồ (CW)
	03	Nội suy vòng, ngược chiều kim đồng hồ (CCW)
G	04	Thời gian duy trì (lưu) t kéo dài, với địa chỉ X, có thể lập trình đến 0.1 s
G	17	Nội suy trên mặt phẳng XY
	18	Nội suy trên mặt phẳng XZ
	19	Nội suy trên mặt phẳng YZ
G	21	Định nghĩa tham số của chương trình con trong chương trình gia công chi tiết
	22	Gọi chương trình con (ví dụ G22 X9030)
	23	Cộng tham số trong chương trình con. Ví dụ G23 E030201E03 = E01 + E02
	24	Trừ tham số trong chương trình con. Ví dụ G24 E030201E03 = E01 - E02
	25	Xếp tham số trong chương trình con để nhớ
	26	Khử ảnh hưởng chạy dao bằng tay (chỉ có trong chương trình con)
	29	Lệnh nhảy vào chương trình con, ví dụ: G29E2X50: Khi E2 > 0, nhảy sau câu lệnh 50
G	40	Gọi hiệu chỉnh theo bán kính dao
	41	Hiệu chỉnh theo bán kính dao phía trái chi tiết
	42	Hiệu chỉnh theo bán kính dao phía phải chi tiết
	43	Hiệu chỉnh theo bán kính dao song song với hướng trục dương

	44	Hiệu chỉnh theo bán kính dao song song với hướng trục âm
G	79	Gọi chu kỳ công tác đã xác định trước
	81	Chu kỳ khoan
	84	Chu kỳ cắt ren
	85	Chu kỳ doa
G	86	Chu kỳ tiện khoét (tiện rộng)
	90	Lập trình với kích thước đo tuyệt đối
	91	Lập trình với kích thước đo theo chuỗi
	92	Dịch chuyển điểm 0 theo kích thước chuỗi
	93	Dịch chuyển điểm 0 theo kích thước tuyệt đối
	98	Tự động đi tới điểm chuẩn so
X, Y, Z	+830000	Thông tin về đoạn đường với bước 0,001 mm trên các trục chuyển động
I, J, K	+830000	Tọa độ tâm cung tròn đo theo các trục X,Y,Z với đơn vị 0,001 mm
F	1 - 30000	Lượng chạy dao tính theo 0,1 mm/ph
S	52 - 86	Số vòng quay trục chính MAHO C700NC
T	0 - 32	Địa chỉ dao (X = bán kính dao; Z = chiều dài dao, đo bằng đơn vị 0,001 mm)
M	00	Dừng chương trình
	02	Kết thúc chương trình
	03	Trục chính quay phải
	04	Trục chính quay trái
	05	Trục chính dừng quay
	06	Đổi dao (cùng với M05 và M09)
	08	Đóng mạch bơm dịch trơn nguội
	09	Ngắt mạch bơm dịch trơn nguội
	30	Hết chương trình, quay trở lại từ đầu
	67	Đổi số liệu hiệu chỉnh dao nhưng không đổi dao
E	mm nn	mm: Số câu lệnh cần lặp lại nn: Số lần cần lặp lại
	1 - 99	Trong chương trình con: xếp các tham số, ví dụ: Z1 E1 hoặc Z-1 E1

**Bảng 8****Ký hiệu chức năng bằng tiếng Anh trên các phím bấm của hệ điều khiển CNC**


---

AUTO	Vận hành tự động
CANCEL	Vô hiệu hóa
CLEAR	Xóa
CURSOR	Con trỏ
DATA	Số liệu, dữ liệu
DELETE	Xóa bỏ
DRY RUN	Chạy thử (cắt khô)
DWELL	Thời gian duy trì (lưu)
EDIT	Biến đổi dữ liệu, cấp dữ liệu (soạn thảo)
EMERGENCY STOP	dừng cấp tốc
ENTER	Vào dữ liệu
FAULT	Lỗi
FEED	Chạy dao
FWD	Tiến dao (Forward)
INPUT	Vào dữ liệu
INCR	Phương pháp chạy theo bước (Incremental Step) (trong vận hành bằng tay)
JOG	Phương pháp gia công trong vận hành bằng tay (Jogging)
LOCK	Điều chỉnh tinh
MACRO	Chương trình con
MDI	Cấp dữ liệu bằng tay (Manual Data Input)
MEM	(Bộ) nhớ (Memory)
MFO	Tác động chạy dao bằng tay (Manual Feedrate Override)
MSG	Các báo hiệu máy (Message)
MSO	Tác động thay đổi số vòng quay bằng tay (Manual Speed Override)
OFF	Cắt, ngắt mạch
OFFSET	Hiệu chỉnh, dịch chuyển
ON	Đóng mạch
OPTION STOP	Dừng theo lựa chọn
OUTPUT	Đầu ra
OVERRIDE	Tác động
PAGE	Trang
RWD	Cuộn ngược lại (Rewind)
SET UP	Cài đặt, hiệu chỉnh
SUBPAGE	Trang phụ, phụ lục
SINGLE	Câu lệnh riêng lẻ
SKIP	Câu lệnh có thể bỏ qua (không đọc)
STATUS	Chỉ thị trạng thái
STORE	Ghi vào bộ nhớ
TAPE	Chạy băng

---

**Bảng 9**

**Các dữ liệu hiệu chỉnh máy của hệ điều khiển General Electric 1050 HLX, tham số 00, số từ 0 đến 4**

**Tham số 00 Giá trị 0**

Số 1: G70; G02 và G03 theo EIA  
 Số 2: Lập trình X/Z, bán kính G90/G91  
 Số 3:  $\leftarrow \downarrow \rightarrow \uparrow \# -Z +X +Z -X$   
 Số 4: G91 trạng thái đóng mạch; Chọn dao số...  
 Dữ liệu dao  
 Số 5: Luỗi đo về 0  
 Số 6: Chạy nhanh không cắt  
 Số 7: Truyền động trục chính dòng xoay chiều  
 Số 8: M30 Trục chính vẫn quay,  
 Phản hồi resolver, Vùng tốc độ trên

**Tham số 00 Giá trị 1**

Số 1: G71; G02 và G03 theo EIA  
 Số 2:  
 Số 3:  $\leftarrow \downarrow \rightarrow \uparrow \# -X -Z +X +Z$   
 Số 4:  
 Số 5:  
 Số 6: Chạy cắt nhanh  
 Số 7:

**Tham số 00 Giá trị 2**

Số 8: M30 Trục chính vẫn quay  
 Phản hồi resolver, vùng tốc độ dưới  
 Số 1:  
 Số 2: Lập trình X/Z, đường kính G90, bán kính G91  
 Số 3:  $\leftarrow \downarrow \rightarrow \uparrow \# +Z -X -Z+X$   
 Số 4:  
 Số 5:  
 Số 6:  
 Số 7:  
 Số 8: M30 Trục chính vẫn quay. Không có phản hồi  
 resolver, vùng tốc độ trên

**Tham số 00 Giá trị 3**

Số 1:  
 Số 2: Lập trình X/Z, đường kính G90/G91  
 Số 3:  $\leftarrow \downarrow \rightarrow \uparrow \# +X +Z -X -Z$   
 Số 4:  
 Số 5:  
 Số 6:  
 Số 7:  
 Số 8: M30 Trục chính vẫn quay. Không có phản hồi  
 resolver, vùng tốc độ dưới

**Tham số 00 Giá trị 4**

Số 1: G70; G02 và G03 không theo EIA  
 Số 2: Kích thước tuyệt đối X/Z. Kích thước chuỗi U/W;  
 bán kính X/U  
 Số 3:  $\leftarrow \downarrow \rightarrow \uparrow \# -X +Z +X -Z$

Số 4: G91 trạng thái đóng mạch; chọn hiệu chỉnh số ...; dữ liệu dao

Số 5: Điểm gốc so về 0

Số 6:

Số 7: Truyền động trục chính dòng một chiều; M03: 0 đến 8 V; M04: 0 đến -8V

Số 8: M30 Trục chính vẫn quay,

Phản hồi resolver, vùng tốc độ trên

## Bảng 10

**So sánh các biện pháp đo và hiệu chỉnh theo những đặc tính khác nhau cũng như ưu nhược điểm của các phương pháp này**

Đặc tính	Đo dao trên máy	Đo chi tiết trong vùng làm việc	Đo chi tiết ngoài vùng làm việc
Độ chính xác	Trung bình	Cao	Rất cao
Loại chi tiết	Nhỏ, đơn chiếc	Nhỏ, đơn chiếc	Trung bình, lớn
Phạm vi chi tiết	Lớn	Lớn	Nhỏ
Thời gian chu kỳ	Nhỏ, trung bình	Lớn	Nhỏ
Tiêu hao điều chỉnh	Ít	Ít	Tương đối cao
Ưu điểm	Không cần điều chỉnh dao trước	Đo được trong khi gia công	Có thể đo với số vị trí đo lớn
	Có thể giám sát trạng thái dao	Độ linh hoạt cao	Đo tuyệt đối. Không kéo dài thời gian chỉnh vì phải đo
Nhược điểm	Mất thời gian vì đo trên máy	Mất thời gian vì quá trình đo, ổ tích chỉnh chậm sau khi đo dao bị chiếm dụng	Không linh hoạt, hiệu chỉnh chậm sau khi đo

## TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. *Tạ Duy Liêm* "Máy điều khiển theo chương trình số và robot công nghiệp" Đại học Bách khoa Hà Nội, 1991-1996 (tập 1); 1992-1997 (tập 2)
2. *Rudolf Sauter* "Numerische Steuerung fuer Werkzeugmaschinen" Vogel Buchverlag Wuerzburg BRD, 1985
3. *C.B. Besant* "Computer aided design and manufacture" Ellis Horwood Limited (John Wiley and Sons), New York USA 1980
4. *HK Gesellschaft* "Einfuehrung in die CNC Technik" Handwerkskammer Mannheim BRD, 1994
5. *M. Fogiel* "Problem solver in automatic control systems / Robotics" Research and Education Association, New York, USA, 1982
6. *Georg Brack; Friedrich Klitzsch; Rudolf Piegert* "Automatisierung im Maschinenbau" VEB Verlag Technik Berlin, 1970
7. *Ira Cochin* "Analysis and design of dynamic systems" Harper & Row Publisher, New York, USA, 1980
8. *Benjamin S. Blanchard; Wolter J. Fabruck* "Systems Engineering and Analysis" Prentice - Hall - inc. Englewood Cliffs, Newjersey, USA, 1987
9. *Eckbert Hering* "Software - Engineering" Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig / Wiesbaden Germany, 1992.

201092



Giá : 21.500đ