

PHAN HỮU PHÚC

ĐIỀU KHIỂN SỐ & CAM



sản xuất
chế tạo
có máy tính
trợ giúp

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



TS. PHAN HỮU PHÚC

ĐIỀU KHIỂN SỐ VÀ CAM

SẢN XUẤT CHẾ TẠO CÓ MÁY TÍNH TRỢ GIÚP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2006

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS, TS. TÔ ĐĂNG HẢI
Biên tập : ThS. NGUYỄN BÁ ĐÔ
Sửa bài : MỸ LỘC
Trình bày và chế bản : PHÒNG MÁY TÍNH
Vẽ bìa : HƯƠNG LAN

6C5
Mã số: _____ **150 - 272**
KHKT-06

In 700 cuốn, khổ 19 x 27 cm tại Nhà in KH&CN
Giấy phép xuất bản số: 72-2005/CXB/41-39/KHKT
do cục xuất bản cấp ngày 22-1-2006
In xong và nộp lưu chiểu tháng 4 năm 2006

Lời nói đầu

Nội dung cuốn sách này được biên soạn thành tám chương và phần phụ lục. Chương 1 trình bày ngôn ngữ APT, là ngôn ngữ dùng trong điều khiển số (NC). Chương 2, chương 3 và chương 4 được dành cho điều khiển số, mở đầu của CAM, trong đó chương 2 trình bày về điều khiển số truyền thống, chương 3 trình bày về lập trình vật làm cho máy NC và chương 4 trình bày về điều khiển bằng máy tính trong NC. Chương 5 và chương 6 nói về rôbot công nghiệp (tay máy), trong đó chương 5 giới thiệu những vấn đề cơ bản của rôbot công nghiệp và chương 6 giới thiệu một số ứng dụng của rôbot trong sản xuất công nghiệp hiện đại. Chương 7 trình bày về công nghệ nhóm - là công nghệ dựa trên quy tắc "tương tự" để sắp xếp các vật làm thành từng nhóm có cùng thuộc tính, nhằm phục vụ cho công tác thiết kế, chế tạo chúng đạt được hiệu quả cao. Chương cuối cùng (chương 8) giới thiệu về lập quy trình công nghệ có máy tính trợ giúp.

Với những nội dung nói trên, cuốn sách này chủ yếu dùng cho những độc giả quan tâm đến vấn đề điều khiển số và ứng dụng máy tính vào lĩnh vực sản xuất chế tạo, hướng vào đối tượng sinh viên các trường CĐ và ĐH kỹ thuật, giáo viên dạy nghề và THCS kỹ thuật, vì thế sau mỗi chương đều có câu hỏi ôn tập. Nó cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, các nhà quản lý và những ai quan tâm tới lĩnh vực sản xuất cơ khí hiện đại nói chung.

Khi biên soạn, chúng tôi dựa vào các tài liệu tham khảo ghi ở cuối sách - chủ yếu là các cuốn "CAD/CAM, thiết kế và chế tạo có máy tính trợ giúp" [12] của các giáo sư Miken P. Groover và Emory Zimmers ở Trường ĐH Lehigh, "Điều khiển số và chế tạo có máy tính trợ giúp" [13] của các giáo sư T.K.Kundra, P.N.Rao và N.K.Tewary tại Học viện Công nghệ New Dehli, "Sổ tay CAD/CAM" [8] của giáo sư Carl Machover, "Sản xuất chế tạo có máy tính trợ giúp" [9] của các giáo sư Tien-Chien Chang, Richard A.Wysk Hsu-Pin Wang. Xin tỏ lòng biết ơn các tác giả nói trên về những nội dung mà chúng tôi đã sử dụng cho cuốn sách này.

Chúng tôi cũng xin bày tỏ lòng biết ơn Trường ĐHBK HN mấy năm gần đây đã cho phép đưa một phần nội dung cuốn sách này vào chương trình giảng dạy môn học CAD/CAM dưới dạng tập bài giảng. Tập bài giảng ấy được ra mắt

bạn đọc như hiện nay là nhờ sự nhiệt tình giúp đỡ của NXB Khoa học và Kỹ thuật, đặc biệt là thạc sĩ Nguyễn Bá Đô đã có nhiều đóng góp quan trọng. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

Trong mấy thập niên qua, công nghệ CAD/CAM đã thay đổi và phát triển vô cùng nhanh chóng mà với kiến thức và khả năng hạn hẹp của một cá nhân không thể nào theo dõi kịp được. Để khắc phục phần nào hạn chế đó, ở phần phụ lục chúng tôi có giới thiệu một số máy CNC đã xuất hiện tại Việt Nam cho đến thời điểm xuất bản cuốn sách này.

Mặc dù đã hết sức cố gắng trong khi biên soạn, nhưng chúng tôi không dám chắc cuốn sách không còn thiếu sót. Rất mong được độc giả xa gần sẵn lòng góp ý để lần xuất bản sau cuốn sách được hoàn thiện hơn. Mọi ý kiến phê bình nhận xét xin gửi về NXB Khoa học Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

TÁC GIẢ

Chương 1

APT - NGÔN NGỮ DÙNG TRONG ĐIỀU KHIỂN SỐ

1.1. MỞ ĐẦU

APT (Automatically Programmed Tools - công cụ được lập trình tự động) ra đời vào năm 1956 tại Viện Công nghệ Massachusetts (MIT) và không ngừng được mở rộng, cải tiến để đáp ứng yêu cầu ngày càng cao của kỹ thuật điều khiển số (NC) trong ngành Chế tạo máy.

Nói chính xác hơn, APT không chỉ là ngôn ngữ dùng cho NC mà còn là chương trình thực hiện các phép tính để xác định vị trí của dụng cụ cắt, dựa trên các lệnh thích hợp của APT.

APT là một hệ ngôn ngữ "3 chiều" có thể dùng để điều khiển tới năm trục; tuy nhiên để đơn giản, chương này chỉ giới hạn trong phạm vi ba trục quen thuộc là x , y và z (bỏ qua các tọa độ quay). APT được dùng để điều khiển nhiều loại máy công cụ khác nhau, nhưng ở đây chúng ta sẽ chỉ xem xét các ứng dụng trong máy khoan và máy phay. Có khoảng 500 từ trong bảng từ vựng của APT. Chương này chỉ đề cập đến một lượng nhỏ (nhưng quan trọng) trong số đó.

Có bốn nhóm lệnh trong ngôn ngữ APT.

1. *Nhóm lệnh hình học*: Nhóm lệnh này xác định các yếu tố hình học của vật làm (hay còn gọi là *chi tiết gia công*). Trong tài liệu này ta sẽ dùng thuật ngữ "Vật làm").
2. *Nhóm lệnh chuyển động*: Chúng được dùng để mô tả đường đi của dụng cụ cắt.
3. *Nhóm lệnh hậu xử lý*: Các lệnh trong nhóm này được áp dụng cho từng máy công cụ và hệ thống điều khiển cụ thể. Chúng được dùng để xác định lượng chạy dao, tốc độ cắt và để kích hoạt các tính năng khác của chính máy đó.
4. *Nhóm lệnh phụ trợ*: Đây là những lệnh hỗn hợp dùng để chỉ rõ vật làm, dụng cụ cắt, dung sai, v.v...

1.2. NHÓM LỆNH HÌNH HỌC

Để lập trình bằng ngôn ngữ APT, trước hết ta phải xác định về mặt hình học của vật làm. Sau đó dụng cụ cắt mới được điều khiển để di chuyển tới các vị trí khác nhau và dọc theo các bề mặt của vật làm mà hình dáng hình học của nó đã được các lệnh nói trên xác định. Như vậy, việc xác định có yếu tố hình học của vật làm phải được thực hiện trước các lệnh chuyển động.

Dạng tổng quát của một lệnh hình học của APT là:

$$\text{Ký hiệu} = \text{Kiểu hình học} / \text{Dữ liệu mô tả} \quad (1.1)$$

Ví dụ: $P1 = \text{POINT}/5.0, 4.0, 0.0$

Qua đó ta thấy một lệnh hình học gồm có ba phần: Phần *ký hiệu* được dùng để chỉ rõ yếu tố hình học, nó gồm có tối đa sáu chữ cái và chữ số (nhưng ít nhất phải có một ký tự là chữ cái) và không được trùng với bất kỳ từ khóa nào của APT.

- Phân khai báo *kiểu hình học* là một từ khóa của APT, cho biết kiểu của yếu tố hình học. Ngoài POINT (điểm), APT còn có các từ khóa để chỉ đường thẳng (LINE), mặt (PLANE) và đường tròn (CIRCLE).
- Phân khai báo *dữ liệu mô tả* là những số liệu chính xác, đầy đủ và đơn nhất về vị trí và chiều của những yếu tố hình học đã xác định trước đó, và các từ khóa khác của APT. Giữa các phần tử của dữ liệu mô tả được phân cách bởi dấu phẩy.

Có nhiều cách để xác định các yếu tố hình học khác nhau. Phụ lục A (ở cuối sách) trình bày một số từ khóa của APT cùng các mẫu lệnh để xác định các yếu tố hình học như điểm (POINT), đường thẳng (LINE), đường tròn (CIRCLE) và mặt (PLANE). Sau đây là một số ví dụ minh họa:

- Đường thẳng L3 đi qua hai điểm P3, P4 cho trước, được viết là:
 $L3 = \text{LINE}/P3, P4$
- Đường thẳng L4 đi qua điểm P5 và song song với đường L3 cho trước (P5 không được nằm trên L3):

$$L4 = \text{LINE}/P5, \text{PARLEL}, L3$$

- Mặt phẳng PL1 đi qua ba điểm P1, P4, P5 cho trước (P1, P4, P5 không được thẳng hàng):

$$PL1 = \text{PLANE}/P1, P4, P5$$

- Mặt phẳng PL2 đi qua điểm P2 và song song với mặt phẳng PL1 cho trước (PL1 không được chứa P2):

$$PL2 = \text{PLANE}/P2, \text{PARLEL}, PL1$$

- Đường tròn C1 có tâm đặt tại điểm P1 và có bán kính 125 mm (theo quy ước, C1 nằm trong mặt phẳng $x - y$):

$$C1 = \text{CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 125.0}$$

♦ Một số quy tắc cơ bản phải tuân thủ khi khai báo một lệnh của APT:

1. Tọa độ phải được khai báo theo thứ tự x, y, z . Ví dụ:

$$P1 = \text{POINT/125.0, 100.0, 0.0}$$

được hiểu là $x = 125.0, y = 100.0$ và $z = 0.0$

2. Một ký hiệu muốn được dùng làm dữ liệu mô tả thì trước đó nó phải được xác định rồi. Ví dụ:

$$P2 = \text{POINT/INTOF, L1, L2}$$

được hiểu điểm P2 là giao điểm (Intersection of) của hai đường L1, L2 cho trước. Khi thiết lập một danh sách các lệnh hình học, người lập trình phải đảm bảo là các ký hiệu đã được xác định, trước khi đưa chúng vào các lệnh đó.

3. Một ký hiệu chỉ có thể được dùng để xác định một yếu tố hình học. Vì thế cùng một ký hiệu không thể được dùng để xác định hai yếu tố khác nhau. Ví dụ dãy lệnh sau đây là sai:

$$P1 = \text{POINT/25.0, 25.0, 25.0}$$

$$P1 = \text{POINT/50.0, 75.0, 100.0}$$

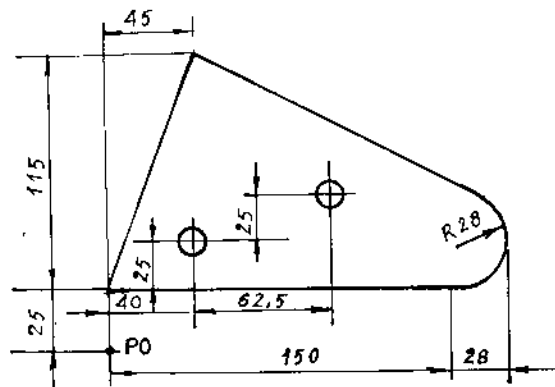
4. Cùng một yếu tố hình học, không thể mang hai ký hiệu khác nhau. Ví dụ dãy lệnh sau đây là sai:

$$P1 = \text{POINT/25.0, 25.0, 25.0}$$

$$P2 = \text{POINT/25.0, 25.0, 25.0}$$

5. Đường thẳng được coi là dài vô tận về cả hai phía. Tương tự như vậy, mặt phẳng được coi là mở rộng ra vô hạn, còn đường tròn là khép kín hoàn toàn.

Ví dụ 1.1. Hãy xác định các lệnh hình học đối với vật làm có kích thước như ở hình 1.1.

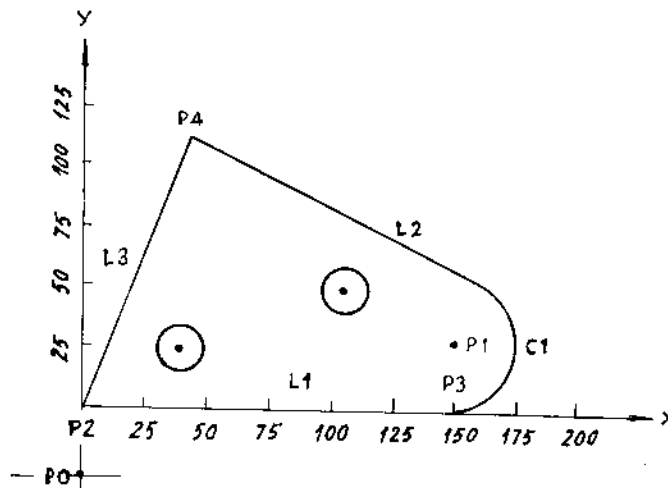


Hình 1.1. Vật làm với đầy đủ kích thước hình học.

$$P0 = \text{POINT/0, -25.0, 0.0}$$

$$P1 = \text{POINT/150.0, 28.0, 0.0}$$

$P2 = \text{POINT}/0.0, 0.0, 0.0$
 $P3 = \text{POINT}/150.0, 0.0, 0.0$
 $P4 = \text{POINT}/45.0, 115.0, 0.0$
 $L1 = \text{LINE}/P2, P3$
 $C1 = \text{CIRCLE}/\text{CENTER}, P1, \text{RADIUS}, 28.0$
 $L2 = \text{LINE}/P4, \text{RIGHT}, \text{TANTO}, C1$
 $L3 = \text{LINE}/P2, P4$
 $PL1 = \text{PLANE}/P2, P3, P4$



Hình 1.2. Vật làm ở hình 1.1 được đặt lên hệ tọa độ x-y và ghi ký hiệu cho các yếu tố hình học, kèm theo một điểm đích P0.

1.3. NHÓM LỆNH CHUYỂN ĐỘNG

Các lệnh thuộc nhóm này đều có một khuôn dạng chung, đó là:

Lệnh chuyển động/Dữ liệu mô tả (1.2)

Ví dụ: GOTO/P1

Như vậy khuôn dạng nhóm lệnh này có hai phần cách biệt nhau bởi dấu số trái (/). Phần đầu là lệnh chuyển động cơ bản, bảo cho dụng cụ cắt phải làm gì. Phần thứ hai là dữ liệu mô tả, bảo cho dụng cụ cắt đi đến đâu. Ở ví dụ trên đây, dụng cụ cắt được lệnh tới điểm P1, là điểm đã được xác định trước.

Trước các lệnh chuyển động, dụng cụ cắt phải có được một điểm xuất phát (đồng thời cũng là điểm đích vì cắt gọt xong dao cắt lại trở về điểm xuất phát là vị trí mà người thao tác máy định vị dụng cụ cắt khi bắt đầu cắt gọt). Lập trình viên khai báo điểm xuất phát này qua lệnh sau đây:

FROM/TARG (1.3)

trong đó FROM là từ khóa của APT, chỉ ra rằng đây là điểm khởi đầu mà các điểm khác phải tham chiến tới;

TARG là *ký hiệu*, đại diện cho điểm khởi đầu đã được xác định từ trước (chẳng hạn qua lệnh TARG = POINT/-50.0, -50.0, 0.0)

Cũng có thể viết lệnh (1.3) dưới dạng tường minh, chẳng hạn:

FROM/-50.0, -50.0, 0.0

trong đó -50.0, -50.0, 0.0 lần lượt là tọa độ x, y, z của điểm khởi đầu.

Từ khóa FROM chỉ xuất hiện ở đầu dãy các lệnh chuyển động.

Cần phân biệt hai loại chuyển động: chuyển động *điểm tới điểm* hay còn gọi là PTP (Point To Point) và chuyển động *theo đường bao*.

1.3.1. Chuyển động điểm tới điểm (P.T.P)

Chỉ có hai lệnh đối với loại chuyển động này, đó là lệnh GOTO và lệnh GODLTA.

1. Lệnh GOTO chỉ thị cho dụng cụ cắt di chuyển tới một điểm cụ thể được chỉ rõ trong dữ liệu mô tả. Ví dụ:

GOTO/P2

GOTO/50.0, 175.0, 0.0

Ở ví dụ trên đây, lệnh thứ nhất chỉ thị cho dao cắt di chuyển tới điểm P2 đã xác định trước, lệnh thứ hai bảo dao cắt di chuyển tới điểm có tọa độ $x = 50.0$, $y = 175$, $z = 0.0$.

2. Lệnh GODLTA chỉ thị cho dụng cụ cắt di chuyển tịnh tiến so với vị trí hiện thời. Ví dụ:

GODLTA/50.0, 175.0, 0.0

chỉ thị cho dụng cụ cắt di chuyển một lượng $x = 50.0$, $y = 175.0$, $z = 0.0$ so với vị trí hiện thời của nó.

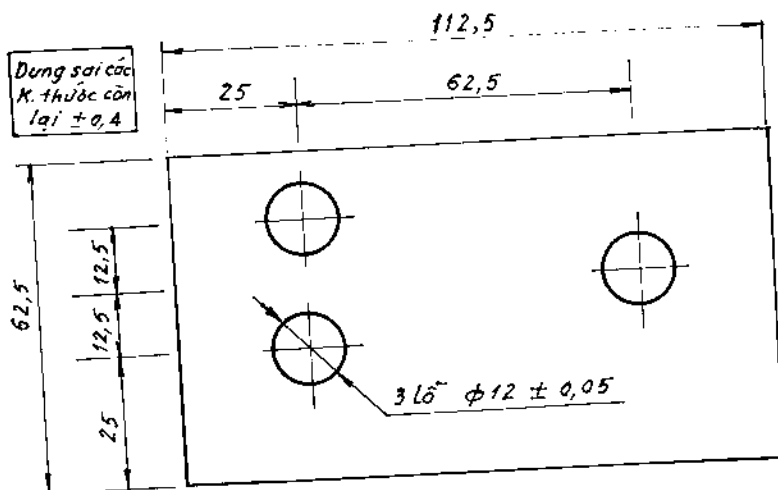
Lệnh GODLTA rất đặc dụng trong máy khoan và trong các chuyển động tương đối. Dụng cụ cắt có thể được đưa tới một vị trí cụ thể bằng lệnh GOTO. Sau đó lệnh GODLTA sẽ được dùng để chỉ thị cho máy khoan tạo ra một lỗ tại vị trí mong muốn như trong dãy lệnh sau đây:

GOTO/P2

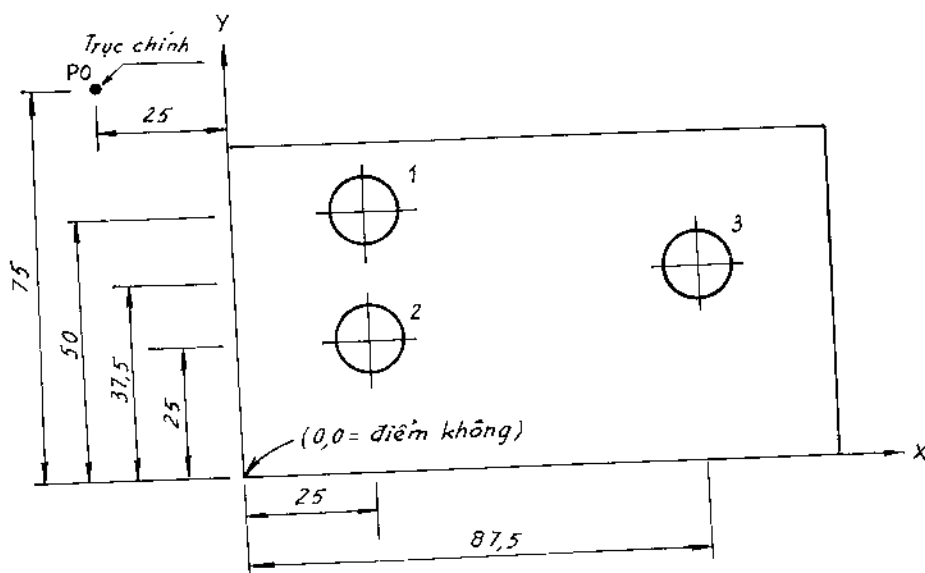
GODLTA/0,0, -37.5

GODLTA/0,0, +37.5

Ví dụ 1.2. Hãy viết dãy lệnh hình học và chuyển động cần thiết để thực hiện việc khoan lỗ cho vật làm ở hình 1.3. Giả thiết rằng vật làm có chiều dày 12,5 mm.



Hình 1.3. Bản vẽ chi tiết dùng cho ví dụ 1.2.



Hình 1.4. Hệ tọa độ được xác định cho ví dụ 1.2.

Trước hết, chúng ta đặt vật làm lên hệ trục tọa độ x - y với góc dưới bên trái trùng với gốc tọa độ và gọi đó là điểm (0,0) và quy định điểm xuất phát (đồng thời cũng là điểm đích) của mũi khoan là PO tại tọa độ (-25,0, 25,0). Như vậy khi xuất phát cũng như khi kết thúc việc khoan, mũi khoan ở cách mặt trên của vật làm một khoảng cách là $25,0 - 12,5 = 12,5$ mm.

$$P1 = \text{POINT}/25,0, 50,0, 0,0$$

$$P2 = \text{POINT}/25,0, 25,0, 0,0$$

```

P3 = POINT/87.5, 37.5, 0.0
PO = POINT/-25.0, 75.0, 25.0
FROM/PO
GOTO/P1
GODLTA/0,0, -25.0
GODLTA/0,0, +25.0
GOTO/P2
GODLTA/0,0, -25.0
GODLTA/0,0, +25.0
GOTO/P3
GODLTA/0,0, -25.0
GODLTA/0,0, +25.0
GOTO/PO

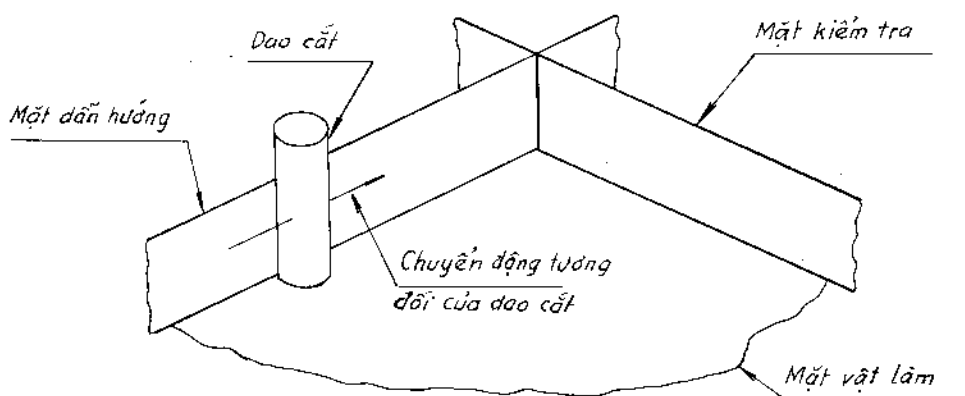
```

Dãy lệnh ở trên cho thấy các lệnh hình học và chuyển động có thể phối hợp với nhau để điều khiển dụng cụ cắt nhằm thực hiện các bước gia công, tuy nhiên để trở thành một chương trình APT đầy đủ thì còn thiếu các lệnh *phụ trợ* và *hậu xử lý* mà chúng ta sẽ đề cập tới ở mục sau.

1.3.2. Chuyển động theo đường bao vòng

Các lệnh này hơi phức tạp vì vị trí dụng cụ cắt phải được không ngừng điều khiển trong quá trình chuyển động của nó. Để thực hiện việc điều khiển này, dụng cụ cắt cần được dẫn hướng dọc theo hai mặt giao nhau như ở hình 1.5. Trong ngôn ngữ APT, các mặt này được đặt tên như sau:

1. *Mặt dẫn hướng* là mặt định hướng mặt bên của dụng cụ cắt.



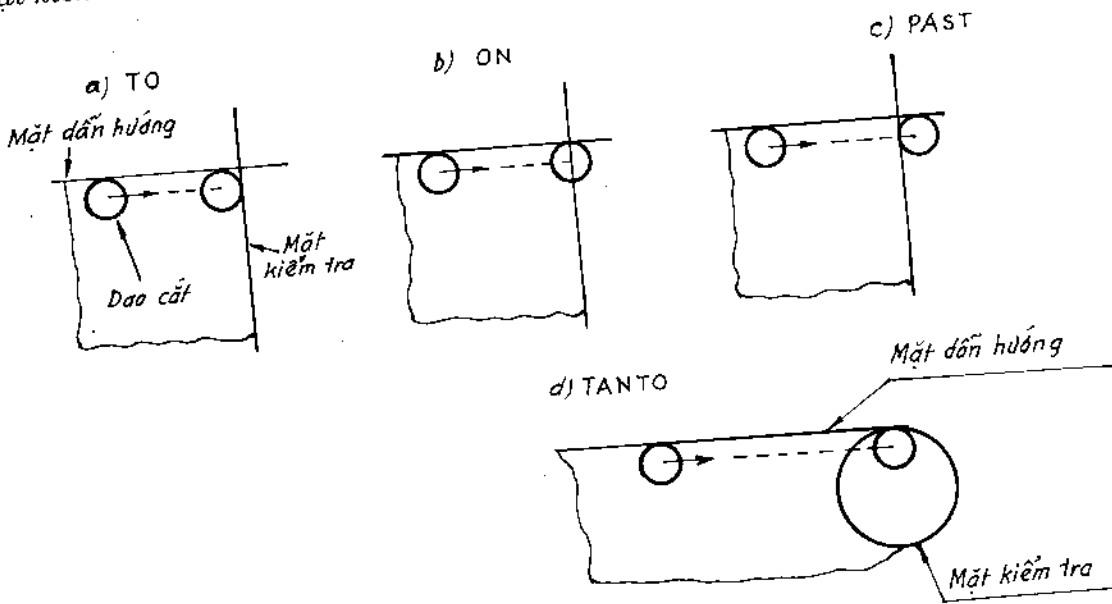
Hình 1.5. Ba mặt dẫn đường cho dụng cụ cắt trong chuyển động theo đường bao.

2. *Mặt vật làm* là mặt định hướng mặt đáy của dụng cụ cắt. Tuy nhiên nó không nhất thiết phải là mặt thực tế của vật làm mà đây là mặt mà lập trình viên phải xác định cùng với mặt dẫn hướng nhằm duy trì việc điều khiển đường đi liên tục của dụng cụ cắt.

Ngoài ra APT còn cần đến một mặt nữa trong chuyển động đường bao, đó là *mặt kiểm tra*.

3. *Mặt kiểm tra* là mặt dừng chuyển động của dụng cụ cắt trong hướng dịch chuyển hiện thời. Nói cách khác, nó kiểm tra sự di chuyển về phía trước của dao cắt.

APT có một số từ khóa điều chỉnh: TO, ON, PAST và TANTO để xác định *mặt kiểm tra* như được minh họa ở hình 1.6.

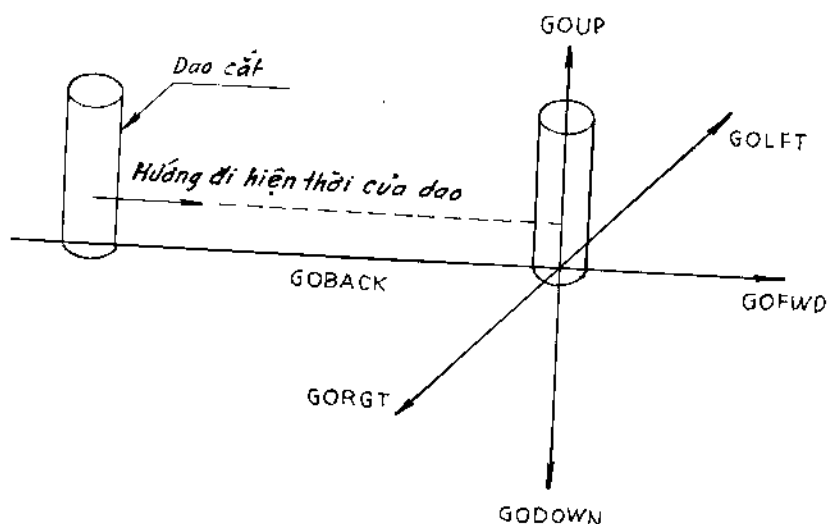


Hình 1.6. Vị trí mặt kiểm tra tùy theo từ khóa điều chỉnh nào được dùng:

- a) TO - di chuyển dụng cụ cắt đến khi tiếp xúc trong với mặt kiểm tra; b) ON - tâm dụng cụ cắt nằm trên mặt kiểm tra; c) PAST - dụng cụ cắt tiếp xúc ngoài với mặt kiểm tra; d) TANTO - tâm dụng cụ cắt trùng với điểm tiếp tuyến giữa mặt kiểm tra với mặt dẫn hướng.

Lệnh chuyển động theo đường bao chỉ thị cho dụng cụ cắt di chuyển dựa theo bề mặt dẫn hướng và bề mặt vật làm, và chuyển động sẽ dừng lại khi dụng cụ cắt nằm tại mặt kiểm tra. Có sáu từ khóa được dùng: GOLFT (đi về bên trái), GORGT (đi về bên phải), GOFWD (tiến), GOBACK (lùi), GOUP (lên), GODOWN (xuống). Hình 1.7 minh họa sáu hướng chuyển động của dụng cụ cắt tương ứng với sáu từ khóa này. Khi lập trình, chúng ta phải luôn nhớ dụng cụ cắt đang từ

đâu đi tới? Khi nó đạt đến mặt kiểm tra mới thì chuyển động tiếp theo sẽ là rẽ phải, ngược lên hay đi xuống, v.v...? Căn cứ vào đó để chọn một trong sáu từ khóa nói trên cho thích hợp. Để thuận tiện, ta nên coi vật làm là đứng yên, còn dụng cụ cắt thì di chuyển tương đối với vật làm.



Hình 1.7. Ý nghĩa của một số từ khóa trong lệnh chuyển động.

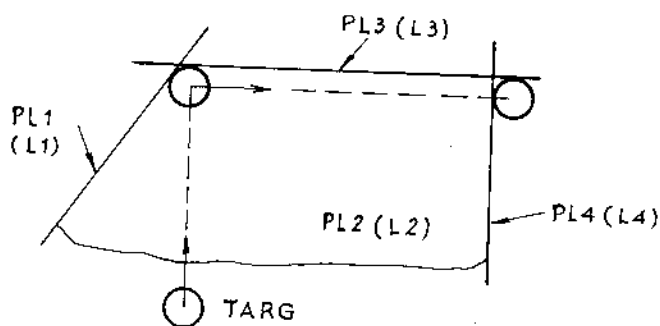
Chẳng hạn để điều khiển dụng cụ cắt chuyển động theo phương hướng như ở hình 1.8, ta viết dãy lệnh sau đây:

FROM/TARG

GO/TO, PL1, TO, PL3, TO, PL2

GORGT/PL3, PAST, PL4

Lệnh thứ nhất nói rằng bắt đầu từ (FROM) điểm xuất phát - đồng thời cũng là điểm đích (TARG), vì khi cắt xong, dụng cụ cắt lại được đưa trở về điểm này. Lệnh thứ hai bắt đầu bằng từ khóa GO (đi) để ra lệnh cho dụng cụ cắt chuyển động cho tới khi tiếp xúc trong (TO) với mặt PL1, rồi tiếp xúc trong (TO) với mặt



Hình 1.8. Mô tả một đoạn đường đi của dụng cụ cắt.

PL3 (do đó dụng cụ cắt sẽ đồng thời tiếp tuyến với hai mặt này), rồi tiếp xúc trong (TO) với mặt vật làm PL2.

Lệnh thứ ba chỉ thị cho dụng cụ cắt đi về bên phải (GORGT) dọc theo mặt PL3 cho đến khi tiếp xúc ngoài (PAST) với mặt PL4.

Trong trường hợp các mặt dẫn hướng và mặt kiểm tra vuông góc với mặt vật làm thì do hình chiếu của chúng lên mặt vật làm sẽ là đường thẳng (nếu là mặt phẳng) hoặc đường cong (nếu là mặt cong), nên có thể thay thế chúng bởi đường thẳng hay đường cong tương ứng. Vì vậy ở hình 1.8 ta có thể thay thế PL2 bởi L2, PL3 bởi L3, PL4 bởi L4. Lúc này chuỗi lệnh nêu trên được viết lại như sau:

```
FROM/TARG
GO/TO, L1, TO, L3, TO, PL2
GORGT/L3, PAST, L4
```

Ví dụ 1.3. Sử dụng kết quả của ví dụ 1.1, hãy viết dãy lệnh chuyển động để gia công vật làm ở hình 1.2, trong đó PL1 là mặt vật làm và PO là điểm xuất phát (và điểm đích).

```
FROM/PO
GO/TO, L1, TO, PL1, TO, L3
GORGT/L1, TANTO, C1
GOFWD/C1, PAST, L2
GOFWD/L2, PAST, L3
GOLFT/L3, PAST, L1
GOTO/PO
```

Chú ý rằng mặt vật làm PL1 trong dãy lệnh nêu trên phải nằm tại mặt đáy của vật làm để dụng cụ cắt có thể cắt hết chiều dày của nó. Qua đó chúng ta thấy rằng mặt vật làm không nhất thiết phải nằm trên vật làm.

Ví dụ 1.3 cũng gợi hai câu hỏi còn bỏ ngỏ, đó là dao cắt được định cỡ như thế nào, lượng chạy dao và tốc độ cắt ra sao? Hai câu hỏi này cùng những câu hỏi khác sẽ được giải đáp bởi hai nhóm *lệnh hậu xử lý* và *phụ trợ* sau đây:

1.4. NHÓM LỆNH HẬU XỬ LÝ

Để viết một chương trình vật làm đầy đủ, phải có những lệnh điều khiển hoạt động của trục chính, lượng chạy dao cùng các đặc điểm khác của máy công

cụ - và đó là những *lệnh hậu xử lý*. Phụ lục A có giới thiệu một số *lệnh hậu xử lý* thường gặp như sau:

```
COOLNT/  RAPID
END      SPINDL/
FEDRAT/  TURRET/
MACHIN/
```

Các *lệnh hậu xử lý* (và các *lệnh phụ trợ* sẽ nói trong mục sau) có hai dạng: kèm theo hoặc không kèm theo dấu sổ trái (/). *Lệnh* không có dấu sổ trái là *lệnh tự túc*, nghĩa là không cần có thêm dữ liệu nào cho nó nữa. Còn các *từ khóa* có dấu sổ trái thì cần có dữ liệu mô tả kèm sau (xem phụ lục A). Lấy lệnh FEDRAT/làm ví dụ: FEDRAT là chữ viết tắt của thuật ngữ *feed rate* nghĩa là *lượng chạy dao* (hay tốc độ chạy dao), với *chạy dao* thì tùy theo từng máy công cụ mà được hiểu khác nhau. Chẳng hạn đối với máy khoan thì *chạy dao* cùng chiều với đường tâm của mũi khoan, còn đối với máy phay mặt đầu là máy thường gặp trong NC, thì *chạy dao* vuông góc với đường tâm của dao phay.

1.5. NHÓM LỆNH PHỤ TRỢ

Chương trình APT đầy đủ còn phải có các *lệnh phụ trợ* nữa. Những lệnh này được dùng để xác định cỡ dao, mã hiệu vật làm, v.v... Phụ lục A có định nghĩa các từ khóa trong các *lệnh phụ trợ* sau đây:

```
CLPRNT  INTOL/
CUTTER  OUTTOL/
FINI    PARTNO
```

Tính phân nhô ra của đường đi của dụng cụ cắt so với đường viền của vật làm nhờ lệnh CUTTER/số liệu khai báo. Ví dụ:

```
CUTTER/12
```

được hiểu là đường kính dao cắt bằng 12 mm. Do vậy, đường đi của dụng cụ cắt phải vượt quá đường viền của vật làm là $12/2 = 6$ mm.

Ví dụ 1.4. Vận dụng những điều vừa được trình bày ở trên, chúng ta sẽ viết một chương trình APT đầy đủ cho vật làm ở hình 1.1. Giả thiết rằng nó vừa được tạo dáng thô từ tấm thép cacbon thấp, cần gia công tinh bằng dao phay

ngón đường kính 12 mm. Giả sử tốc độ cắt 573 vg/phút và lượng chạy dao 75 mm/phút.

Hình 1.9 giới thiệu chương trình với hàng trên cho thấy khoảng cách giữa các ký tự, giống như nó đã được đục lỗ vào thẻ đục lỗ để đưa vào máy tính.

Column			
1	6	8	10 72
PARTNO			EXAMPLE PART MACHIN/MILL, 1 CLPRNT INTOL/.025 OUTTOL/.025 CUTTER/12 P0 = POINT/0, -25.0,0 P1 = POINT/150.0, 28.0, 0.0 P2 = POINT/0, 0, 0 P3 = POINT/150.0, 0.0, 0.0 P4 = POINT/45.0, 115.0, 0.0 L1 = LINE/P2, P3 C1 = CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 28.0 L2 = LINE/P4, RIGHT, TANTO, C1 L3 = LINE/P2, P4 PL1 = PLANE/P2, P3, P4 SPINDL/573 FEDRAT/75 COOLNT/ON FROM/PO GO/TO, L1, TO, PL1, TO, L3 GORGT/L1, TANTO, C1 GOFWD/C1, PAST, L2 GOFWD/L2, PAST, L3 GOLFT/L3, PAST, L1 RAPID GOTO/PO COOLNT/OFF FINI

Hình 1.9. Chương trình APT để gia công phay vật làm ở hình 1.1.

1.6. KHAI BÁO MACRO TRONG NGÔN NGỮ APT

Macro là một đoạn chương trình được đặt một tên. Ý nghĩa của nó trong APT cũng tương tự như trong các ngôn ngữ lập trình khác. Macro được sử dụng khi có nhiều đoạn chương trình giống nhau được lặp lại ở nhiều chỗ khác nhau trong chương trình. Do vậy có thể thấy mục đích của Macro là làm cho chương trình đỡ dài, nhờ thế mà giảm được công sức và thời gian lập trình.

Khuôn dạng của Macro như sau:

$$\text{Ký hiệu} = \text{MACRO/Các khai báo về tham số} \quad (1.4)$$

Quy tắc đặt tên cho *ký hiệu* của Macro cũng giống như cho mọi *ký hiệu* khác của APT, tức là *ký hiệu* có thể dài đến sáu ký tự, trong đó nhất thiết phải có một ký tự là chữ cái. *Các khai báo về tham số* sau dấu sổ trái (/) là những biến, mà giá trị của chúng có thể thay đổi giá trị mỗi lần Macro được gọi ra trong chương trình.

Macro được mở đầu bằng khuôn dạng 1.4, tiếp theo là dãy lệnh cần đưa vào Macro, và kết thúc Macro là từ khóa TERMAC (Terminating Macro - kết thúc Macro).

Ở trong chương trình APT, mỗi lần cần gọi đến Macro ta dùng lệnh sau đây:

$$\text{CALL/Ký hiệu, khai báo tham số} \quad (1.5)$$

trong đó *ký hiệu* là tên của Macro cần được gọi, còn *khai báo tham số* là các giá trị cụ thể của các tham số tại lần gọi hiện thời. Để cụ thể hơn chúng ta hãy xem ví dụ 1.5.

Ví dụ 1.5. Hãy sử dụng Macro để viết lại chương trình ở ví dụ 1.2 (vì trong chương trình đó có ba đoạn giống nhau để ra lệnh cho máy khoan gia công ba lỗ ở ba vị trí khác nhau).

```

DRILL = MACRO/PX      {Mở đầu Macro}
GOTO/PX
GODLTA/0,0, -25.0
GODLTA/0,0, +25.0
TERMAC                {Kết thúc Macro}
FROM/PO
CALL/DRILL, PX = P1
CALL/DRILL, PX = P2
CALL/DRILL, PX = P3
GOTO/PO
    
```

Chúng ta thấy nhờ sử dụng Macro, chương trình ở đây ngắn hơn chương trình được viết ở ví dụ 1.2. Trong ví dụ này chỉ có ba lỗ khoan, nếu số lỗ khoan càng nhiều thì sự cách biệt về độ dài giữa hai chương trình càng lớn.

Một đặc điểm cần chú ý là: một Macro có thể chứa lời gọi (CALL) tới một Macro khác. Đặc điểm này rất hay được sử dụng trong nhiều trường hợp, chẳng hạn khi gia công nhiều lỗ sắp xếp theo kiểu ma trận, ở đó mỗi lỗ có một cặp giá trị tọa độ (x, y) khác nhau.

Những ứng dụng như vậy của Macro trong ngôn ngữ APT có rất nhiều, vấn đề là khả năng vận dụng của chúng ta vào từng trường hợp cụ thể khi lập trình.

Ở đây chúng ta xét thêm một ứng dụng thường gặp của Macro (còn nhiều ứng dụng khác bạn đọc sẽ có dịp vận dụng để thực hiện các bài tập cuối chương), đó là khi gia công thô rồi gia công tinh trên cùng một vật làm. Lúc này ta “gói” trình tự các chuyển động vào trong một Macro rồi gọi đến Macro đó hai lần với hai đường kính dao cắt khác nhau. Lời gọi CALL thứ nhất xác định một dao cắt thô với đường kính lớn hơn so với dao cắt tinh qua lời gọi CALL thứ hai. Chúng ta hãy xem xét ví dụ minh họa 1.6.

Ví dụ 1.6. Hãy viết chương trình APT để thực hiện liên tiếp hai nguyên công cắt thô và cắt tinh tạo hình bao chi tiết cho ở hình 1.1 (và 1.2). Cả hai nguyên công đều dùng dao phay ngón cùng đường kính 12 mm. Nguyên công cắt thô cần để lại một lượng dư gia công 0,20 mm cho nguyên công cắt tinh. Nguyên công cắt tinh sẽ cắt hết lượng dư đó để tạo hình bao cuối cùng.

Sự khác nhau duy nhất giữa hai nguyên công chỉ là khoảng cách giữa đường bao thành phẩm so với đường tâm dao phay. Do vậy ta chỉ cần viết một Macro cho cả hai nguyên công. Sau đó ta gán giá trị 12,4 mm cho đường kính dao ở lời gọi thứ nhất rồi gán giá trị 12 mm cho đường kính dao ở lời gọi thứ hai tới Macro, và nhờ vậy đã để lại một lượng dư gia công $= (12,4 - 12)/2 = 0,2$ mm cho nguyên công cắt tinh.

MILL = MACRO/DIA {Mở đầu Macro}

CUTTER/DIA

FROM/PO

GO/TO, L1, TO, PL1, TO, L3

GORGT/L1, TANTO/C1

GOFWD/C1, PAST, L2

GOFWD/L2, PAST, L3

GOLFT/L3, PAST, L1

GOTO/PO

TERMAC {Kết thúc Macro}

Với nội dung Macro như trên thì trong phần chính chương trình, ta chỉ đơn giản đưa ra hai lời gọi để thỏa mãn yêu cầu đã nêu:

CALL/MILL, 12.4

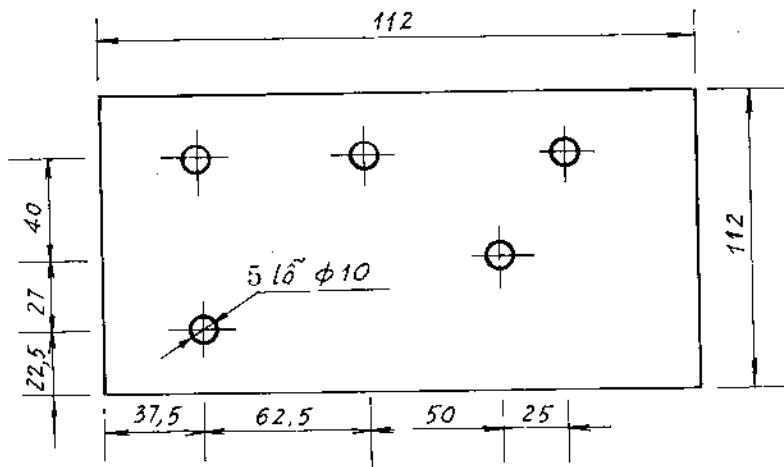
CALL/MILL, 12.0

Macro chỉ là một trong nhiều nét đặc sắc khác trong APT và trên đây chúng ta chỉ mới lướt qua một phần rất khiêm tốn.

Các bài tập cuối chương sẽ tạo điều kiện để bạn đọc tiếp cận đầy đủ hơn về ngôn ngữ APT.

BÀI TẬP CHƯƠNG 1

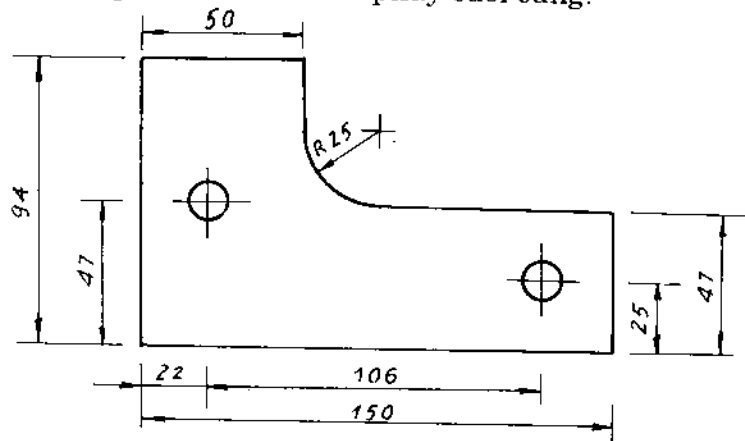
- 1.1. Vật làm cho ở hình 1.10 sẽ được hoàn tất trên máy khoan bàn. Đường bao của vật làm đã được gia công xong trước đó, nay cần gia công tiếp năm lỗ $\phi 10$. Hệ trục tọa độ dùng cho nguyên công này được đặt tại góc dưới bên trái của vật làm. Cho biết chiều dày vật làm là 10 mm.
- Hãy viết các lệnh hình học để xác định vị trí năm lỗ nói trên.
 - Hãy viết dãy lệnh chuyển động để thực hiện trình tự khoan năm lỗ đó. Dùng điểm có tọa độ (-25, -75) làm điểm xuất phát cho lệnh FROM.



Hình 1.10. dùng cho các bài tập 1.1 và 1.2.

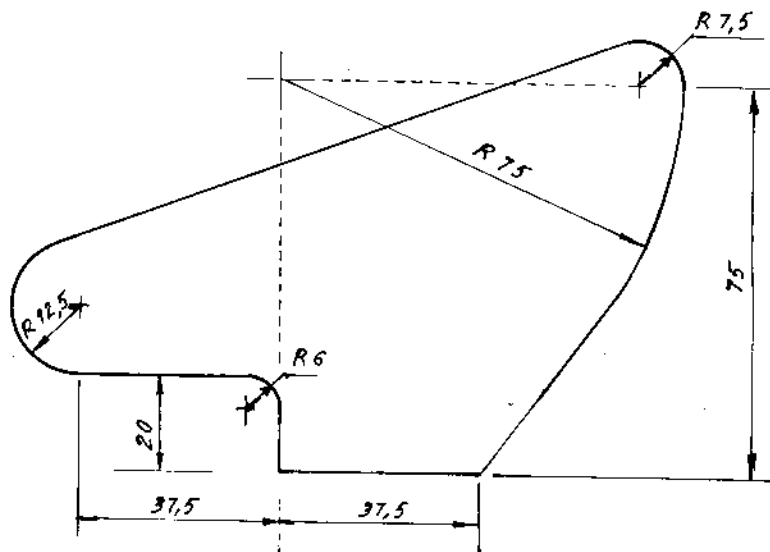
- 1.2. Hãy viết chương trình APT đầy đủ cho bài tập 1.1. Lệnh hậu xử lý được dùng ở đây là MACHIN/DRILL. Mũi khoan có đường kính 10 mm, vật liệu là nhôm kỹ thuật, tốc độ cắt và lượng chạy dao lần lượt là 900 vg/phút và 75 mm/phút.
- 1.3. Một nguyên công phay cạnh sẽ được tiến hành để tạo ra đường bao của vật làm ở hình 1.11. Bỏ qua hai lỗ vì trước đó chúng đã được gia công trên máy khoan và sẽ được sử dụng để kẹp vật làm lên bàn máy. Cho biết vật làm có chiều dày là 12 mm.
- Hãy viết các lệnh hình học để xác định đường bao của vật làm.

- b) Viết trình tự dãy lệnh chuyển động để tiến hành phay cạnh, tạo ra đường bao chi tiết. Dùng góc dưới bên trái của vật làm gốc tọa độ. Chọn điểm có tọa độ $(-75, -75)$ làm *điểm xuất phát* trong lệnh FROM. Giả sử vật làm đã được gia công thô trên máy bào xọc và để lại một lượng dư gia công là 3 mm cho lần phay cuối cùng.



Hình 1.11. Dùng cho bài tập 1.3 và 1.4.

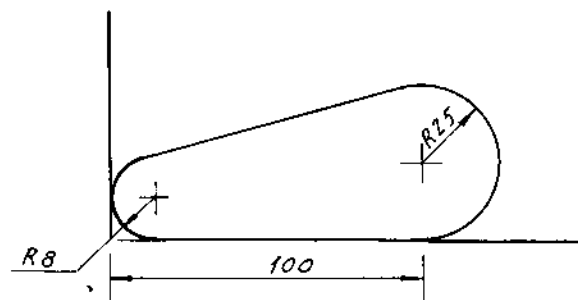
- 1.4. Viết chương trình APT đầy đủ cho bài tập 1.3. Lệnh hậu xử lý trong trường hợp này là MACHIN/MILL, 05. Dung sai bán kính cung tròn là $\pm 0,025$. Dao phay ngón có đường kính 25 mm. Tốc độ cắt và tốc độ ăn dao lần lượt là 400 vg/phút và 75 mm/phút.
- 1.5. Hình 1.12 giới thiệu hình dạng cam sẽ được gia công trên máy phay, với dao phay ngón hai lưỡi cắt, đường kính 12 mm.



Hình 1.12. Cam dùng cho bài tập 1.5.

- a) Viết các lệnh hình học để xác định đường viền của cam.
- b) Viết trình tự dãy lệnh chuyển động dựa trên kết quả câu a).
- c) Viết chương trình APT đầy đủ. Cho biết tốc độ cắt và lượng chạy dao lần lượt là 500 vg/phút và 75 mm/phút, dung sai $\pm 0,013$ mm. Lệnh hậu xử lý trong trường hợp này là MACHIN/MILL, 01. Giả sử cam đã được gia công thô trên máy bào xọc. Bỏ qua vấn đề kẹp chặt vật làm lên bàn máy.

1.6. Hình bao của vật làm ở hình 1.13 sẽ được tạo ra qua hai lần cắt trên máy phay với cùng một dao phay ngón, đường kính dao $\phi 20$. Lần cắt thứ nhất để lại một lượng dư 1,2 mm dành cho lần cắt cuối cùng. hãy viết các lệnh hình học và lệnh chuyển động để thực hiện hai lần cắt nói trên.



Hình 1.13. Dùng cho hai bài tập 1.6 và 1.9.

- 1.7.** Hãy viết chương trình APT cho bài tập 1.2 (hình 1.10) có sử dụng Macro như trong ví dụ 1.5.
- 1.8.** Giả sử các lỗ thuộc vật làm ở hình 1.10 được tạo ra qua ba nguyên công khoan, khoét và doa (ba dụng cụ cắt khác nhau trên cùng một máy). Hãy viết chương trình APT đầy đủ trong đó có hai Macro: một Macro để gọi vị trí hình học các lỗ, Macro thứ hai để gọi thao tác cắt gọt tương ứng (tương tự như Macro được dùng trong bài tập 1.6). Lệnh gọi tới dụng cụ cắt và điều kiện cắt cho từng nguyên công như sau:
 - Đối với nguyên công khoan: TURRET/04
Tốc độ cắt 800vg/phút,
Lượng chạy dao 65 mm/phút.
 - Đối với nguyên công khoét: TURRET/06
Tốc độ cắt 500 vg/phút,
Lượng chạy dao 100 mm/phút.

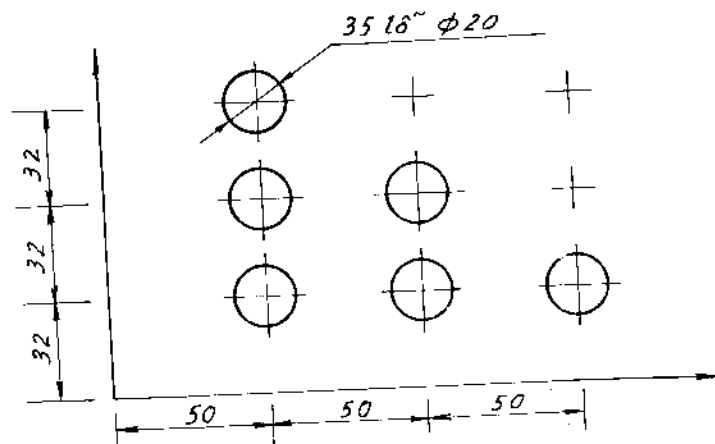
- Đối với nguyên công doa: TURRET/02

Tốc độ cắt: 200 vg/phút,

Lượng chạy dao: 320 mm/phút.

- 1.9. Viết chương trình đầy đủ cho vật làm ở hình 1.13 bằng cách sử dụng lại kết quả của bài tập 1.6. Chương trình có sử dụng Macro cho hai lần cắt. Lệnh hậu xử lý là MACHIN/MILL, 01. Dung sai cho phép là $\pm 0,025$. Tốc độ cắt và lượng chạy dao lần lượt là 400 vg/phút và 75 mm/phút.

- 1.10. Một ma trận lỗ như ở hình 1.14 sẽ được gia công trên máy khoan. Số lỗ trên một hàng là 5, số lỗ trên một cột là 7, do đó tổng cộng 35 lỗ. Viết chương trình đầy đủ, trong đó có sử dụng Macro để thiết lập tọa độ cho các lỗ.



Hình 1.14. Dùng cho bài tập 1.10.

Chương 2

ĐIỀU KHIỂN SỐ TRUYỀN THỐNG

2.1. MỞ ĐẦU

Nhiều thành tựu trong lĩnh vực thiết kế và chế tạo có sự trợ giúp của máy tính đều có một nguồn gốc chung từ kỹ thuật điều khiển số (Numerical control, viết tắt là NC). Hệ thống khái niệm cơ bản hình thành trong quá trình phát triển của điều khiển số vẫn tiếp tục trải qua sàng lọc và mở rộng trong công nghệ CAD/CAM hiện đại. Do vậy *NC được coi là mở đầu của CAM* và chúng ta sẽ dành toàn bộ chương này để xem xét về điều khiển số.

Chương này chủ yếu là xác định các khái niệm và ứng dụng cơ bản của điều khiển số truyền thống và nhấn mạnh rằng các hệ NC hiện đại phụ thuộc rất nhiều vào công nghệ máy tính.

♦ Điều khiển số là gì?

Có thể định nghĩa *điều khiển số (NC) là một dạng tự động có thể lập trình được, trong đó quá trình được điều khiển bằng số, ký tự và ký hiệu*. Trong NC, các số tạo thành một chương trình gồm các lệnh dùng cho một vật làm hay một công việc gia công vật làm. Khi việc làm đó thay đổi thì chương trình gồm các lệnh cũng thay đổi theo. Tính mềm dẻo của NC là nhờ ở khả năng thay đổi của chương trình này. Rõ ràng viết lại một chương trình thì dễ dàng hơn nhiều so với thay đổi trang-thiết bị sản xuất.

Công nghệ NC đã được ứng dụng trong nhiều loại nguyên công, kể cả vẽ, lắp ráp, kiểm tra chất lượng, đột dập và hàn điểm. Tuy nhiên ứng dụng chủ yếu của NC là trong gia công cắt gọt kim loại. Vật làm (chi tiết cần được gia công) có nhiều kích cỡ và hình thù khác nhau, đồng thời đa số vật làm trong công nghiệp hiện nay thường được sản xuất hàng loạt nhỏ và vừa. Và những vật làm đó thường phải trải qua các nguyên công điển hình như khoan, tiện và phay. Việc NC thích hợp với các công việc cắt gọt này là lý do khiến điều khiển số phát triển cực kỳ nhanh chóng trong công nghiệp gia công kim loại từ nửa sau thế kỷ XX đến nay.

♦ *Vài nét lịch sử phát triển*

NC truyền thống gắn liền với một công trình có tính chất mở đường của John T. Parsons. Vào cuối những năm 40 của thế kỷ XX, Parsons đã nghĩ đến phương pháp sử dụng bìa có đục lỗ chứa thông tin về tọa độ để điều khiển một máy công cụ. Cổ máy này được điều khiển chuyển động tịnh tiến từng bước nhỏ, nhờ vậy tạo ra bề mặt mong muốn trên vật làm. Năm 1948 Parsons trình diễn ý tưởng của mình với cơ quan không lực Hoa Kỳ rồi sau đó được một loạt dự án tại Viện Công nghệ Massachusetts (MIT) đỡ đầu.

Công trình mở đầu tại MIT liên quan tới việc triển khai một máy phay NC ở giai đoạn chế thử, và năm 1952 mẫu thử này được trình diễn thành công. Ngay sau đó tính hiệu quả cao của khái niệm NC đã được chứng minh.

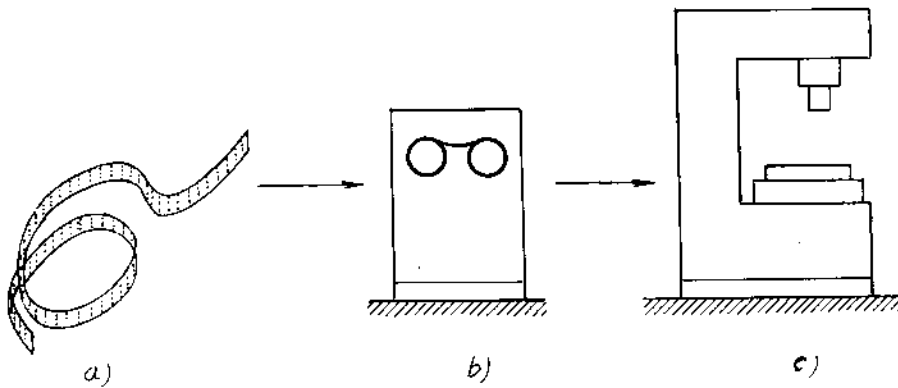
Chẳng bao lâu sau, các nhà thiết kế chế tạo máy công cụ bắt đầu khởi động các dự án triển khai riêng của mình để cho ra đời những cổ máy NC trên thị trường. Một số ngành công nghiệp khác cũng không bỏ lỡ cơ hội để nghĩ ra các dự án máy điều khiển số nhằm đáp ứng những nhu cầu đặc biệt của riêng ngành mình. Không lực Hoa Kỳ tiếp tục cổ vũ việc phát triển NC bằng cách đỡ đầu việc nghiên cứu bổ sung tại MIT để phát triển một ngôn ngữ lập trình vật làm có thể dùng điều khiển máy NC. Kết quả là đã cho ra đời ngôn ngữ APT mà chúng ta đã xem xét ở chương 1. Mục tiêu nghiên cứu ban đầu của APT là cung cấp một phương tiện để người lập trình vật làm có thể thông báo các lệnh cắt gọt cho máy công cụ bằng những lệnh đơn giản gần giống với tiếng Anh. Dẫu rằng APT bị phê phán là quá cồng kềnh đối với nhiều loại máy tính, tuy nhiên ngôn ngữ này đã cho thấy những khả năng to lớn của nó. Ngày nay APT vẫn được dùng rộng rãi trong công nghiệp, hầu hết các ngôn ngữ lập trình vật làm là dựa trên các khái niệm của APT, và nhược điểm "cồng kềnh" của nó đã được ngành công nghiệp máy tính hiện đại bỏ qua.

2.2. CÁC THÀNH PHẦN CƠ BẢN CỦA MỘT HỆ NC

Một hệ điều khiển số gồm ba thành phần cơ bản sau đây:

1. Chương trình gồm các lệnh.
2. Bộ phận điều khiển (CU), còn được gọi là bộ điều khiển máy (MCU - Machine Control Unit).
3. Máy công cụ (hoặc quá trình được điều khiển khác).

Ba thành phần này có một mối quan hệ chung như được minh họa ở hình 2.1: chương trình (a) làm nhiệm vụ đầu vào cho bộ phận điều khiển (b) để bộ phận này ra các mệnh lệnh cho máy công cụ (c) hoặc một quá trình cần được điều khiển nào đó.



Hình 2.1. Ba thành phần của một hệ thống điều khiển số:
a) chương trình gồm các lệnh; b) bộ phận điều khiển; c) máy công cụ.

Sau đây chúng ta sẽ xem xét kỹ hơn về ba thành phần này.

2.2.1. Chương trình

Chương trình là một tập hợp lệnh được chi tiết hóa bước nọ sau bước kia, bảo cho máy biết phải làm gì. Chương trình được viết dưới dạng các mã số (hoặc mã ký hiệu) trên vật mang tin để khi nhập vào bộ phận điều khiển thì bộ phận này có thể diễn dịch ra được. Trước đây vật mang tin thông dụng nhất là băng có đục lỗ, rộng 1 in. Qua thời gian, còn ra đời một số loại vật mang tin khác, kể cả bìa có đục lỗ, thậm chí phim ảnh 35 mm,...

Có hai phương pháp nhập thông tin (input) cho hệ NC. Phương pháp nhập thứ nhất là vào dữ liệu cho CU bằng thủ công, và được gọi là *nhập dữ liệu thủ công* (MDI - Manual Data Input). Phương pháp này chỉ thích hợp với những việc làm khá đơn giản, trong đó trình tự các thao tác không lặp lại. Chương 3 sẽ trình bày về phương pháp MDI này.

Phương pháp thứ hai là thông qua đường truyền trực tiếp với máy tính, gọi là *điều khiển số trực tiếp*, hay DNC (Direct Numerical Control). Chúng ta sẽ xem xét phương pháp này ở chương 4.

Chương trình trong đó chứa các lệnh do người lập trình vật làm soạn thảo. Công việc của người lập trình là đưa ra một bộ lệnh tỉ mỉ để dựa vào đó mà các bước gia công được thực hiện. Đối với một nguyên công cắt gọt, các bước gia công này có liên quan tới chuyển động tương đối giữa dao cắt và vật làm.

2.2.2. Bộ phận điều khiển (CU)

CU gồm có các bộ phận điện tử và phi điện tử khác, có nhiệm vụ đọc và diễn giải các lệnh trong chương trình rồi chuyển đổi chúng thành các hoạt động

cơ học của máy công cụ. Các thành phần điển hình của một bộ phận điều khiển trong NC truyền thống gồm có đầu đọc băng, bộ đệm dữ liệu (buffer), các kênh xuất tín hiệu cho máy công cụ, các kênh phản hồi từ máy công cụ và các cơ cấu (mạch) điều khiển tuần tự để điều phối toàn bộ hoạt động của các thành phần nói trên. Cũng cần lưu ý rằng ngày nay hầu hết các hệ NC hiện đại đều dùng máy vi tính làm bộ phận điều khiển (CU). Loại NC này được gọi là *điều khiển số bằng máy tính (CNC)*, và chúng ta sẽ trở lại với CNC ở chương 4.

- *Đầu đọc băng* là một thiết bị cơ điện dùng để cuộn băng có đục lỗ và đọc thông tin (chương trình) chứa trên đó. Thông tin được đọc từ băng vào bộ đệm dữ liệu (buffer). Mục đích của thiết bị này là lưu trữ các lệnh đầu vào dưới dạng các khối (block) logic về thông tin. Thường thì một khối thông tin thể hiện trọn vẹn một bước trong dãy các bước trong nguyên công. Ví dụ, một khối có thể là dữ liệu cần cho việc di chuyển bàn máy tới một vị trí mong muốn và khoan một lỗ tại vị trí đó.
- *Các kênh xuất tín hiệu* được nối với động cơ *servo* (động cơ trợ động) và các cơ cấu (mạch) điều khiển khác trong máy công cụ. Thông qua các kênh này, các lệnh được gửi từ CU cho máy công cụ. Để đảm bảo chắc chắn rằng những lệnh đó đã được máy công cụ xử lý một cách đúng đắn, dữ liệu phản hồi sẽ được gửi trở lại CU thông qua các *kênh phản hồi*. Chức năng quan trọng nhất của vòng phản hồi là để đảm bảo rằng bàn máy và vật làm đã được định vị đúng đắn so với dụng cụ cắt.
- *Các cơ cấu (mạch) điều khiển tuần tự* có tác dụng điều phối toàn bộ hoạt động của các thành phần khác của CU. Đầu đọc băng được kích hoạt để đọc dữ liệu từ băng vào buffer, các tín hiệu được gửi tới máy công cụ và từ máy công cụ gửi về, v.v... Các loại hoạt động này cần được đồng bộ hóa và đây chính là chức năng của các mạch điều khiển.
- *Bàn điều khiển* (control panel hay control console) cũng là một thành phần của CU, mà về mặt vật lý thì nó có thể là một bộ phận của CU hoặc của máy công cụ. Bàn điều khiển chứa đĩa số hoặc núm vặn để người vận hành máy điều khiển hệ NC, đồng thời còn có thể có bộ phận hiển thị dữ liệu (màn hình) để cung cấp thông tin cho nó. Mặc dù NC là một hệ tự động, nhưng các thao tác của con người vẫn cần thiết để đóng mở máy, thay dụng cụ cắt (một số hệ NC hiện đại có bộ phận thay dao tự động), gá lắp vật làm lên máy và để thực hiện nhiều nhiệm vụ khác nữa. Để có thể giải phóng khỏi những công việc đó, người vận hành phải có khả năng kiểm soát được hệ thống, và việc này được thực hiện thông qua bàn điều khiển.

2.2.3. Máy công cụ hoặc quá trình được điều khiển khác

Đây là thành phần thứ ba trong một hệ NC. Trong hầu hết các ví dụ thông thường về một hệ thống NC được thiết kế để thực hiện các nguyên công cắt gọt thì máy công cụ bao gồm bàn máy và trục chính, cùng các động cơ và các cơ cấu điều khiển cần thiết để điều vận chúng. Ngoài ra còn phải kể đến dụng cụ cắt, dụng cụ gá kẹp và các thiết bị phụ trợ khác cần cho nguyên công cắt gọt tương ứng. Hình 2.2 giới thiệu một máy công cụ NC.

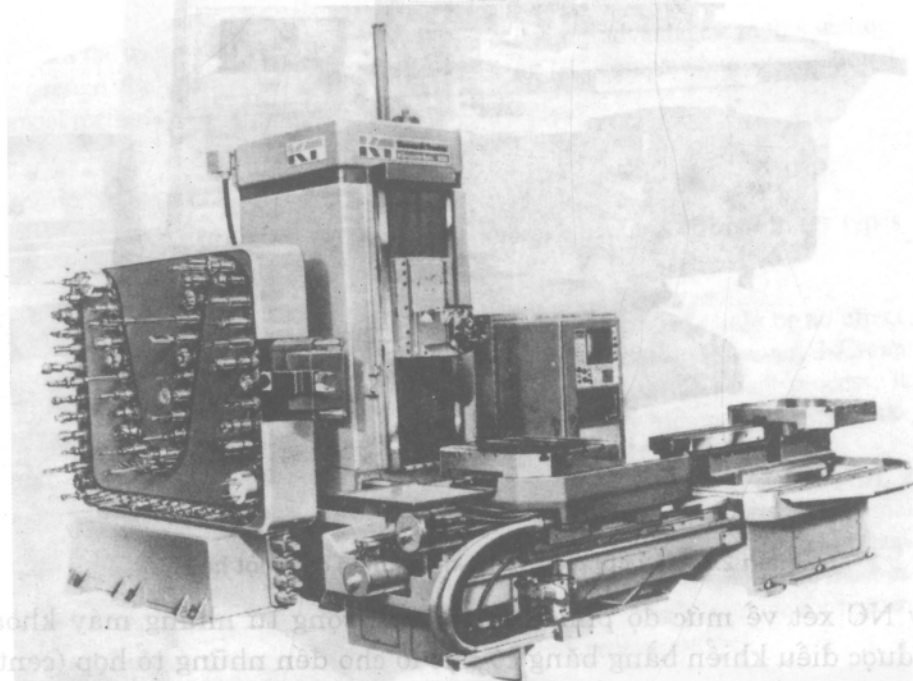


Hình 2.2. Máy công cụ và bộ điều khiển của một hệ NC.

Máy NC xét về mức độ phức tạp thì trải rộng từ những máy khoan bàn đơn giản được điều khiển bằng băng có đục lỗ cho đến những tổ hợp (center) cắt gọt linh hoạt và rất tinh vi. Tổ hợp (center) cắt gọt điều khiển số lần đầu tiên được giới thiệu vào cuối những năm 50 của thế kỷ XX. Đó là một cỗ máy đa chức năng kết hợp chặt chẽ một số nét nổi bật về tiết kiệm thời gian vào trong cùng một thiết bị sản xuất tự động.

Trước hết, một tổ hợp (center) cắt gọt có khả năng thực hiện rất nhiều nguyên công khác nhau: khoan, khoét, doa, phay và doa ngang. Thứ hai, nó có khả năng tự động thay đổi dụng cụ cắt theo lệnh của băng từ (hay băng đục lỗ). Các nguyên công cắt gọt mà phong phú thì cũng có nghĩa là phải có sự phong phú về các loại dụng cụ cắt.

Bộ dụng cụ cắt được lưu giữ trên một giá dao hình trống (hoặc một thiết bị giữ dao nào khác). Khi băng gọi tới một dao cắt cụ thể, trống mang dao sẽ quay để đưa dao cắt đó tới vị trí thích hợp với việc đưa dao vào trục chính. Thiết bị thay dao tự động sẽ bắt lấy dao và đưa vào ống kẹp dao của trục chính. Thứ ba là một tổ hợp (center) cắt gọt có khả năng định vị vật làm. Bàn máy có thể định hướng vật làm sao cho có thể gia công một số mặt của nó như mong muốn. Cuối cùng, đặc điểm thứ tư là một số tổ hợp (center) cắt gọt có hai bàn (hay tám đỡ) để kẹp chặt vật làm lên đó. Khi vật làm trên bàn thứ nhất đang được gia công thì trên bàn thứ hai vật làm được tháo ra (nếu gia công xong rồi) hoặc được kẹp vào để chuẩn bị đưa vào cắt gọt (nếu chưa được gia công). Như vậy tiết kiệm được thời gian chờ đợi, nâng cao năng suất cho máy. Hình 2.3 giới thiệu một tổ hợp (center) để làm ví dụ.



Hình 2.3. Center cắt gọt NC điều khiển bằng máy tính.

2.3. TRÌNH TỰ CỦA MÁY NC

Để sử dụng NC trong lĩnh vực chế tạo, cần phải thực hiện các bước sau đây:

1. Lập trình công nghệ: Bản vẽ kỹ thuật (còn gọi là *bản vẽ chế tạo*) của vật làm phải được diễn giải thành bản quy trình công nghệ (còn được gọi là bản lộ trình gia công). Đây là một bản liệt kê trình tự các nguyên công phải được thực hiện trên vật làm. Còn có thể gọi là bản lộ trình gia công vì nó liệt kê cả các máy mà vật làm phải trải qua để thực hiện trình tự các nguyên công. Chúng ta giả thiết rằng trong lộ trình đó, một số nguyên công sẽ được thực hiện trên một hoặc một số máy NC.

2. Lập trình vật làm: Người lập trình vật làm có trách nhiệm vạch ra quy trình công nghệ cho những phần vật làm mà sẽ được gia công trên máy NC. Người lập trình phải có kiến thức về gia công cắt gọt và phải được đào tạo để lập trình cho máy NC, có nhiệm vụ lập trình tự các bước gia công sẽ được thực hiện trên máy NC và lập thành tư liệu về các bước đó theo một quy cách đặc biệt riêng. Có hai phương pháp lập trình cho NC:

- Lập trình vật làm theo lối thủ công, và
- Lập trình vật làm có máy tính trợ giúp.

a) **Lập trình vật làm theo lối thủ công:** Theo cách này, các lệnh gia công trên máy được chuẩn bị dưới dạng *bản thảo* của chương trình vật làm. Bản thảo này là một danh sách các vị trí tương đối của dao cắt hay vật làm cần phải tuân thủ để gia công máy cho vật làm đó.

b) **Lập trình vật làm có máy tính trợ giúp:** Đa số phần việc tính toán tế nhát và tổn công sức phải làm trong phương pháp lập trình theo lối thủ công thì ở đây được chuyển cho máy tính đảm nhiệm. Điều này đặc biệt thích hợp với những vật làm có hình dạng phức tạp, những công việc cần nhiều bước gia công. Trong những trường hợp như vậy, máy tính sẽ giúp tiết kiệm rất lớn thời gian lập trình.

3. Chuẩn bị băng: Một băng có đục lỗ được tạo ra căn cứ vào bản quy trình công nghệ (do người lập trình vật làm soạn thảo ra trước đó). Trong lập trình thủ công, căn cứ trực tiếp từ bản thảo chương trình vật làm, băng được đục lỗ trên bàn phím chuyên dụng có bộ phận đục lỗ lên băng. Còn trong lập trình do máy tính trợ giúp thì máy tính tự diễn dịch danh sách các lệnh trong chương trình, thực hiện các phép tính toán cần thiết để chuyển đổi các lệnh đó thành các lệnh di chuyển máy công cụ rồi điều khiển thiết bị đục lỗ tạo ra các lỗ đục trên băng. Đó là công việc chuẩn bị băng để đưa vào máy NC.

4. Thẩm tra băng: Sau công việc đục lỗ, băng được chuẩn bị xong. Tiếp theo sẽ là công việc thẩm tra xem băng có được đục lỗ chính xác không? Để làm việc đó, đôi khi người ta cho băng chạy thử, thông qua một chương trình máy tính để

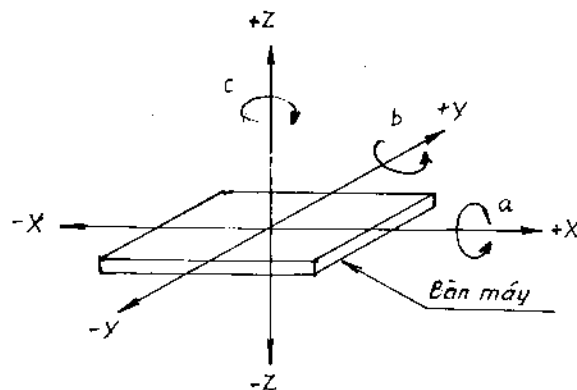
vẽ ra các chuyển động khác nhau của dụng cụ cắt (hoặc của bàn máy) lên giấy. Theo cách này những lỗi mắc phải trên băng sẽ được phát hiện. Một cách thẩm tra triệt để hơn là cho chạy băng để máy công cụ cắt gọt trên vật làm, đôi khi là một miếng bột biển hoặc chất dẻo. Các lỗi lập trình không phải bao giờ cũng dễ phát hiện, do đó có thể phải cần đến ba lần chạy thử để sửa hết lỗi trước khi đưa băng vào sử dụng chính thức.

5. Sản xuất: Bước thứ năm trong quy trình NC là sử dụng băng NC vào sản xuất. Việc sản xuất lại liên quan tới vấn đề cung ứng phôi, chọn và chuẩn bị dụng cụ cắt và dụng cụ gá kẹp, các công việc chuẩn bị máy NC để gia công (chọn chế độ cắt, làm nguội,...) Nhiệm vụ của người vận hành máy công cụ trong quá trình sản xuất là gá phôi lên máy và thiết lập vị trí xuất phát của dao cắt so với vật làm. Đến đây hệ NC tiếp quản công việc và gia công vật làm theo các chỉ lệnh có trên băng. Khi vật làm được cắt gọt xong, người vận hành máy đưa nó ra khỏi máy rồi gá phôi mới lên máy.

2.4. HỆ TỌA ĐỘ TRONG NC

1. Hệ trục tọa độ: Để người lập trình vật làm có thể vạch ra trình tự các vị trí và các chuyển động của dụng cụ cắt so với vật làm, cần thiết lập một hệ trục tọa độ tiêu chuẩn để nhờ đó có thể xác định các vị trí tương đối khác. Lấy máy khoan bàn làm ví dụ, trục chính (trục lắp mũi khoan) trên thực tế là cố định theo chiều đứng còn bàn máy thì dịch chuyển theo điều khiển so với trục chính. Tuy nhiên để thuận tiện cho người lập trình, chúng ta coi vật làm đứng yên trong khi mũi khoan chuyển động tương đối đối với vật làm, và vì thế ta sẽ thiết lập hệ trục tọa độ gắn chặt với bàn máy.

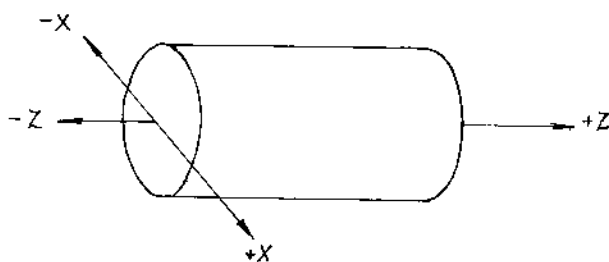
Với quy ước như trên, trục x và trục y được xác định trên bàn máy, trục z vuông góc với bàn máy, còn chuyển động theo chiều trục z được điều khiển bởi chuyển động thẳng đứng của trục chính. Chiều dương và chiều âm của chuyển động dao đối với bàn máy theo các trục này được chỉ rõ ở hình 2.4. Máy khoan bàn NC được phân làm hai loại: máy hai trục và máy ba trục, tùy theo máy có khả năng điều khiển chiều trục z hay không.



Hình 2.4. Hệ trục tọa độ của máy NC dùng cho các nguyên công phay và khoan.

Máy phay NC và các máy công cụ tương tự (như máy doa đứng chẳng hạn) đều dùng hệ trục tọa độ tương tự như đối với máy khoan bàn nói trên. Tuy nhiên, ngoài ba trục x , y , z , các máy này còn có khả năng điều khiển theo một hoặc vài trục quay nữa. Ba trục quay trong máy NC là các trục a , b và c . Ba trục này xác định các góc quay quanh ba trục x , y và z tương ứng. Để phân biệt chiều của các chuyển động quay này, ta dùng *quy tắc bàn tay phải*. Theo quy tắc này, nếu ngón tay cái trở về chiều dương của một trục (x , y hoặc z) rồi cong các ngón còn lại quanh ngón cái, thì chiều cong của các ngón ấy sẽ là chiều dương của chuyển động quay quanh trục đó (hình 2.4).

Đối với nguyên công tiện thì hệ trục tọa độ được xác định theo quy ước riêng: trục z là trục quay của vật làm (hay đường tâm của vật làm), trục x xác định vị trí hướng kính của dao cắt đối với vật làm như được minh họa ở hình 2.5. Chiều dương của các chuyển động quay cũng được xác định theo *quy tắc bàn tay phải*. Mục đích của



Hình 2.5. Hệ trục tọa độ của máy NC dùng cho nguyên công tiện.

hệ trục tọa độ là để xác định một cách đúng đắn vị trí tương đối của dao cắt so với vật làm. Tùy theo từng máy NC, người lập trình vật làm có thể dựa vào một số tùy chọn có sẵn khác để xác định vị trí tương đối này.

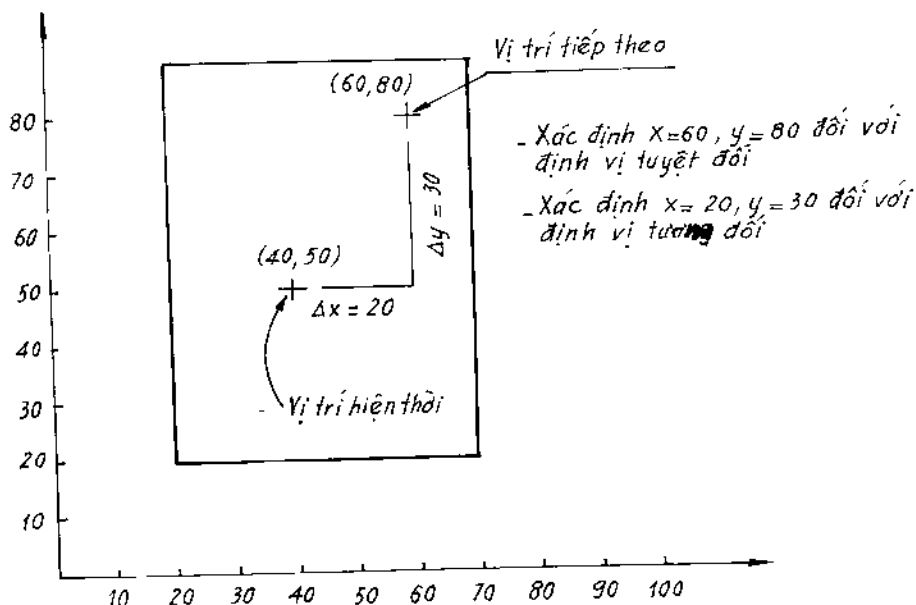
2. Điểm "không" cố định và điểm "không" di động: Người lập trình phải xác định vị trí của dao cắt so với gốc tọa độ (điểm "không"). Đối với các máy NC, có một trong hai phương pháp xác định điểm "không":

- *Phương pháp thứ nhất:* Chọn góc tây nam (góc dưới bên trái) của bàn máy làm gốc tọa độ, mọi vị trí theo trục x và y đều được quy chiếu theo điểm gốc này, và gốc tọa độ ở đây được gọi là điểm "không" cố định (fixed zero).
- *Phương pháp thứ hai* và là phương pháp được ưa dùng hơn trong máy NC hiện đại, cho phép người vận hành máy thiết lập điểm "không" đặt tại bất kỳ vị trí nào trên bàn máy. Đây được gọi là điểm "không" di động (floating zero). Người lập trình vật làm sẽ quyết định điểm "không" di động được đặt ở đâu cho thuận tiện với công việc lập trình của mình. Ví dụ nếu vật làm là đối xứng thì nên đặt điểm không tại tâm đối xứng. Vị trí đặt điểm "không" được thông báo cho người vận hành máy biết. Khi bắt đầu cắt gọt, người vận hành máy dùng tay điều khiển dụng cụ cắt về một điểm trên bàn máy. Điểm này gọi là điểm xuất phát, hay còn gọi

là *điểm đích* vì sau mỗi lần cắt gọt, dụng cụ cắt lại trở về vị trí này. Thực ra điểm đích có thể đặt ở một vị trí thuận tiện trên bàn máy mà cũng có thể trên vật làm, chẳng hạn là một lỗ khoan có sẵn trên vật đó. Người lập trình đã quy chiếu sẵn điểm đích tới điểm "không". Trong thực hành người lập trình cũng có thể chọn điểm đích làm điểm "không" để định vị dụng cụ cắt. Khi dụng cụ cắt đã được định vị tại điểm đích rồi, người vận hành máy sẽ ấn nút "zero" trên bàn điều khiển - nút bấm này sẽ báo cho máy biết gốc tọa độ được đặt ở đâu để thực hiện các chuyển động tiếp theo của dụng cụ cắt.

3. Định vị tuyệt đối và định vị tăng dần (tương đối): Còn có một cách lựa chọn khác mà thỉnh thoảng người lập trình cũng có thể ưa thích, đó là định vị tăng dần thay vì định vị tuyệt đối.

- *Định vị tuyệt đối* có nghĩa là các vị trí của dụng cụ cắt luôn được tính từ điểm "không". Chẳng hạn nếu cần khoan một lỗ tại điểm cách trục tung 150 mm về bên phải và cách trục hoành 200 mm về phía trên thì tọa độ tuyệt đối của tâm lỗ là $x = +150.0$, và $y = +200.0$.
- *Định vị tăng dần* có nghĩa là tọa độ của vị trí hiện thời của dụng cụ cắt là kết quả so sánh với tọa độ của vị trí liền ngay trước đó của nó. Trong trường hợp khoan lỗ ở trên, chẳng hạn máy vừa khoan một lỗ tại tọa độ tuyệt đối (so với điểm "không") là (100.0, 125.0) thì do vậy, tọa độ tăng dần của lỗ khoan hiện thời là (50.0, 75.0). Hình 2.6 minh họa sự khác nhau giữa định vị tuyệt đối và định vị tăng dần.



Hình 2.6. Minh họa định vị tuyệt đối và định vị tăng dần.

2.5. CÁC HỆ ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN ĐỘNG CỦA NC

Nhằm thực hiện việc gia công cắt gọt, dao cắt và vật làm phải chuyển động tương đối với nhau. Trong NC, có ba loại cơ bản về hệ thống điều khiển chuyển động, đó là:

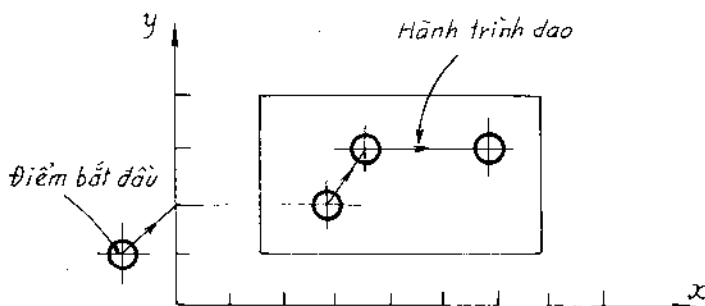
1. Điểm tới điểm;
2. Cắt thẳng;
3. Cắt theo đường bao vòng,

trong đó hệ điều khiển *điểm tới điểm* là loại ở mức thấp nhất, hệ điều khiển *cắt theo đường bao vòng* là loại ở mức cao nhất trong các hệ thống điều khiển chuyển động giữa dụng cụ cắt và vật làm.

2.5.1. Hệ điều khiển điểm tới điểm

Hệ điều khiển điểm tới điểm (P-T-P, viết tắt của point-to-point) đôi khi còn được gọi là *hệ định vị*. Mục tiêu của hệ điều khiển P-T-P là di chuyển dụng cụ cắt đến một vị trí định trước. Tốc độ và đường đi của chuyển động đó không quan trọng đối với hệ điều khiển này. Một khi dụng cụ cắt đã đạt tới vị trí mong muốn thì nguyên công cắt gọt sẽ bắt đầu tại đó.

Máy khoan bàn NC là một ví dụ điển hình của hệ điều khiển P-T-P. Trục chính trước hết phải được định vị tại một điểm cụ thể trên vật làm dưới sự điều khiển P-T-P, rồi việc khoan lỗ được tiến hành tại điểm này. Cứ như vậy đối với lỗ tiếp theo. Trong



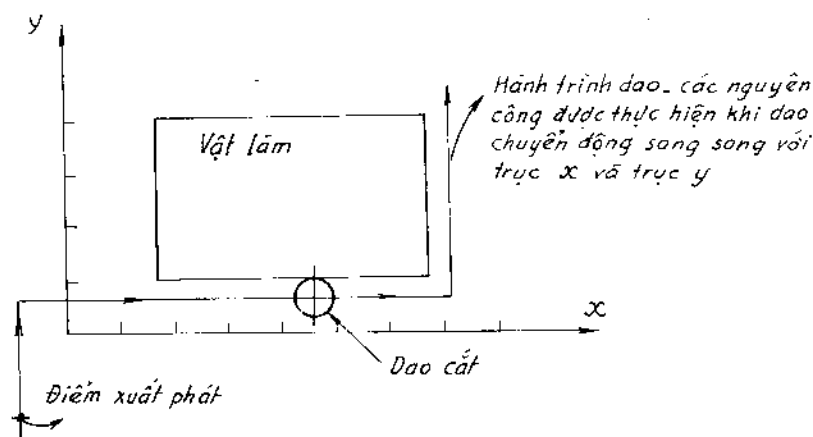
Hình 2.7. Hệ NC điều khiển điểm tới điểm (P-T-P).

khoảng cách giữa các lỗ không cần có sự điều khiển chuyển động tương đối giữa dụng cụ cắt với vật làm vì ở đó không xảy ra sự cắt gọt. Hình 2.7 minh họa kiểu điều khiển P-T-P.

Các hệ điều khiển máy công cụ theo kiểu P-T-P thuộc vào loại điều khiển đơn giản nhất và do vậy rẻ nhất trong ba loại kể trên. Tuy nhiên trong một số trường hợp như khoan hay hàn điểm thì điều khiển theo kiểu P-T-P vẫn thích hợp, không cần đến kiểu điều khiển khác cao cấp hơn.

2.5.2. Hệ điều khiển cắt thẳng

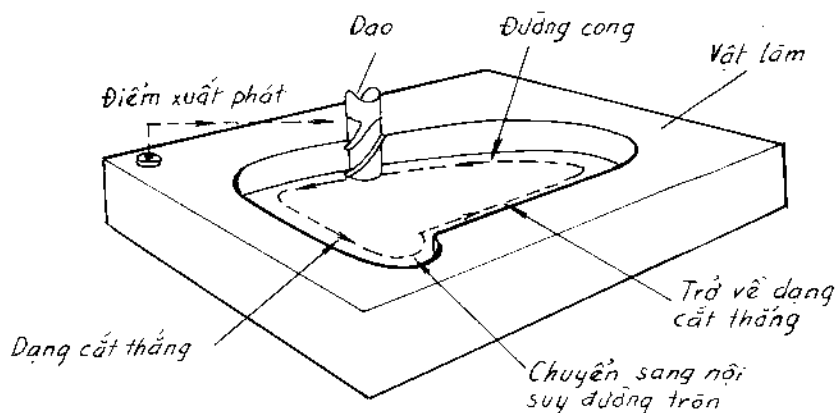
Hệ này có khả năng điều khiển dụng cụ cắt chuyển động song song với một trong các trục tọa độ theo một tốc độ được khống chế cho phù hợp với yêu cầu cắt gọt. Vì thế nó phù hợp với các nguyên công phay để tạo ra những sản phẩm có hình dạng chữ nhật. Tuy nhiên hệ này không thể phối hợp chuyển động theo hai trục trở lên, vì thế không thể tạo góc trên vật làm. Hình 2.8 trình bày một ví dụ về nguyên công cắt thẳng. Chú ý rằng một máy NC có khả năng chuyển động cắt thẳng thì cũng có khả năng chuyển động P-T-P.



Hình 2.8. Hệ cắt thẳng.

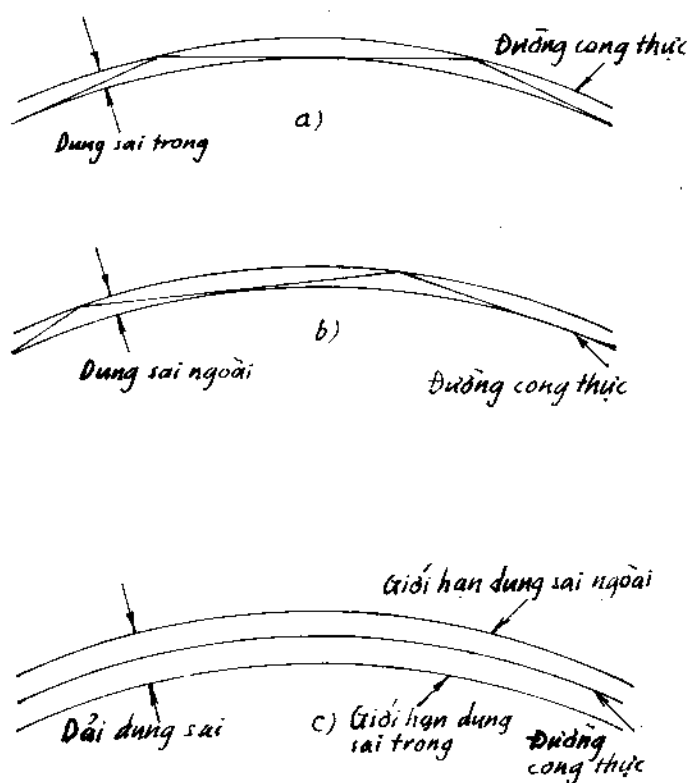
2.5.3. Hệ cắt theo đường bao vòng

Cắt theo đường bao vòng (dưới đây nói gọn là đường bao) phức tạp nhất, mềm dẻo nhất và đắt nhất. Máy công cụ NC được điều khiển theo kiểu này có khả năng thực hiện cả hai: P-T-P và cắt thẳng. Hơn nữa các hệ NC được điều khiển cắt theo đường bao còn một điểm nổi trội là có khả năng đồng thời điều khiển chuyển động theo hai trục trở lên. Đường đi của dao cắt được điều khiển cùng lúc để tạo ra hình dáng hình học của vật làm. Vì lý do đó mà các hệ cắt theo đường bao còn được gọi là các *hệ NC đường dao đi liên tục*. Các mặt phẳng, các đường cong, các mặt conic hoặc hầu hết các mặt nào có thể xác định bằng toán học đều có thể điều khiển theo cách này được. Hình 2.9 minh họa tính linh hoạt của hệ NC đường dao đi liên tục. Các nguyên công phay và tiện là những ví dụ điển hình về sử dụng điều khiển cắt theo đường bao.



Hình 2.9. Hệ NC cắt theo đường bao vòng (đường dao đi liên tục) đang phối hợp chuyển động hai chiều.

Để gia công một đường cong trong hệ NC cắt theo đường bao, chiều của lượng chạy dao phải được thay đổi liên tục sao cho dao có thể tạo ra đúng đường bao. Thực hiện điều đó bằng cách chia đường cong thành nhiều đoạn nhỏ: mỗi đoạn coi là xấp xỉ một đoạn thẳng, rồi ra lệnh cho dụng cụ cắt liên tiếp cắt theo các đoạn thẳng này. Kết quả là một đường viền được cắt gọt ra gần đúng với đường cong mong muốn. Có thể khống chế sai số tối đa giữa hai đường đó qua chiều dài của các đoạn thẳng nhỏ riêng rẽ (do dao tạo) nói trên (hình 2.10).



Hình 2.10. Xấp xỉ của một đường cong trong máy NC bằng các đoạn thẳng. Độ chính xác của đường xấp xỉ được khống chế bởi "dung sai" giữa đường cong thực (mong muốn) và độ lệch của các đoạn thẳng; a) dung sai được xác định về phía trong đường cong thực; b) dung sai được xác định về phía ngoài đường cong thực; c) dung sai được xác định về cả hai phía.

2.6. ỨNG DỤNG CỦA ĐIỀU KHIỂN SỐ

Các hệ NC được ứng dụng nhiều trong công nghiệp, đặc biệt là công nghiệp gia công kim loại. Cho đến nay, ứng dụng rộng rãi nhất của NC là trong các máy công cụ để thực hiện các nguyên công cắt gọt kim loại, bao gồm:

- Phay,
- Khoan và các việc gia công liên quan (khoét, doa),
- Doa ngang,
- Tiện,
- Mài,
- Cưa.

Cũng cần lưu ý rằng trong mục đích cắt gọt kim loại, máy công cụ NC có thể chỉ thích hợp với những công việc này mà không thể thích hợp với các công việc khác. Sau đây là những đặc tính công việc thích hợp nhất với máy công cụ NC:

1. Những vật làm được gia công thường xuyên nhưng sản xuất theo loạt nhỏ,
2. Vật làm có hình dạng phức tạp,
3. Nhiều thao tác cần thực hiện trên vật làm khi gia công,
4. Phải cắt gọt nhiều kim loại trên vật làm,
5. Vật làm thường phải trải qua thay đổi thiết kế kỹ thuật (để phù hợp với thị trường chẳng hạn),
6. Phải đảm bảo độ dung sai nghiêm ngặt khi gia công trên vật làm,
7. Những phần quan trọng trên vật làm - ở đó không cho phép mắc sai lầm gia công để tránh phải trả giá đắt,
8. Những phần vật làm cần kiểm tra 100%.

Người ta ước tính rằng đa số vật làm cần cắt gọt thường được sản xuất theo từng lô 50 chiếc hoặc ít hơn, và thấy rằng NC ứng dụng tốt nhất trong sản xuất theo lô hay loạt nhỏ. Lập trình vật làm cho quy mô sản xuất như vậy mới bổ công, chương trình lại có thể cất đi để dùng cho lô hàng sau. Nếu trong tiến độ sản xuất, thiết kế kỹ thuật có những thay đổi (mà điều này lại thường xảy ra) thì việc điều chỉnh nội dung chương trình chứa trên băng (hay đĩa) để thích nghi với những thay đổi đó cũng dễ dàng. Cuối cùng, nếu chất lượng và kiểm tra chất lượng là những vấn đề quan trọng (dung sai nghiêm ngặt, vật làm đắt tiền, 100% phải kiểm tra), thì NC là thích hợp nhất nhờ ở độ chính xác cao và kết quả dùng lại được nhiều lần của nó.

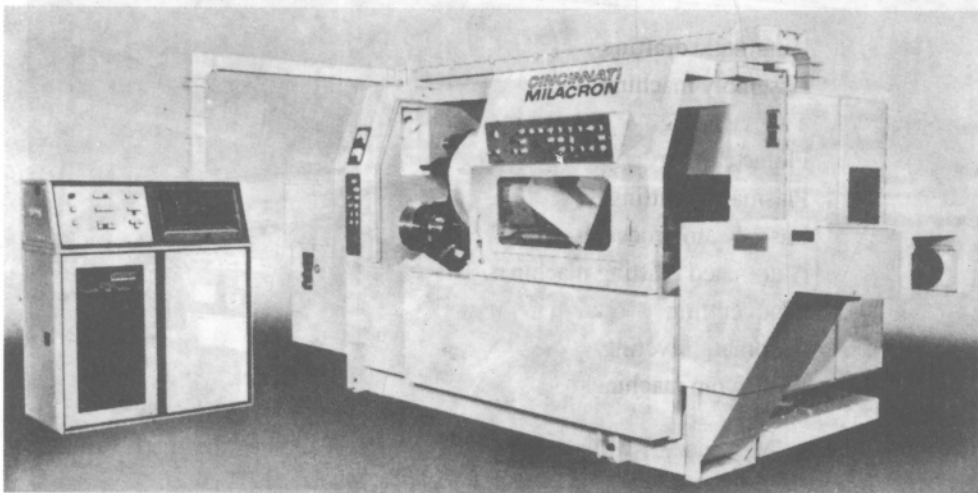
Không nhất thiết phải có đầy đủ 8 tính chất nêu trên mới cần đến NC để gia công, tuy nhiên một vật làm càng có nhiều tính chất đó thì càng nên được gia công trên máy NC.

Hình 2.11 và hình 2.12 giới thiệu hai máy công cụ để thực hiện các nguyên công cắt gọt kim loại.

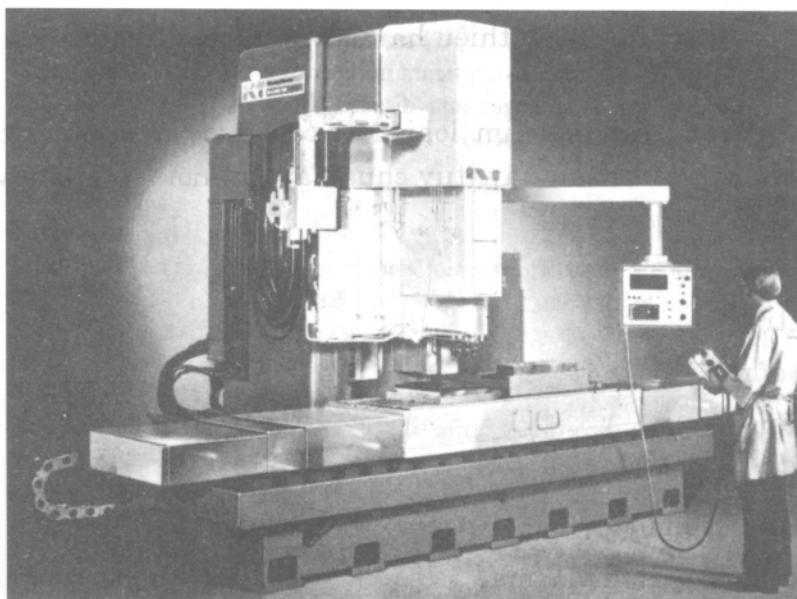
Không chỉ trong cắt gọt kim loại, NC còn được ứng dụng trong nhiều nguyên công khác. Liệt kê sau đây (tuy chưa đầy đủ) nói lên phạm vi ứng dụng rộng rãi của NC:

- Đột dập,
- Kiểm tra,
- Vẽ tự động,
- Lắp ráp,
- Uốn ống,
- Cắt bằng ngọn lửa,
- Cắt bằng hồ quang plasma,
- Gia công bằng tia laser,
- Dệt tự động,
- Cắt vải, quần áo,
- Tán đinh tự động,
- Quấn dây.

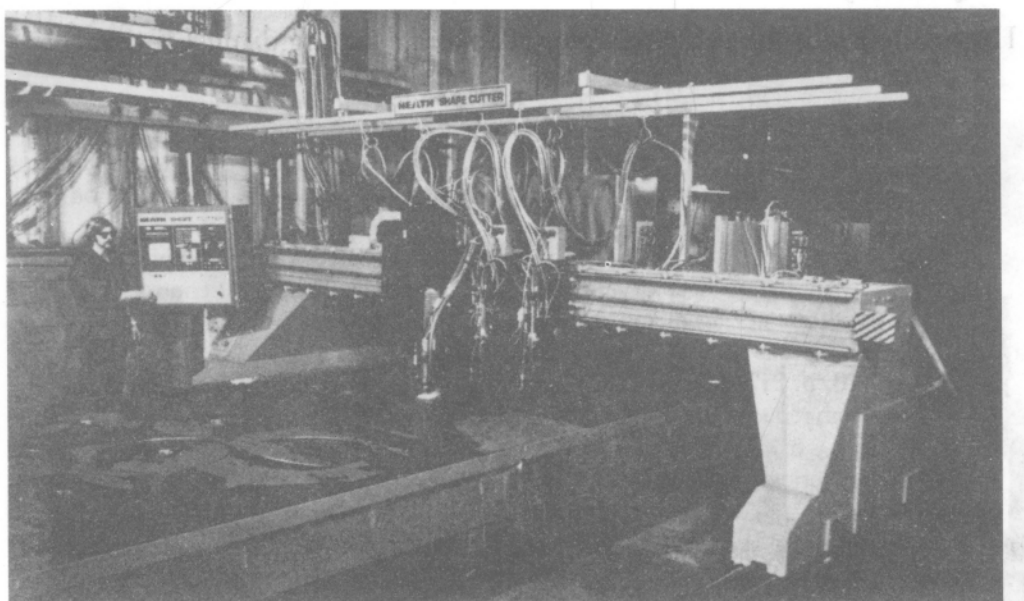
Hình 2.13 và hình 2.14 giới thiệu hai trong các ứng dụng nói trên.



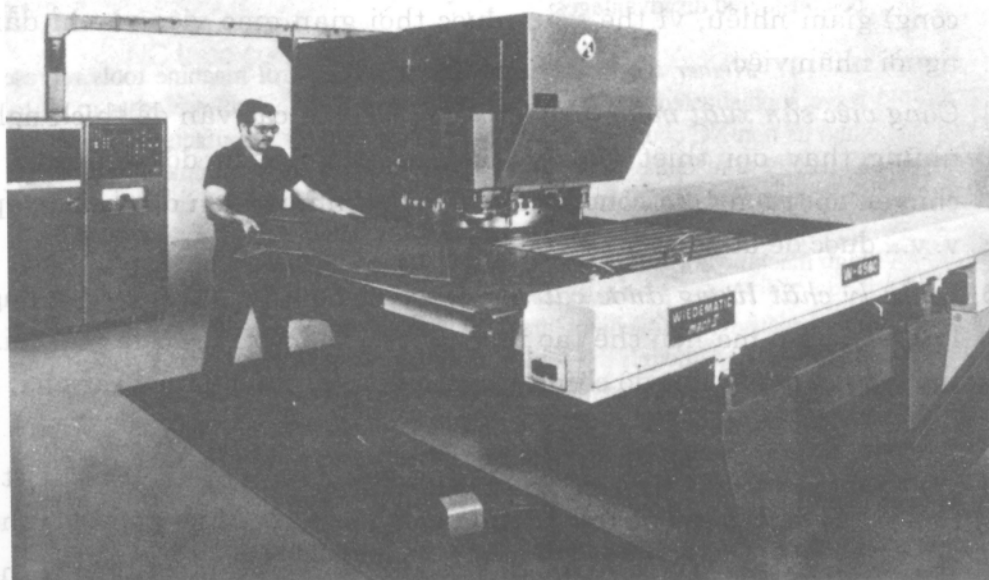
Hình 2.11. Tổ hợp (center) NC bốn trục, dùng cho các nguyên công tiện.



Hình 2.12. Máy phay NC.



Hình 2.13. Máy cắt NC dùng cung lửa plasma.



Hình 2.14. Máy đột dập tấm NC.

2.7. Ý NGHĨA KINH TẾ CỦA ĐIỀU KHIỂN SỐ

Ở trên chúng ta vừa tìm hiểu phạm vi ứng dụng của NC và xét về mặt kỹ thuật, những vật làm có đặc tính như thế nào thì gia công trên máy NC là thích hợp. Còn về mặt kinh tế, chúng ta cũng đã xem xét trong những trường hợp nào khi NC mang lại hiệu quả cao. Sau đây chúng ta sẽ xem xét những ưu - nhược điểm của điều khiển số so với các phương pháp sản xuất truyền thống.

2.7.1. Ưu điểm của NC

1. *Giảm thời gian phi sản xuất:* NC không ảnh hưởng, hoặc ảnh hưởng rất ít tới quá trình cắt gọt (hoặc quá trình chế tạo nào khác), nhưng nó làm tăng phần thời gian cắt gọt thực tế của máy trong toàn thời gian chi phí cho việc gia công. Đó là vì ít công việc chuẩn bị hơn, thời gian chuẩn bị ngắn hơn, thời gian nâng chuyển vật làm giảm, thay dao tự động (đối với một số máy), v.v... Quá trình gia công càng phức tạp, ưu điểm của NC càng cao.
2. *Giảm nhẹ công việc gá kẹp:* NC đòi hỏi đồ gá và dụng cụ kẹp đơn giản hơn và ít đắt tiền hơn vì việc định vị đã được băng (lỗ, từ) của nó đảm nhiệm thay vì giao cho đồ gá và dụng cụ kẹp như trong máy công cụ truyền thống.

3. *Giảm thời gian chỉ dẫn gia công*: Nhờ NC mà thời gian chuẩn bị và số công việc phải chuẩn bị cho mỗi bước gia công (hay cho mỗi nguyên công) giảm nhiều, vì thế giảm được thời gian giao việc và chỉ dẫn cho người nhận việc.
4. *Công việc sản xuất mềm dẻo hơn*: Nhờ NC mà các vấn đề thích nghi với những thay đổi thiết kế kỹ thuật, thay đổi tiến độ sản xuất, luân chuyển đối tượng gia công để kịp phục vụ những đơn đặt hàng gấp vội, v. v... được dễ dàng hơn.
5. *Quản lý chất lượng được cải thiện hơn*: NC là lý tưởng cho những vật làm phức tạp mà nếu chế tạo theo truyền thống thì rất dễ mắc lỗi. Chế tạo trên máy NC đạt độ chính xác cao hơn, ít phế phẩm và ít phải kiểm tra chất lượng hơn.
6. *Giảm thời gian lưu kho*: Với NC, công việc chuẩn bị gia công sẽ ít hơn, thời gian chỉ dẫn gia công giảm hơn nên giảm được thời gian lưu kho.
7. *Giảm yêu cầu diện tích phân xưởng*: Một tổ hợp (center) cắt gọt thường có thể thực hiện công việc của nhiều máy công cụ truyền thống nên diện tích mặt bằng cần cho một xưởng NC thường ít hơn so với một xưởng máy công cụ truyền thống.

2.7.2. Nhược điểm của NC

Bên cạnh các ưu điểm nêu trên, NC cũng có một số nhược điểm sau đây:

1. *Chi phí đầu tư cao*: Máy công cụ NC thể hiện một công nghệ tinh vi và phức tạp, do đó đắt tiền hơn máy không có NC. Vì NC đắt tiền nên đòi hỏi người quản lý sản xuất phải cho khai thác triệt để hơn so với máy thông thường, nhằm rút ngắn thời gian hoàn vốn. Muốn vậy, cần cho máy chạy hai, thậm chí ba ca một ngày đêm.
2. *Chi phí bảo dưỡng cao*: Do NC là một công nghệ phức tạp và do máy NC được sử dụng ráo riết hơn nên vấn đề bảo dưỡng là vô cùng quan trọng. Mặc dù độ tin cậy của các hệ NC ngày càng được nâng cao, nhưng chi phí bảo dưỡng chúng nói chung là cao hơn nhiều so với máy công cụ truyền thống (có tài liệu cho biết cao hơn 48% đối với các máy phay và 63% đối với các tổ hợp cắt gọt).
3. *Tuyển dụng và đào tạo nhân lực*: Các hoạt động của phân xưởng NC có một số khía cạnh đòi hỏi trình độ và kỹ năng cao hơn so với phân xưởng máy thông thường. Lập trình viên vật làm và người bảo trì NC là hai loại nhân lực khó tìm. Vấn đề phát hiện, tuyển dụng và đào tạo họ phải được coi là khó khăn, điểm yếu của một xưởng máy NC.

BÀI TẬP CHƯƠNG 2

2.1. Điều khiển số là gì ?

Ngoài cắt gọt kim loại ra, điều khiển số còn được ứng dụng vào những công việc nào ?

2.2. Chương trình của NC là gì ?

Trình bày hai phương pháp nhập thông tin cho NC.

2.3. Trình bày các bộ phận hợp thành của bộ điều khiển (CU) của máy NC.

Phân biệt máy NC và tổ hợp (center) NC.

2.4. Trình bày các bước trong quy trình NC.

2.5. Hệ tọa độ trong NC được xây dựng như thế nào ?

Phân biệt điểm "không" cố định và điểm "không" di động.

2.6. Trình bày ba hệ điều khiển chuyển động của NC. Thế nào là dung sai trong, dung sai ngoài và dải dung sai ?

2.7. Điều khiển số được ứng dụng nhiều vào các loại máy công cụ nào ?

Trong cắt gọt kim loại, những công việc có đặc tính nào thích hợp nhất với NC?

2.8. Trình bày ưu - nhược điểm (xét về mặt kinh tế) của máy NC.

Chương 3

LẬP TRÌNH VẬT LÀM CHO MÁY NC

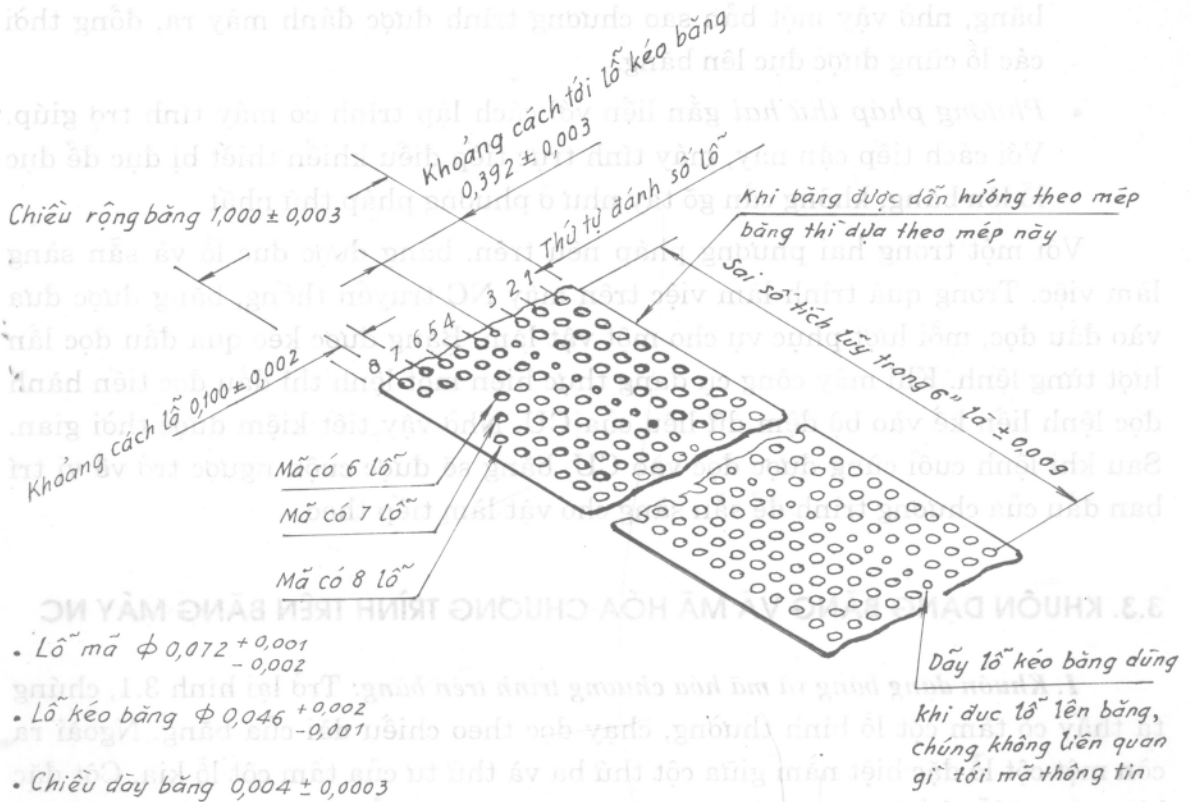
3.1. MỞ ĐẦU

Lập trình vật làm cho máy điều khiển số là một thủ tục (hay quy trình) mà qua đó trình tự các bước gia công trên máy NC sẽ được thiết kế ra và lập thành tư liệu theo một quy cách riêng. Nó bao hàm cả việc chuẩn bị băng (băng có đục lỗ hoặc băng từ hay môi trường trữ tin nào khác) dùng để truyền các lệnh gia công cho máy công cụ. Như mục 2.3 đã đề cập, có hai phương pháp lập trình vật làm là *lập trình thủ công* và *lập trình có máy tính trợ giúp*. Trong chương này chúng ta sẽ mô tả hai phương pháp này nhưng đi sâu hơn về phương pháp thứ hai.

Để dễ tiếp cận hai phương pháp lập trình nói trên, trước hết chúng ta hãy tìm hiểu cách chuẩn bị băng và chương trình trên băng. Do vậy trong hai mục 3.2 và 3.3, băng có đục lỗ và cấu trúc của ngôn ngữ cơ bản dùng cho các hệ NC sẽ được trình bày trước khi đi vào nội dung chính.

3.2. BĂNG LỖ ĐỤC DÙNG CHO MÁY NC

Chương trình vật làm được biến đổi thành dãy các hoạt động của máy công cụ, nhờ vật trữ thông tin đầu vào (ở đây là băng có đục lỗ, chứa chương trình) và nhờ bộ phận điều khiển (CU) diễn dịch các thông tin đó. CU và vật trữ tin đầu vào phải tương thích với nhau, tức là những gì chứa trên vật trữ tin phải cho phép CU đọc được. Đối với máy NC truyền thống, băng có lỗ để trữ tin đầu vào là thông dụng nhất. Băng được tiêu chuẩn hóa sao cho máy đục lỗ lên băng được chế tạo theo một chuẩn thống nhất, còn đầu đọc băng là một bộ phận của CU, cũng được cấu tạo thống nhất để đọc được mọi thông tin trên băng. Băng dùng cho máy NC có chiều rộng 1 in, theo tiêu chuẩn của EIA (Hiệp hội Công nghiệp điện tử) là tổ chức đảm nhận nhiều tiêu chuẩn quan trọng trong công nghiệp NC. Hình 3.1 giới thiệu khuôn dạng băng theo tiêu chuẩn EIA.



Hình 3.1. Khuôn dạng băng lỗ đục dùng cho NC, theo tiêu chuẩn EIA (Electronic Industries Association) (kích thước ở hình là in).



Hình 3.2. Thiết bị đục lỗ để chuẩn bị băng cho máy NC.

Có hai phương pháp chuẩn bị băng:

- Phương pháp thứ nhất gắn liền với cách lập trình vật làm theo lối thủ công và sử dụng thiết bị đục băng kiểu máy chữ như ở hình 3.2. Người vận hành gõ trực tiếp bản thảo chương trình viết tay vào thiết bị đục

Để phân cách các block với nhau, người ta dùng ký hiệu EOB (End of Block) có nghĩa là kết thúc block. Theo tiêu chuẩn EIA, nó được đánh dấu bằng một lỗ tại cột 8.

3. Các từ của NC: Sau đây là danh sách các từ mà khi tạo thành một block cần đến. Tuy nhiên không phải mọi máy NC đều dùng tất cả các từ này. Mặt khác, cách diễn đạt của mỗi từ cũng khác nhau tùy theo từng máy. Để thuận tiện, các từ trong một block được cho theo thứ tự sau đây:

- **Số thứ tự** - Sequence number (các từ n): Được dùng để nhận biết block.
- **Từ chuẩn bị** - Preparatory word (các từ g): Được dùng để dự báo cho CU chuẩn bị xử lý các lệnh sẽ đọc vào. Chẳng hạn từ *g02* để dự báo cho CU chuẩn bị nội suy đường tròn cho một cung tròn, theo chiều kim đồng hồ. Cần đến từ chuẩn bị để CU diễn dịch một cách đúng đắn dữ liệu đứng sau từ đó.
- **Các tọa độ** - Coordinates (các từ x, y và z): Các từ này đưa ra tọa độ của dao cắt. Trong hệ hai trục chỉ có hai trong ba từ trên. Trong hệ bốn trục có thêm từ *a* hoặc *b*, còn trong hệ năm trục cần đến cả năm từ đó.
- **Lượng chạy dao** - Feed rate (từ f): Được dùng để xác định lượng chạy dao trong các nguyên công cắt gọt. Đơn vị là in/phút hoặc mm/phút.
- **Tốc độ cắt** - Cutting speed (từ s): Để xác định tốc độ cắt, hay tốc độ quay của trục chính, tính theo vg/phút.
- **Chọn dao** - Tool selection (từ t): Chỉ phải dùng đến từ này với máy có ụ dao chứa nhiều dao hoặc có giá thay dao tự động. Từ *t* cho biết dao cắt nào sẽ được dùng cho nguyên công cắt gọt. Ví dụ *t05* là cho mũi khoan $\phi 12$ tại vị trí số 5 trên ụ dao của máy khoan kiểu pháo đài.
- **Chức năng phụ** - Miscellaneous function (từ m): Để xác định các chức năng phụ mà máy công cụ có. Đương nhiên máy công cụ phải có chức năng được gọi đến này. Ví dụ từ *m03* để khởi động quay trục chính. Chức năng phụ là từ đặt ở cuối *block*. Để đánh dấu kết thúc một lệnh, ký hiệu EOB được đục lên băng.

3.4. LẬP TRÌNH VẬT LÀM THEO LỐI THỦ CÔNG

Để chuẩn bị một chương trình vật làm viết theo lối thủ công, người lập trình viết các lệnh chạy máy (cắt gọt) theo một dạng đặc biệt, gọi là bản thảo lập trình vật làm. Các lệnh đó phải được chuẩn bị rất chính xác vì người gõ chương trình chỉ đơn giản đánh máy trực tiếp những cái gì có trong bản thảo vào máy đục lỗ mà thôi. Bản thảo có nhiều dạng, tùy theo máy công cụ và khuôn dạng băng nào được dùng. Chẳng hạn, mẫu bản thảo dùng cho một máy

khoan hai trục điểm – tới – điểm (P-T-P) khác với mẫu bản thảo dùng cho máy ba trục cắt theo đường bao vòng. Bản thảo là một danh sách các vị trí tương đối giữa dụng cụ cắt và vật làm. Ngoài ra nó còn chứa các dữ liệu khác như lệnh chuẩn bị, các lệnh phụ trợ, các thông số kỹ thuật như tốc độ cắt, lượng chạy dao - tất cả những dữ liệu đó là cần thiết để vận hành máy dưới sự điều khiển của băng.

Có thể chia các công việc lập trình thủ công thành hai loại: lập trình P-T-P và lập trình đường bao vòng. Trừ trường hợp những vật làm phức tạp có nhiều lỗ khoan là không thích hợp với lập trình thủ công, còn nói chung phương pháp lập trình này thích hợp nhất với những vật làm không phức tạp mà có nhiều lỗ cần gia công (hay các công việc thuộc dạng P-T-P khác). Ngược lại, trừ những công việc phay và tiện đơn giản nhất ra, lập trình thủ công rất không thích hợp với các công việc cắt gọt theo đường bao vòng vì rất tốn thời gian. Do vậy chúng ta chỉ đề cập tới lập trình thủ công đối với các nguyên công cắt gọt P-T-P mà thôi. Còn các nguyên công cắt gọt theo đường bao vòng thì rất thích hợp với phương pháp lập trình có máy tính trợ giúp sẽ được đề cập ở mục sau.

Sau đây chúng ta hãy xem xét một ví dụ về lập trình thủ công cho công việc cắt gọt P-T-P

- **Ví dụ 3.1.** Ở hình 1.3 là bản vẽ kỹ thuật của một chi tiết máy với ba lỗ $\phi 12$. Yêu cầu lập trình để gia công ba lỗ đó, theo các bước: khoan lỗ đến $\phi 11,6$, sau đó khoét đến $\phi 12$. Chế độ cắt như sau:

Nguyên công	Tốc độ cắt (vg/phút)	Lượng chạy dao (mm/phút)
Khoan $\phi 11,6$	592	90
Khoan $\phi 12$	382	100

Các lỗ được gia công trên máy khoan bàn, thay dao bằng tay do người điều khiển máy thực hiện nhưng chế độ cắt phải được lập trình để đưa lên băng. Dùng điểm *không* cố định và định vị tuyệt đối.

Trước hết chúng ta cần xác định hệ trục tọa độ. Giả sử vật làm đã được gia công đầy đủ, chỉ thiếu ba lỗ $\phi 12$ nữa thôi. Do vậy người vận hành máy có thể chọn một trong bốn góc làm gốc tọa độ. Ở đây ta chọn góc dưới bên trái làm gốc tọa độ (0,0) và điểm (-25,0; 75,0) làm điểm xuất phát và điểm đích (xem hình 1.4. Trên hình này có đánh số thứ tự các lỗ).

Hình 3.3 giới thiệu bản thảo chương trình để đáp ứng yêu cầu đã đặt ra. Dòng thứ nhất cho biết các tọa độ x, y tại điểm "không". Người vận hành máy sẽ đưa băng vào và đọc block đầu tiên này vào hệ thống (mỗi block là một lệnh và ở đây mỗi block nói chung chỉ có một dòng). Sau đó dụng cụ cắt được định vị tại điểm đích trên bàn máy. Tiếp theo, người vận hành ấn nút *zero* để máy chuẩn bị.

Dòng thứ hai trong bản thảo là RWS (rewind - stop) có nghĩa là dừng quay ngược băng. Tín hiệu này được thể hiện (lập mã) trên băng là các lỗ được đục ở các cột 1, 2 và 4. Dòng cuối cùng trên băng chứa từ *m30*, ra lệnh cho băng quay ngược đến đầu chu kỳ cắt gọt. Các từ *m* được dùng trong chương trình là *m06* khiến máy dừng để người vận hành thay dao, và *m13* ra lệnh chạy trục chính và làm nguội. Lời ghi chú ở dòng cuối cùng của bản thảo cho biết dụng cụ cắt đã được định vị trở lại, bên ngoài vùng vật làm để cho phép thay vật làm mới.

Bản thảo chương trình vật làm máy NC												
Máy khoan bàn hai trục P-T-P												
Vật làm No:						Ngày tháng						
Tên vật làm:						Người lập						
Số T.T	Tab EOB	Tọa độ x	Tab EOB	Tọa độ y	Tab EOB	Lượng chạy dao	Tab EOB	Tốc độ cắt	Tab EOB	Từ m	Tab EOB	Ghi chú
00 RWS	Tab	0.0	Tab	0.0	EOB							Zero
01	Tab	25.0	Tab	50.0	Tab	90.0	Tab	592	Tab	13	EOB	Khoan lỗ 1
02	Tab		Tab	25.0	EOB							Khoan lỗ 2
03	Tab	87.5	Tab	37.5	EOB							Khoan lỗ 3
04	Tab	-25.0	Tab	75.0	Tab		Tab		Tab	06	EOB	Thay dao
05	Tab	87.5	Tab	37.5	Tab	100.0	Tab	382	Tab	13	EOB	Khoét lỗ 3
06	Tab	25.0	Tab	25.0	EOB							Khoét lỗ 2
07	Tab		Tab	50.0	EOB							Khoét lỗ 1
08	Tab	-25.0	Tab	75.0	Tab		Tab		Tab	06	EOB	Thay dao
09	Tab		Tab		Tab		Tab		Tab	30	EOB	Quay ngược băng và thay vật làm

Hình 3.3. Bản thảo chương trình vật làm cho ví dụ 3.1.

3.5. LẬP TRÌNH VẬT LÂM CÓ MÁY TÍNH TRỢ GIÚP

Vật làm trong ví dụ 3.1 tương đối đơn giản nên khá thích hợp với phương pháp lập trình thủ công. Hầu hết vật làm được gia công trên các hệ NC đều phức tạp hơn nhiều. Ở những nguyên công P-T-P phức tạp hoặc cắt theo đường bao vòng, lập trình thủ công trở nên một công việc cực kỳ đơn điệu và dễ mắc lỗi, trong khi sử dụng máy tính thì nhẹ nhàng và hiệu quả hơn nhiều. Để phục vụ cho mục đích đó, đã có nhiều hệ ngôn ngữ lập trình vật làm ra đời, trong đó có ngôn ngữ APT mà chúng ta đã nghiên cứu ở chương 1. Sau đây chúng ta sẽ tìm hiểu khi có máy tính tham gia lập trình, thì những nhiệm vụ nào thuộc về lập trình viên, nhiệm vụ nào thuộc về máy tính.

1. Nhiệm vụ của người lập trình: Người lập trình có hai nhiệm vụ sau đây:

1. Xác định hình học của vật làm.
2. Xác định trình tự các nguyên công và đường đi của dụng cụ cắt.

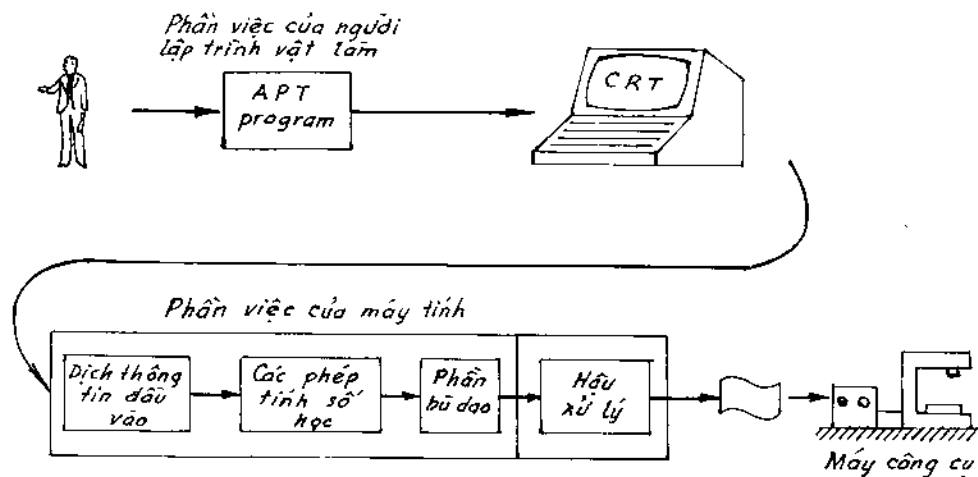
Dù hình dạng của vật làm phức tạp đến đâu thì cũng có thể coi là do nhiều yếu tố hình học đơn giản hợp thành. Lấy vật làm ở hình 1.1 làm ví dụ, chúng ta thấy đường bao của nó được tạo thành bởi một cung tròn và ba đoạn thẳng cắt nhau, còn các lỗ có thể biểu diễn dưới dạng tâm điểm và bán kính. Hầu như mọi vật làm mà người thiết kế có thể hình dung ra thì cũng có thể diễn đạt bằng các điểm, đường thẳng, đường tròn, mặt phẳng, mặt trụ cùng những mặt có thể mô tả bằng toán học được. Nhiệm vụ của người lập trình là liệt kê ra những yếu tố hình học tạo nên hình dạng vật làm, ngoài ra còn phải xác định kích thước và vị trí tương đối của chúng.

Sau khi xác định các yếu tố hình học của vật làm, công việc tiếp theo của người lập trình là phải xây dựng được *đường đi* mà dao cắt phải theo để cắt gọt vật làm đó. Đường đi của dao liên quan chặt chẽ với trình tự các chuyển động của dao. Các chuyển động đó được thực hiện dựa trên các yếu tố hình học vừa nói ở trên. Người lập trình có thể sử dụng các lệnh chuyển động khác nhau để điều khiển dao tiến hành cắt gọt dựa theo các bề mặt (mong muốn) của vật làm, di chuyển đến vị trí cần thiết, khoan lỗ ở vị trí ấy, v.v... Ngoài các lệnh hình học và các lệnh chuyển động, người lập trình còn phải đưa ra những lệnh khác để điều khiển máy công cụ được đúng đắn như chúng ta đã xem xét ở chương 1.

2. Nhiệm vụ của máy tính: Máy tính có bốn nhiệm vụ, đồng thời cũng là bốn bước phải được thực hiện theo trình tự sau đây:

1. Dịch thông tin đầu vào,
2. Thực hiện các phép tính số học,
3. Tính toán lượng bù dao,
4. Hậu xử lý (Postprocessor).

Trình tự bốn bước và mối quan hệ của chúng với người lập trình được minh họa ở hình 3.4.

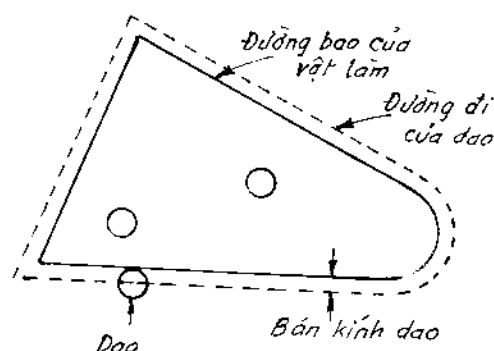


Hình 3.4. Các bước trong lập trình vật làm có máy tính trợ giúp.

Người lập trình đưa chương trình (được viết bằng ngôn ngữ APT hoặc một ngôn ngữ nào khác) vào máy tính. Bộ phận *dịch thông tin đầu vào* sẽ dịch các lệnh trong chương trình sang dạng máy tính có thể xử lý được, chuẩn bị cho bước tiếp theo.

Bộ phận *tính toán số học* (hay nói gọn là bộ phận số học) của máy tính gồm có một bộ thường trình (chương trình con) đủ mạnh để giải những bài toán cần thiết nhằm tạo ra bề mặt mong muốn. Các thường trình được gọi ra bởi các lệnh của chương trình viết bằng ngôn ngữ APT hoặc một ngữ khác sẽ nói sau đây. Bộ phận số học thực sự là thành tố quan trọng nhất. Nó giúp người lập trình thoát khỏi những phép tính hình học và lượng giác tốn phí nhiều công sức để tập trung thì giờ vào vấn đề gia công vật làm.

Xác định đường đi của dao cắt là thuộc nhiệm vụ thứ hai của người lập trình. Tuy nhiên đường đi thực tế của dao khác với đường viền của vật làm một khoảng bán kính dao, vì đường đi đó được xác định bởi quỹ đạo của tâm dao còn đường viền vật làm được tạo ra bởi mặt ngoài của dao khi dao di chuyển. Ta gọi khoảng cách giữa đường đi của dao so với đường viền của vật làm *lượng bù dao*. Mục đích tính toán lượng bù dao là nhằm bù cho đường đi của dao một lượng bằng bán kính dao để tạo ra đường viền của vật làm. Điều đó có nghĩa là người lập trình có thể xác định chính xác đường viền vật làm trong các lệnh hình học. Việc tính toán lượng bù dao đã có thường trình trong máy tính đảm nhiệm, nhờ đó người lập trình không cần quan tâm. Vấn đề lượng bù dao được minh họa ở hình 3.5.



Hình 3.5. Vấn đề lượng bù dao trong lập trình cắt theo đường bao vòng.

Như đã lưu ý trước đây, các hệ máy công cụ NC rất khác nhau về đặc điểm cũng như khả năng. Khuôn dạng băng NC mà chúng sử dụng cũng khác nhau. Hầu như mọi ngôn ngữ lập trình vật làm, kể cả APT đều được thiết kế làm ngôn ngữ mục đích chung, không dành riêng cho một vài loại máy công cụ nào. Do vậy nhiệm vụ cuối cùng của máy tính trong trợ giúp lập trình vật làm là nhận lấy các lệnh viết bằng ngôn ngữ mục đích chung đó rồi biến các lệnh ấy trở thành riêng cho một máy công cụ cụ thể. Chịu trách nhiệm thực hiện nhiệm vụ này là *Postprocessor* (hậu xử lý).

Hậu xử lý là một chương trình máy tính riêng biệt, được viết để chuẩn bị băng cho một máy công cụ riêng. Đầu vào (input) của chương trình hậu xử lý là đầu ra của dãy các vị trí dao cắt và của các lệnh khác. Đầu ra (output) của chương trình hậu xử lý là băng NC được viết theo một khuôn dạng đúng đắn cho máy công cụ mà băng đó phục vụ.

3. Các ngôn ngữ lập trình vật làm điều khiển số: Một ngôn ngữ lập trình vật làm NC gồm có một gói phần mềm (chương trình máy tính) cộng với các quy tắc, các quy ước riêng, các từ vựng riêng dùng cho gói phần mềm đó.

Mục đích của nó là tạo thuận tiện cho người lập trình thông báo với máy tính những thông tin cần thiết về hình học của vật làm và chuyển động của dao sao cho chương trình vật làm cần có sẽ được tạo ra. Các từ vựng là những ký hiệu quy ước và giống với tiếng Anh để gói phần mềm dễ sử dụng.

Kể từ nghiên cứu đầu tiên của MIT về lập trình NC vào giữa những năm 1950 đến nay đã có trên 100 ngôn ngữ lập trình vật làm NC ra đời. Đa số các ngôn ngữ đó được thiết kế để đáp ứng những nhu cầu cụ thể nào đó và đã không vượt qua thử thách của thời gian. Ngày nay chỉ còn lại vài chục ngôn ngữ NC là còn được sử dụng trong thực tế, và chúng vẫn còn tiếp tục được sàng lọc và mở rộng. Sau đây là danh sách và đặc điểm một số ngôn ngữ đang thông dụng hiện nay.

- **APT** (Automatically Programmed Tools) là sản phẩm của công trình nghiên cứu triển khai của MIT về các hệ lập trình. APT bắt đầu được triển khai vào tháng 6 - 1956, lần đầu tiên ứng dụng vào sản xuất khoảng năm 1959 và là ngôn ngữ được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay (ở Mỹ và nhiều nước khác). Mặc dù ý định ban đầu là một ngôn ngữ "đường bao vòng", nhưng các phiên bản hiện đại của APT có thể dùng cả cho lập trình "định vị", cả cho "đường dao đi liên tục" tối đa năm trục. APT còn có các biến thể dùng cho những mục đích cụ thể như APTURN (cho công việc tiện), APTMIL (cho công việc phay) và APTPOINT (cho công việc P-T-P).
- **ADAPT** (ADaption of APT: bản điều chỉnh của APT) là một số ngôn ngữ lập trình vật làm NC dựa trực tiếp vào APT, trong số đó có ADAPT do IBM triển khai theo hợp đồng ký với không lực Hoa Kỳ. Ý đồ của nó là thừa kế nhiều đặc điểm của APT nhưng dùng được trên máy tính nhỏ hơn. Chương trình APT đầy đủ đòi hỏi phải chạy trên máy tính đủ mạnh mà vào những năm 1960 được coi là quá khả năng của các hãng nhỏ và vừa. Ngày nay khó khăn đó không thành vấn đề nữa, và mặc dù không mạnh bằng APT, nó vẫn còn được sử dụng nhờ tính linh hoạt của nó.

- *EXAPT* (EXtended subset of APT: tập con mở rộng của APT) được thiết kế vào khoảng năm 1964 tại CHLB Đức, trên cơ sở APT. Có ba phiên bản: EXAPT I, dùng cho lập trình định vị (khoan lỗ và phay cắt thẳng); EXAPT II, dùng cho công việc tiện, EXAPT III, dùng cho công việc cắt theo đường bao vòng ở mức độ hạn chế. Một trong những đặc điểm của EXAPT là có thể tự động tính toán chế độ cắt tối ưu.
- *NELAPT* (National Engineering laboratory of APT) ra đời tại Vương quốc Anh, là một tập con của APT nhưng có những đặc điểm tiến bộ mà APT không có, đặc biệt thích hợp cho công việc chế tạo khuôn.
- *UNIAPT* (United Computing Corp of Carson, California: thiết kế và đặt tên) là phiên bản ở mức hạn chế của APT nhưng chạy được trên máy tính, phù hợp với khả năng của các xí nghiệp nhỏ và vừa vào nửa sau thế kỷ XX.
- *SPLIT* (Sundstrand Processing Language Internally Translated) là hệ ngôn ngữ dành riêng cho các máy công cụ hiệu "Sundstrand". Nó có thể điều khiển tới năm trục trong các thao tác định vị (khoan lỗ và phay thẳng), kể cả khả năng điều khiển cắt bao vòng. Một trong những đặc điểm khác thường của SPLIT là trong nó có sẵn trình hậu xử lý. Nhờ vậy mỗi máy công cụ sử dụng một gói SPLIT là đủ, không cần đến một trình hậu xử lý riêng nữa.
- *COMPACT II*. Với nhiều đặc điểm giống như SPLIT, hiện có ở MDSI (Manufacturing Data System, Inc.), một hãng có trụ sở tại Ann Arbor, Michigan. MDSI cho khách hàng thuê COMPACT II trên mạng theo chế độ chia sẻ thời gian. Người lập trình vật làm (khách hàng) truyền chương trình qua máy tính của mình tới một trong những máy tính của MDSI để có được băng NC. Đây là một trong những ngôn ngữ lập trình NC thông dụng nhất. Cuối thế kỷ XX đã có trên 3000 công ty là khách hàng của MDSI sử dụng ngôn ngữ này theo hình thức thuê qua mạng như vậy.
- *PROM* là ngôn ngữ lập trình vật làm theo lối tương tác, do Weber N/C System, Inc., một hãng thuộc Milwaukee, Winsconsin. Nó được thiết kế để dùng cho nhiều loại máy công cụ khác nhau, trong đó có máy tiện, tổ hợp (center) cắt gọt, máy cắt bằng ngọn lửa và máy đột dập.
- *CINTURN II* là ngôn ngữ bậc cao do Cincinnati Milacron thiết kế để tạo thuận tiện cho lập trình các nguyên công tiện.

Ngoài ra còn có GNC (Vương quốc Anh), ELAN (CH Pháp), GTL (Italia) và nhiều ngôn ngữ lập trình khác. Để kết thúc mục này, chúng ta xem xét một cách lập trình NC đối thoại với máy tính bằng âm thanh, một nét độc đáo của ngôn ngữ VNC (Voice Numerical Control: điều khiển số bằng âm thanh) do Jhveshold Technology Inc., một hãng có trụ sở tại Delran (USA).

VNC có 89 từ và câu theo thuật ngữ điển hình ở xưởng máy. Công cụ để giao diện giữa người và máy là một micrô chứ không phải bàn phím. Để tập cho máy làm quen, người sử dụng cần nhắc lại mỗi từ lệnh một số lần cho đến khi máy nhận ra giọng nói của người đó. Sau đó người sử dụng chỉ cần ra khẩu lệnh cho máy thực hiện.

Sau đây là cuộc đối thoại giữa người lập trình và máy tính để xác định bốn lỗ cách đều trên một cung tròn đường kính 3,2 in, lỗ thứ nhất và lỗ thứ tư làm với trục hoành lần lượt là 60° và 135° .

<i>Người lập trình nói vào micrô:</i>	<i>Máy tính hiển thị lên màn hình:</i>
'Arc'	ARC Angle 1 =
'Six Zero'	ARC Angle 1 = 60
'Okay'	ARC Angle 2 =
'One three five'	ARC Angle 2 = 135
'Okay'	ARC Radius =
'Three point two'	ARC Radius = 3.2
'Okay'	No. of Holes =
'Four'	No. of Holes = 4
'Okay'	ARC/60 135 3.2 4

Rõ ràng với một hệ ngôn ngữ lập trình như vậy sẽ không cần hiểu biết gì nhiều về máy tính, không cần đến kỹ năng đánh máy vẫn có thể lập trình mà không mắc lỗi chính tả và ít mắc các lỗi lập trình hơn.

4. Lập trình vật làm NC qua mạng hay qua máy nội bộ? Có hai cách tiến hành lập trình trên máy tính: qua dịch vụ chia sẻ thời gian (qua mạng) hoặc qua máy tính đặt tại xưởng của công ty.

Các dịch vụ chia sẻ thời gian cung cấp một phương cách cần chi phí tương đối thấp để công ty đi vào lập trình. Công ty truy nhập vào ngôn ngữ lập trình của dịch vụ qua điện thoại. Một số ngôn ngữ lập trình vừa được liệt kê ở trên có thể lấy từ mạng thông qua các công ty dịch vụ chia sẻ thời gian (chẳng hạn COMPACT II, PROMPT, v.v...). Ưu thế về chi phí đối với công ty - khách hàng là ở chỗ chỉ phải trả chi phí dịch vụ vào mạng mà không cần bỏ ra một khoản vốn cố định lớn để mua sắm nhiều trang - thiết bị phần cứng. Đầu cuối viễn truy (ở đây là máy tính nối mạng) và thiết bị đục lỗ về cơ bản là những gì công ty cần

có để sử dụng dịch vụ chia sẻ thời gian. Hóa đơn thu phí dịch vụ chỉ gồm những hạng mục như thời gian CPU (thời gian thực tế sử dụng CPU của máy chủ), thời gian nối mạng, lưu trữ dữ liệu trên máy chủ cho công ty, v.v... và chi phí về điện thoại.

Tuy nhiên chi phí tài chính về những hạng mục nói trên sẽ là lớn nếu thời lượng sử dụng dịch vụ chia sẻ thời gian đạt đến một mức độ nào đó. Lúc này có thể công ty sẽ phải cân nhắc xem liệu có nên mua sắm đầy đủ phần cứng và phần mềm để xây dựng một hệ lập trình NC hoàn chỉnh cho riêng mình không. Tóm lại, có thể hình dung một biểu đồ so sánh thế này:

- Khi công việc NC ít, thời lượng truy nhập mạng ít thì sử dụng dịch vụ mạng là có lợi hơn.
- Khi công việc NC vừa phải, thời lượng truy nhập mạng trung bình thì sử dụng dịch vụ mạng hay xây dựng hệ lập trình riêng đều tốn phí ngang nhau.
- Khi công việc NC rất nhiều, thời lượng truy nhập lớn thì xây dựng hệ lập trình riêng có lợi hơn.

Lựa chọn giải pháp nào là tùy tình hình thực tế của mỗi công ty. Trên thế giới có nhiều công ty trong khi có hệ lập trình NC riêng vẫn tiếp tục thuê các dịch vụ chia sẻ thời gian trên mạng vì kết hợp cả hai như vậy thì hoạt động sẽ an toàn và linh hoạt hơn.

Ở Việt Nam, công nghệ NC chỉ mới trong giai đoạn khởi đầu (trong danh sách các đề tài khoa học công nghệ trọng điểm cấp Nhà nước giai đoạn 2001 - 2005 đã có một đề tài chế thử máy phay NC năm trục) và hiện mới có một số rất ít xí nghiệp ứng dụng máy NC vào sản xuất, nhưng với chiến lược công nghiệp hóa và hiện đại hóa của nước ta và với xu thế toàn cầu hóa trên thế giới hiện nay, những cân nhắc nói trên đối với các xí nghiệp NC trong nước chắc chắn phải đặt ra.

3.6. ĐỒ HỌA TƯƠNG TÁC VỚI VIỆC LẬP TRÌNH TRÊN HỆ CAD/CAM

Có thể nói việc sử dụng đồ họa tương tác vào lập trình vật làm NC là một ví dụ nổi bật về tích hợp giữa CAD vào với CAM. Trình tự của thủ tục lập trình được tiến hành trên *terminal* đồ họa (có thể là một máy vi tính) của một hệ thống CAD/CAM. Từ dữ liệu hình học mô tả vật làm do quy trình CAD tạo ra, người lập trình xây dựng đường đi của dụng cụ cắt. Trong nhiều trường hợp đường đi đó được tự động tạo ra nhờ phần mềm của hệ CAD/CAM. Kết quả thu

được là một chương trình APT hoặc một tệp CLFILE thực (Cutter Location File: tệp vị trí dao cắt) mà nhờ đó có thể xử lý tiếp để tạo ra băng đục lỗ NC.

Sau đây chúng ta sẽ tìm hiểu trình tự của một thủ tục mà từ đó có thể dùng để tạo ra chương trình vật làm NC nhờ một hệ CAD/CAM. Sau đó chúng ta sẽ đưa ra một ví dụ để minh họa thủ tục này. Tất cả các nhà cung cấp hệ thống CAD/CAM lớn đều có bán kèm theo gói phần mềm lập trình vật làm NC. Mặc dù các gói phần mềm này có các đặc điểm khác nhau giữa các nhà cung cấp nhưng chúng đều vận hành theo một cách thức giống nhau. Trong phần mô tả trình tự của thủ tục lập trình sau đây, chúng ta sẽ thấy có sự phối hợp chung giữa các đặc điểm của một số gói phần mềm tiêu biểu nói trên.

1. Các bước khởi đầu của thủ tục: Thủ tục CAD/CAM dùng cho lập trình NC bắt đầu bằng việc xác định hình học của vật làm. Một thuận lợi rất lớn của việc sử dụng hệ thống CAD/CAM là có thể nhận ra những dữ liệu về hình học đó đã được tạo ra lúc nào trong quá trình thiết kế. Nếu mô hình hình học của vật làm chưa được tạo ra trong giai đoạn CAD thì nhất định nó phải được xây dựng trên màn hình đồ họa trước khi có thể lập trình.

Với vật làm được thể hiện trên màn hình máy tính, người lập trình tiến hành ghi nhãn cho các bề mặt, các yếu tố hình học khác nhau tạo nên hình dáng vật làm. Người lập trình làm việc đó bằng cách đưa ra những lệnh thích hợp để hệ CAD/CAM thực hiện. Sau khi ghi nhãn xong, hệ CAD/CAM sẽ tạo ra các lệnh hình học cần thiết của ngôn ngữ APT.

Hệ CAD/CAM không những có ưu điểm là dễ xác định hình học của APT mà còn có nhiều thuận lợi khác cho người lập trình vật làm NC. Chẳng hạn có thể hiển thị vật làm lên màn hình theo các góc quay, các tỷ lệ thu phóng và các mặt cắt khác nhau để kiểm tra những phần nghi ngờ trong gia công cắt gọt. Khả năng điều khiển hình ảnh vật làm trên màn hình như vậy sẽ giúp cho người lập trình hiển thị hóa bản thiết kế của vật làm, nhờ đó có thể "mục sở thị" một cách cụ thể, rõ ràng hơn. Đồng thời nhờ vật làm được xác định trong máy tính, người lập trình còn có thể xếp chồng phối lên thành phẩm để cân nhắc số lần cắt gọt cần thiết để hoàn tất việc gia công. Một thuận lợi quan trọng khác nữa là nhờ hiển thị vật làm lên màn hình máy tính, ta có thể nghiên cứu các phương án kẹp vật làm để chọn ra một phương án tốt nhất.

Lựa chọn dụng cụ cắt là bước tiếp theo trong thủ tục này. Một hệ CAD/CAM thường có thư viện dụng cụ cắt, chứa nhiều danh mục dụng cụ thông dụng ở phân xưởng và đã được phân loại. Người lập trình có thể chọn một trong những dụng cụ cắt có liệt kê trong thư viện này, hoặc cũng có thể tạo ra một bản

thiết kế dao cắt mới bằng cách xác định các thông số và các kích thước của dao như đường kính, bán kính góc lượn, chiều dài lưỡi cắt, v.v...

2. Tạo sinh đường đi của dao: Khi thực hiện thủ tục đến bước này, người lập trình đã có một mô hình hình học của vật làm cùng các dụng cụ cắt cần thiết để gia công cắt gọt vật làm. Bước tiếp theo sẽ là xây dựng đường đi của dao cắt. Khi sử dụng đồ họa tương tác, ta có được phương pháp thực hiện nhiệm vụ đó tùy theo loại nguyên công (như phay cạnh, tiện, đột dập, cắt tấm,...) và độ phức tạp của vật làm. Nhiều hệ thống CAD/CAM có bán trên thị trường sử dụng cách tiếp cận tương tác kèm theo các thường trình (chương trình con) cắt gọt dùng chung được hệ thống CAD/CAM đó thực hiện tự động, trong các thường trình tự động này có thể có phay cạnh quanh đường bao vật làm, khoan và đột dập P-T-P, phay ngón tạo hốc lõm,...

Cách tiếp cận tương tác cho phép người lập trình tạo nên đường đi của dụng cụ cắt theo lối bước nọ tiếp bước kia và có thể theo dõi trên màn hình để kiểm tra bằng mắt. Thủ tục bắt đầu bằng việc xác định vị trí xuất phát của dao cắt. Sau đó người lập trình ra lệnh cho dao cắt di chuyển dọc theo các bề mặt hình học đã định của vật làm. Khi hình ảnh dụng cụ cắt đang chuyển động trên màn hình máy tính, các lệnh chuyển động của ngôn ngữ APT tương ứng được hệ CAD/CAM tự động sắp sẵn ra. Phương cách tương tác còn tạo cơ hội cho người sử dụng chèn vào các *lệnh hậu xử lý* tại những thời điểm thích hợp trong quá trình tạo chương trình. Các lệnh hậu xử lý này gồm các lệnh máy công cụ như tốc độ cắt, lượng ăn dao và điều khiển nước làm nguội.

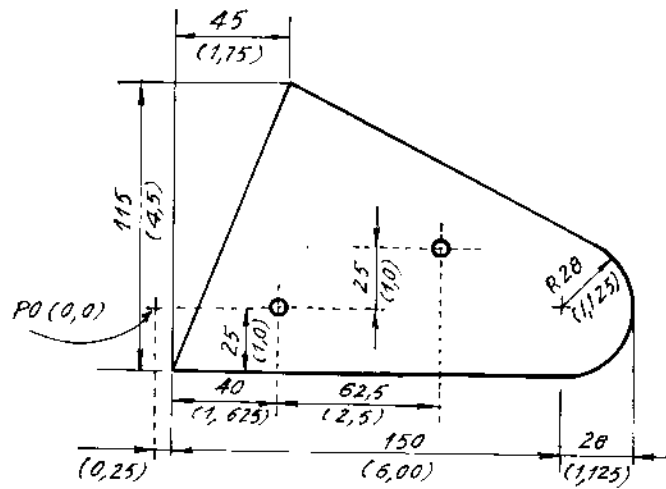
Các thường trình cắt gọt tự động được chương trình chính gọi ra làm việc để phục vụ cho những công việc gần giống nhau lặp lại trong các đoạn khác nhau trong chương trình. Những thường trình này cũng tương tự như các MACRO, được viết ra với tư cách là một bộ phận của gói phần mềm CAD/CAM (xem thêm về MACRO trong chương 1). Dữ liệu hình học của vật làm đóng vai trò một tập hợp các định nghĩa tham số hoặc các đối số dùng cho MACRO. Do vậy, có thể gọi các thường trình tự động này ra với sự tương tác của người sử dụng là ít nhất.

Phay cạnh và phay hốc lõm là hai ví dụ thông dụng về các thường trình cắt gọt tự động mà hầu hết các hệ CAD/CAM đều có. Thường trình phay cạnh được dùng để tạo ra dãy các đường đi của dao phay khi cắt gọt vòng quanh một loạt các yếu tố hình học đã được người sử dụng chỉ ra trước đó. Các yếu tố hình học này là cái tạo nên đường bao vòng của vật làm. Sau đây chúng ta sẽ xem xét một ví

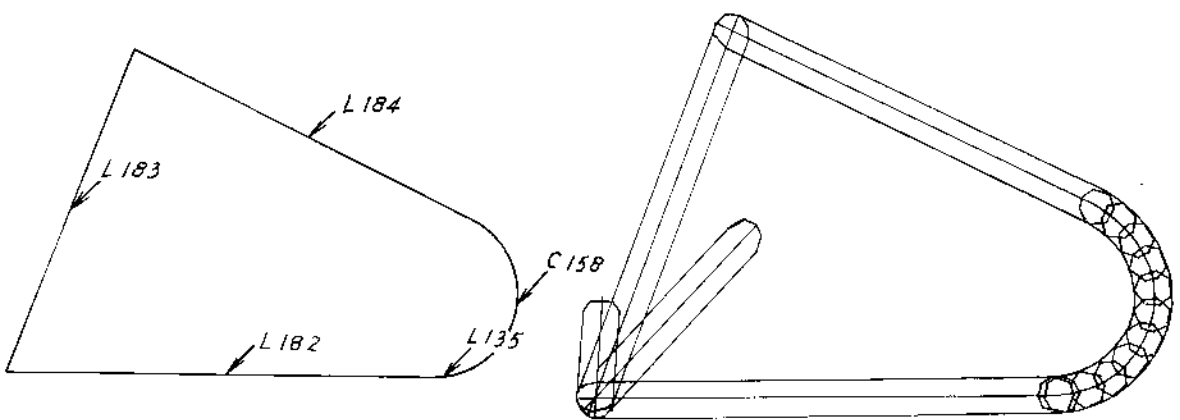
dụ minh họa về cách tiếp cận đồ họa trong lập trình NC và đặc biệt là về đặc điểm phay cạnh tự động.

Ví dụ 3.2. Sử dụng gói phần mềm AGS/883 của Hãng Applicon để tạo ra chương trình APT và CLFILE đối với vật làm cho ở hình 3.6. Việc ghi nhận cho các yếu tố hình học được gói phần mềm thực hiện tự động theo lời nhắc của người sử dụng, cho ra kết quả như ở hình 3.7. Việc cắt gọt được tiến hành bằng phay cạnh dọc theo chu vi của vật làm.

Gói phần mềm có một thường trình tự động để tạo ra đường đi của dao phay, cho ra kết quả như ở hình 3.8. Hình 3.9 là bản in chương trình APT do gói phần mềm tạo ra. Chú ý rằng đơn vị đo mà gói phần mềm CAD/CAM này sử dụng là inch. Hai lỗ khoan coi như có sẵn, chỉ để kẹp chặt vật làm lên bàn máy.



Hình 3.6. Vật làm dùng cho ví dụ 3.2 (kích thước cho trong ngoặc đơn là theo inch).



Hình 3.7. Vật làm dùng cho ví dụ 3.2 sau khi được hệ CAD/CAM ghi nhận.

Hình 3.8. Đường đi của dao do hệ CAD/CAM tự động tạo ra.

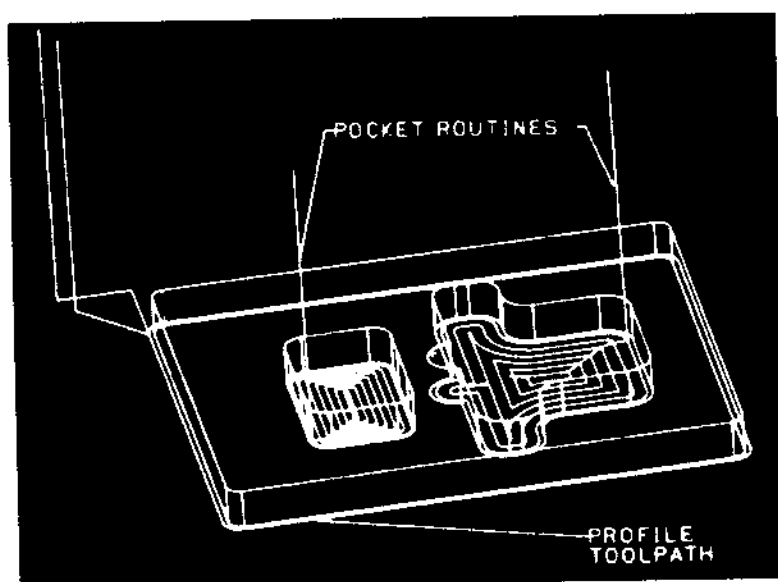
```

@VW APT/MPG;
10 70 0 0 0 0 0 2 GD APT/MPG;
INOUT VER, 003. 20 - 1
CLPRNT
LI82 = LINE/6.25, -1.0, 2.0, 0.25, -1.0, 2.0
LI83 = LINE/0.25, -1.0, 2.0, 2.0, 3.5, 2.0
LI84 = LINE/2.0, 3.5, 2.0, 6.7525, 1.1319, 2.0
CI58 = CIRCLE/6.2507, 0.125, 2.0, 1.125
LI85 = LINE/6.2507, -1.0, 2.0, 6.25, -1.0, 2.0
REMARK START OF CUT SEQUENCE 901
  CUTTER/0.25, 0.05, 0.075, 0.05, 0.0, 0.0, 4.0
  COLNT/ON
  SPINDL/1200
  FEDRAT/1.0
  OUTTOL/0.005
  TLAXIS/0.0, 0.0, 1.0
    FROM/0.0, 0.0, 5.0
    RAPID
    GOTO/-0.1228, -1.255, 3.0
  THICK/0.0, 0.13
    DNTCUT
    GOTO/-0.1228, -1.255, 1.0
    GO/ON, LI82, TO, (PLANE/0.0, 0.0, 1.0, 1.0), TO, LI83
    CUT
    INDIRV/0.3624454, 0.932005, 0.0
    TLIFT, GOFWD/LI83, PAST, LI84
    GORGT/LI84, TANTO, CI58
    GOFWD/CI58, TANTO, LI85
  THICK/0.0, 0.13, 0.0
    GOFWD/LI85, ON, (LINE/(POINT/6.25, -1.255, 1.0), PERPTO, (LINE/$
      6.2507, -1.255, 1.0, 6.25, -1.255, 1.0))
  THICK/0.0, 0.13
    GOFWD/LI82, PAST, LI83
    GORGT/LI83, PAST, LI84
    GORGT/LI84, TANTO, CI58
    GOFWD/CI58, TANTO, LI85
  THICK/0.0, 0.13, 0.0
    GOFWD/LI85, ON, (LINE/(POINT/6.25, -1.255, 1.0), PERPTO, (LINE/$
      6.2507, -1.255, 1.0, 6.25, -1.255, 1.0))
  THICK/0.0, 0.13
    GOFWD/LI82, PAST, LI83
    TLON, GORGT/(LINE/-0.1228, 1.255, 1.0, 2.0, 1.0, 1.0) ON, (LINE/($
      POINT/2.0, 1.0, 1.0), PERPTO, (LINE/-0.1228, -1.255, 1.0, 2.0, 1.0, 1.0))
  FINI

```

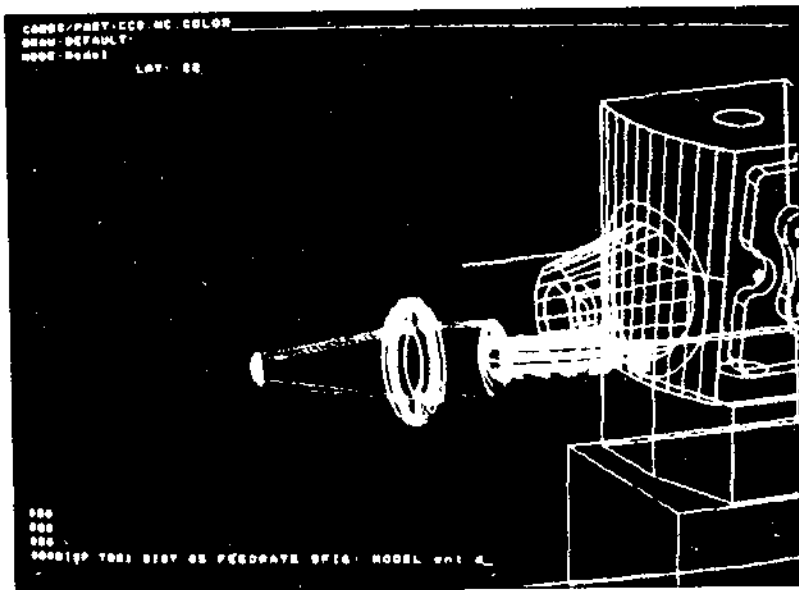
Hình 3.9. Bản in chương trình APT do hệ CAD/CAM tạo ra.

Thường trình con tạo hốc lõm tự động cũng giống như thường trình phay cạnh, chỉ khác vật liệu cần cắt bỏ thì nằm trong đường bao khép kín của hốc lõm đó. Người lập trình cần chỉ ra các cạnh bên và đáy của hốc lõm. Đặc điểm này được minh họa ở hình 3.10.



Hình 3.10. Hành trình tạo hốc lõm tự động thể hiện trên computervision.

Đồ họa rất có lợi cho người dùng khi tạo sinh đường đi của dao cắt trên một hệ CAD/CAM. Chẳng hạn, vật làm thể hiện bằng một màu trong khi đường đi của dao thể hiện bằng một màu khác, nhờ vậy làm nổi bật được đường đi của dao trên vật làm. Một đặc điểm nữa của hệ CAD/CAM là hiển thị hóa trình tự cắt gọt bằng cách mô phỏng động đường đi của dao trên màn hình máy tính. Hình 3.11 trình bày một ví dụ về đặc điểm này, trên đó cho thấy hình ảnh trên màn hình về hướng chuyển động của dao và bộ phận kẹp dao so với vật làm. Chuyển được mô phỏng của dao có thể hiển thị lên màn hình theo các kiểu: (1) chuyển động với tốc độ lớn, nhờ vậy giảm được thời gian thẩm tra đường đi của dao; (2) với tốc độ thực, nhờ vậy thấy được lượng chạy dao ứng với tốc độ cắt đã cho; (3) kiểu dừng (freeze mode) làm dừng chuyển động của dao để kiểm tra kỹ lưỡng; (4) kiểu bước một, nhờ vậy cho thấy được đường đi của dao theo từng bước riêng rẽ.



Hình 3.11. Kiểm tra "động" đường đi của dao NC theo hình ảnh ba chiều.

3. Ưu điểm của CAD/CAM trong lập trình vật làm NC: Sử dụng các hệ CAD/CAM trong lập trình vật làm NC là cách tiếp cận có rất nhiều ưu điểm. Có thể kể ra một số ưu điểm như sau:

a) *Tiết kiệm thời gian xác định hình học:* Nhờ sử dụng hệ đồ họa của CAD/CAM mà dữ liệu hình học của vật làm đã được tạo ra trong giai đoạn thiết kế, do vậy người lập trình vật làm không phải tái tạo dữ liệu này, điều mà trong lập trình APT truyền thống không thể có được.

b) *Thẩm định "nhân tiền":* Nhờ có màn hình máy tính, đường đi của dao cắt được hiển thị lên bằng hình ảnh nên người lập trình có thể kiểm tra ngay được bằng mắt. Đa số lỗi lập trình được phát hiện và sửa ngay sau khi vừa mắc lỗi. Trong khi đó, với các ngôn ngữ NC (kể cả APT) truyền thống thì chắc chắn có một khoảng thời gian trì hoãn giữa viết chương trình với quá trình phát hiện và sửa lỗi.

c) *Sử dụng các thường trình cắt gọt tự động:* Khi lập trình những vật làm thông dụng như vật làm cân phay cạnh hay phay hốc lõm, thì việc sử dụng các thường trình kiểu MACRO sẽ giảm rất lớn thời gian lập trình.

d) *Có lợi trong sản xuất đơn chiếc:* Do thời gian lập trình vật làm giảm rất nhiều nhờ sử dụng hệ thống CAD/CAM, vì thế NC lúc này trở thành một phương pháp hấp dẫn về kinh tế đối với sản xuất đơn chiếc. Nếu không có hệ CAD/CAM thì để lập trình, cần một lượng thời gian lớn và đó sẽ là một trở ngại thường ngăn cản việc sử dụng NC trong sản xuất đơn chiếc.

e) Tích hợp với các chức năng liên quan: Có một cơ hội hiển nhiên cho việc tích hợp chức năng thiết kế sản phẩm với chức năng lập trình vật làm NC. Trong giai đoạn sản xuất cũng có cơ hội để tích hợp chức năng như vậy, chẳng hạn thiết kế dụng cụ cắt, thiết kế quy trình công nghệ, phân nhóm các vật làm cùng loại để dễ lập trình, v.v... Bằng rất nhiều ưu điểm của CAD/CAM trong lập trình vật làm NC, chắc chắn toàn bộ logic của quá trình này không bao lâu nữa sẽ được xử lý trên máy tính. Điều đó cho phép lập trình NC sớm được máy tính thực hiện trọn vẹn và tự động mà không cần có sự can thiệp của con người.

3.7. LẬP TRÌNH VẬT LÀM NC BẰNG ÂM THANH

Lập trình bằng âm thanh cho máy NC (viết tắt là VNC) liên quan đến truyền thông tiếng nói trong trình tự gia công cắt gọt tới một hệ thống chuẩn bị bằng NC lấy âm thanh làm đầu vào. VNC cho phép người lập trình tránh được các bước như viết chương trình bằng tay, đục lỗ lên băng hoặc đánh máy lên bàn phím, thẩm tra theo lối thủ công. Một trong những hãng hàng đầu chuyên về các hệ thống nhập liệu âm thanh là Hãng Threshold Technology ở bang New Jersey, USA.

Để tiến hành lập trình vật làm qua VNC, người lập trình nói vào micro được thiết kế đặc biệt để giảm độ ồn. Các lệnh lập trình được truyền thông dưới dạng ngôn ngữ chuyên môn ở xưởng với các thuật ngữ như "turn" (quay), "thread" (làm ren), "mill line" (phay thẳng)...., cùng các số kèm theo để cho biết kích thước và tọa độ. Trước khi có thể sử dụng, hệ thống nhập liệu bằng âm thanh phải được "dạy" để có thể nhận biết và chấp nhận giọng nói của người lập trình sẽ làm việc với nó. Cách làm là nhắc lại mỗi từ trong bộ từ vựng khoảng năm lần, nhằm tạo ra một bộ mẫu để làm căn cứ so sánh cho các lệnh miệng phát ra khi lập trình. Toàn bộ từ vựng của hệ Threshold có khoảng 100 từ. Tuy nhiên hầu hết các công việc lập trình chỉ cần đến khoảng 30 từ trong đó mà thôi.

Khi làm việc với hệ nhập liệu này, người lập trình phải phát âm tách bạch từng từ một bằng cách nghỉ một chút trước khi nói từ tiếp theo. Thời gian nghỉ phải là một phần mười giây hoặc lâu hơn, để hệ nhận biết được các ranh giới đối với lệnh phát ra sao cho các đặc trưng sóng của lệnh này có thể so sánh với các từ trong bộ mẫu của riêng người lập trình đó. Tốc độ nói vào micro để thỏa mãn ràng buộc nói trên thường vào khoảng 70 từ trong một phút. Khi một từ được phát ra, màn hình CRT đặt trước người vận hành sẽ thẩm tra lại từng lệnh rồi nhắc người đó ra lệnh tiếp theo.

Ví dụ 3.3. Một cuộc đối thoại giữa hệ VNC (hiển thị lên màn hình CRT) và lập trình viên (ra khẩu lệnh) nhằm xác định một chu kỳ làm việc như sau:

Lập trình viên: "Define"

Hệ thống: DEFINATION TYPE

Lập trình viên: "Circle"

Hệ thống: CIRCLE # =

Lập trình viên: "Three"

Hệ thống: CENTER PT X =

Lập trình viên: "Five decimal three one, Go" (5.31)

Hệ thống: y =

Lập trình viên: "Two decimal four seven five, Go" (2.475)

Hệ thống: RADIUS =

Lập trình viên: "Onc decimal five, Go" (1.5)

Hệ thống: CW/CCW

Lập trình viên: "Counterclockwise" (Ngược chiều kim đồng hồ)

Sau khi tất cả mọi lệnh đã được nhập vào và thẩm tra, hệ thống sẽ chuẩn bị băng đục lỗ (hoặc băng từ) để phục vụ.

Ưu điểm của hệ VNC chủ yếu là ở chỗ tiết kiệm thời gian lập trình, giảm thời gian hướng dẫn gia công (có thể tiết kiệm thời gian lập trình đến 50%). Ngoài ra độ chuẩn xác cũng được nâng cao và giảm được yêu cầu kỹ năng về máy tính đối với người lập trình cũng được coi là một lợi thế của hệ VNC.

3.8. NHẬP DỮ LIỆU THEO LỐI THỦ CÔNG

Nhập dữ liệu theo lối thủ công hay còn gọi là MDI (Manual Data Input) liên quan đến việc vào dữ liệu lập trình vật làm thông qua một màn hình CRT đặt tại nơi máy công cụ NC, do vậy tránh phải dùng đến băng có đục lỗ. Việc lập trình thường do người điều khiển máy đó kiêm luôn. Các hệ NC được trang bị bộ phận MDI có một máy vi tính để làm bộ phận điều khiển (CU).

MDI được thiết kế để tạo thuận lợi cho quá trình lập trình vật làm bằng cách sử dụng kiểu tương tác, nhằm hỗ trợ người vận hành máy NC trong mọi bước của quá trình đó. Nó truy vấn người vận hành máy về các chi tiết trong công việc cắt gọt để rồi người đó gõ chương trình vào một khi trả lời câu hỏi mà nó đưa ra.

Bộ phận MDI sử dụng ngôn ngữ xướng máy chứ không dùng hệ thống chữ cái và chữ số theo abc, nhờ vậy tránh được những nhầm lẫn hay gặp trong lập

trình. Về căn bản, người vận hành máy NC phải đọc được bản vẽ kỹ thuật và hiểu công việc gia công cắt gọt, ngoài ra không cần qua đào tạo thêm về lập trình vật làm NC.

Ưu điểm lớn nhất của MDI là đơn giản. Nó thể hiện một con đường tương đối dễ dàng để các xí nghiệp nhỏ quá độ tới NC. Chỉ cần rất ít thay đổi trong hoạt động của xí nghiệp là đã có thể dùng hệ thống NC có trang bị MDI. Do không cần đến băng có đục lỗ nên nhờ MDI mà tiết kiệm được thiết bị đục lỗ lên băng (đắt tiền) mà bình thường hệ NC nào cũng phải có.

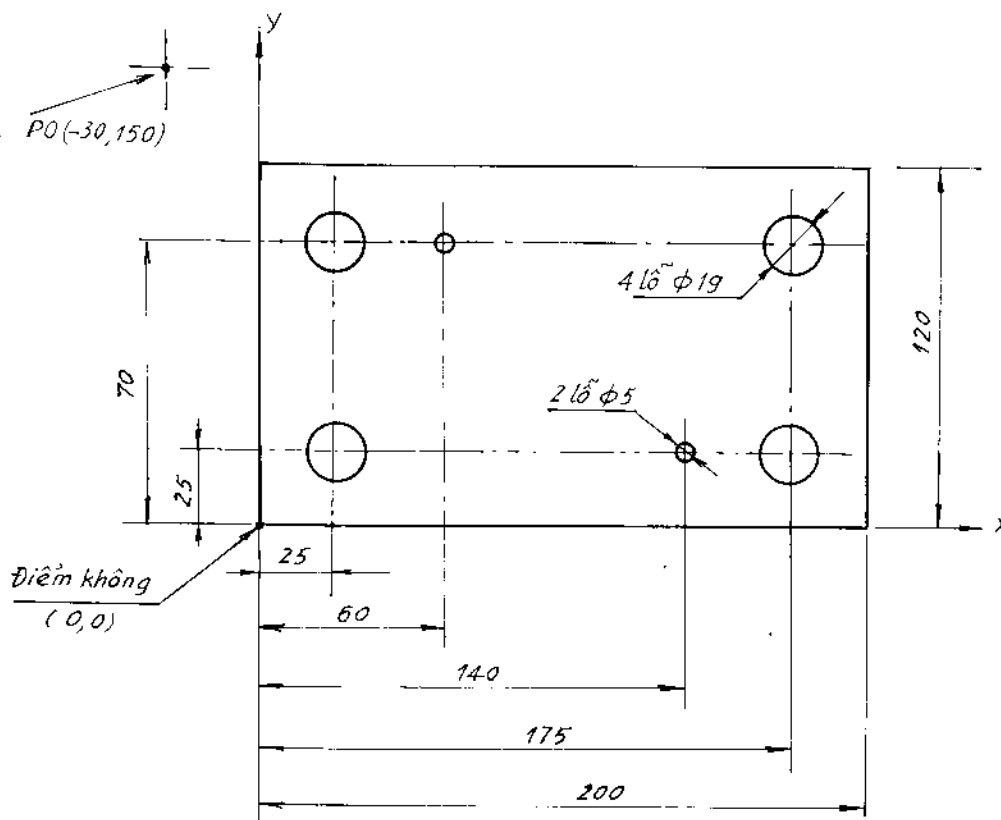
Hạn chế của MDI là ở chỗ chương trình phải tương đối ngắn và đơn giản. Như thế có nghĩa là các công việc cắt gọt cũng không được phức tạp. Sở dĩ có điểm hạn chế như vậy là do không có bản sao chương trình lên giấy để người vận hành đọc, mà nhìn vào màn hình CRT thì mỗi trang cũng chỉ có 22 đến 25 dòng để đọc mà thôi, nên nếu chương trình dài và phức tạp thì người lập trình không thể nhớ hết được. Cuối cùng, một trong những nhược điểm lớn nhất của MDI là trong khi việc lập trình đang được tiến hành thì bản thân máy công cụ phải ngừng sản xuất. Chương trình càng phức tạp thì máy công cụ càng phải ngừng lâu để chờ lập trình xong. Để khắc phục nhược điểm này, người ta đưa ra một phương pháp tạm gọi là "tiền hậu luân phiên". Theo phương pháp này, trong khi máy công cụ đang gia công vật làm thứ nhất thì người vận hành tranh thủ vào chương trình cho vật làm thứ hai, và khi vật làm thứ hai được gia công thì đến lượt chương trình vật làm thứ ba được đưa vào máy tính, cứ luân phiên như vậy cho đến hết lô hàng. Phương pháp này giúp rút ngắn được rất nhiều thời gian chờ đợi giữa các lượt gia công.

Do đặc điểm của nó, MDI chỉ thích hợp với những vật làm đơn giản hơn so với vật làm thông thường cần được gia công trên máy NC, mặt khác lô hàng cũng chỉ vào loại nhỏ và hiếm dịp lặp lại. Trong trường hợp lô hàng có dịp lặp lại thì máy MDI nên có khả năng cho phép trích xuất chương trình từ trong bộ nhớ máy tính ra thiết bị nhớ ngoài. Tuy nhiên, lúc này không dùng băng đục lỗ mà dùng băng từ để cất vào thư viện, phục vụ cho lô hàng sau.

BÀI TẬP CHƯƠNG 3

- 3.1.** Trình bày hai phương pháp chuẩn bị bằng NC.
- 3.2.** Các lệnh NC được tổ chức trên bảng như thế nào? Nêu tên một số từ NC.
- 3.3.** Lập trình vật làm NC theo lối thủ công thích hợp và không thích hợp với loại công việc cắt gọt nào?
- 3.4.** Hãy viết chương trình NC theo lối thủ công để gia công bốn lỗ $\phi 19$ và hai lỗ $\phi 5$ trên vật làm như ở hình 3.12. Lỗ $\phi 19$ khoan một lần, còn lỗ $\phi 5$ gia công theo hai bước: khoan đến $\phi 4,8$, sau đó khoét đến $\phi 5$. Chế độ cắt như sau:

Nguyên công	Tốc độ cắt (vg/phút)	Lượng chạy dao (mm/phút)
Khoan $\phi 19,0$	420	84
Khoan $\phi 4,8$	1350	65
Khoét $\phi 5,0$	700	35



Hình 3.12. Dùng cho bài tập 3.4.

Các lỗ được gia công trên máy khoan bàn, thay dao bằng tay do người vận hành máy thực hiện, nhưng chế độ cắt (tốc độ cắt, lượng chạy dao) phải được lập trình để đục lỗ lên băng. Dùng điểm không cố định tại góc dưới bên trái của vật làm và định vị tuyệt đối. Điểm đích đặt tại Po (-30, 150)

- 3.5.** Những loại công việc cắt gọt nào phù hợp với lập trình vật làm có máy tính trợ giúp? Nêu nhiệm vụ của người lập trình và nhiệm vụ của máy tính?
- 3.6.** Phân biệt lập trình qua mạng và qua máy cục bộ. Phân tích ưu – nhược điểm của hai giải pháp đó.
- 5.7.** Trình bày các bước khởi đầu và tạo sinh đường đi của dụng cụ cắt khi lập trình vật làm bằng hệ CAD/CAM. Kết quả thu được khi lập trình vật làm bằng hệ CAD/CAM là gì?
- 3.8.** Phân tích ưu điểm của CAD/CAM trong lập trình vật làm NC.
- 3.9.** MDI là gì? Nêu các ưu – nhược điểm của máy NC có trang bị MDI.

Chương 4

ĐIỀU KHIỂN BẰNG MÁY TÍNH TRONG NC

4.1. MỞ ĐẦU

Trên đường phát triển của mình, công nghệ điều khiển số luôn quan hệ chặt chẽ và dựa trên sự phát triển của công nghệ máy tính. Trong chương 3 chúng ta đã xem xét vấn đề sử dụng máy tính vào lập trình vật làm NC. Xét về mặt thực hành, không thể thực hiện lập trình NC cho nhiều bản thiết kế vật làm mà không có máy tính tham gia. Hơn nữa máy tính đang được sử dụng để sàng lọc và cải thiện thủ tục lập trình vật làm NC thông qua các công nghệ đồ họa tương tác và lập trình qua âm thanh mà chương 3 đã đề cập. Không nghi ngờ gì nữa, chính việc sử dụng máy tính số đã cho phép kỹ thuật điều khiển số có những bước cải thiện về chất. Do vậy trong chương này chúng ta sẽ tìm hiểu ba chủ đề điều khiển liên quan tới NC, đó là:

1. Điều khiển số bằng máy tính (CNC),
2. Điều khiển số trực tiếp (DNC),
3. Điều khiển thích nghi.

Với CNC, bộ điều khiển (CU) kiểu kết nối cứng trong NC truyền thống đã được thay thế bằng một máy tính nhỏ (trước đây là máy tính vừa, hiện nay là vi tính). Máy tính thực hiện một số hoặc toàn bộ chức năng NC cơ bản nhờ các chương trình lưu trữ trong bộ nhớ của nó. *Một trong các đặc điểm nổi bật của CNC là mỗi máy tính được dùng để điều khiển một máy công cụ, trong khi DNC sử dụng một máy tính lớn để điều khiển nhiều máy công cụ khác nhau.*

Còn đối với điều khiển thích nghi thì không dùng đến máy tính số. Điều khiển thích nghi là một hệ điều khiển tiến hành đo một hoặc nhiều biến quá trình như lực cắt gọt, nhiệt độ, công suất động cơ, v.v... rồi điều chỉnh tốc độ cắt hay lượng chạy dao (hoặc cả hai) để bù lại những thay đổi không mong muốn trong các biến quá trình. Mục tiêu của nó là tối ưu hóa quá trình gia công, là điều mà một mình NC không thể thực hiện được. Nhiều dự án đầu tiên về điều khiển thích nghi là dựa trên điều khiển tương tự (analog) chứ không phải máy

tính số. Ngày nay người ra sử dụng công nghệ vi xử lý để thực hiện chiến lược điều khiển thích nghi.

Trước khi tìm hiểu ba loại hệ thống điều khiển nêu trên, chúng ta hãy xem xét một số vấn đề khó khăn liên quan tới việc sử dụng điều khiển số truyền thống, là những vấn đề đã thúc đẩy chuyển sang điều khiển bằng máy tính.

4.2. MỘT SỐ VẤN ĐỀ ĐỐI VỚI NC TRUYỀN THỐNG

Đây là những vấn đề vốn có trong NC truyền thống khiến cho các nhà thiết kế máy công cụ tìm cách cải thiện các hệ NC cơ bản. Trong số những khó khăn gặp phải khi sử dụng NC truyền thống có những vấn đề sau đây:

1. *Các lỗi lập trình vật làm* là vấn đề thường gặp khi chuẩn bị bằng đục lỗ. Những lỗi này thường là lỗi cú pháp hoặc lỗi về con số, và không hiếm khi phải ba bốn lần sửa lỗi hay hơn nữa, bằng mới hết sai sót. Một vấn đề nữa là làm sao có được trình tự các bước gia công là hợp lý nhất, một khó khăn chủ yếu phát sinh khi lập trình vật làm theo lối thủ công. Một số ngôn ngữ lập trình vật làm có máy tính trợ giúp mới có những công cụ phụ trợ để đáp ứng được yêu cầu này.
2. *Chế độ cắt không tối ưu*: Trong NC truyền thống, hệ điều khiển không có cơ cấu cho phép thay đổi tốc độ cắt và lượng chạy dao trong quá trình cắt gọt. Do vậy vì lý do an toàn, người lập trình buộc phải thiết lập chế độ cắt ở những điều kiện xấu nhất. Kết quả là máy làm việc với chế độ cắt dưới mức tối ưu.
3. *Băng đục lỗ*: Băng giấy tuy rẻ nhưng có nhược điểm quá mỏng, dễ mòn, hay rách nên khó có thể dùng lại nhiều lần ở phân xưởng mà vẫn đảm bảo tin cậy. Vì vậy nó dần được thay thế bằng các vật liệu bền hơn (tất nhiên cũng đắt hơn) như chất dẻo *milar*,...
4. *Đầu đọc băng* là bộ phận ít tin cậy nhất trong máy. Khi máy NC có trục trặc, thợ sửa chữa thường tìm kiếm nguyên nhân bắt đầu từ bộ phận này.
5. *Bộ phận điều khiển (CU)*: Trong NC truyền thống, bộ phận điều khiển được nối cứng, do đó chức năng điều khiển của nó khó thay đổi, trong khi nếu thay thế bằng máy tính thì linh hoạt hơn nhiều (chẳng hạn khi cần có thể viết lại hoặc thay đổi phần mềm nội suy đường tròn, v.v...).
6. *Thông tin để quản lý*: NC truyền thống không thể cung cấp thông tin kịp thời về hiệu quả vận hành để phục vụ cho công tác quản lý, đó là những thông tin đại loại như đếm vật làm, sự cố máy, thay dụng cụ cắt,...

Các nhà thiết kế chế tạo máy công cụ và các kỹ sư điện tử đã không ngừng cải tiến công nghệ NC bằng cách thiết kế những hệ thống NC mới có khả năng giải quyết những vấn đề nêu trên, nhờ những tiến bộ vượt bậc trong công nghiệp điện tử. Sau đây chúng ta sẽ tìm hiểu về sự phát triển của công nghệ điện tử và bán dẫn, cơ sở mở đường cho cuộc cách mạng của bộ điều khiển NC.

4.3. CÔNG NGHỆ CỦA BỘ PHẬN ĐIỀU KHIỂN NC

Công nghệ phân cứng trong bộ điều khiển NC đã thay đổi nhảy vọt trong vòng nửa cuối thế kỷ XX. Ít nhất cũng đã có bảy thế hệ phân cứng lần lượt ra đời:

1. Ống chân không (khoảng 1952),
2. Role cơ-điện (khoảng 1957),
3. Linh kiện bán dẫn rời (khoảng 1960),
4. Mạch tích hợp vi mạch (khoảng 1965),
5. Điều khiển số trực tiếp (khoảng 1968),
6. Điều khiển số bằng máy tính (khoảng 1970),
7. Vi xử lý và máy tính (khoảng 1975).

Mẫu máy NC thử nghiệm đầu tiên tại phòng thí nghiệm cơ cấu trợ động (servo) của MIT đã sử dụng ống chân không trong phần cứng bộ điều khiển, khiến bộ điều khiển (CU) chiếm chỗ còn lớn hơn bản thân máy công cụ. Nhưng đó là do thực trạng của công nghệ điều khiển lúc bấy giờ, còn ít năm sau đó, khi những máy NC thương mại đầu tiên được bán trên thị trường thì role cơ-điện đã thay thế ống chân không rồi. Tuy nhiên các bộ điều khiển dựa trên role cơ-điện đó vẫn có nhược điểm là công kênh và thiếu tin cậy - công kênh đến mức ngay cả logic P-T-P khá đơn giản mà cũng cần đến nhiều tủ lớn lắp role, còn role thì dễ hỏng mà các mạch điều khiển thì cần nhiều role vốn thiếu tin cậy như thế.

Việc sử dụng đèn bán dẫn dựa trên công nghệ bán dẫn rời đã tạo nên các bộ điều khiển NC thế hệ thứ ba. Đèn bán dẫn đã giúp giảm thiểu số lượng role cơ-điện cần có, nhờ thế mà nâng cao được độ tin cậy vì đèn bán dẫn khó bị hỏng hơn. Đồng thời nó cũng góp phần thu nhỏ kích thước tủ điều khiển và cho phép các nhà thiết kế xây dựng nên các mạch phức tạp hơn để đưa vào bộ điều khiển của máy NC. Nhờ những mạch như thế mà những bài toán phức tạp như nội suy đường tròn đã trở thành khả thi.

Tuy nhiên kích thước và độ tin cậy vẫn còn là những vấn đề của các mạch điều khiển dựa trên đèn bán dẫn. Mặt khác điện tử rất nhạy cảm với nhiệt độ, do đó cần có quạt hoặc máy điều hòa không khí để tủ điều khiển có thể hoạt động bình thường trong điều kiện ở công xưởng.

Vào khoảng năm 1965, các mạch tích hợp (vi mạch) đã được đưa vào sử dụng trong các mạch điều khiển NC, nhờ vậy vấn đề kích thước và độ tin cậy đã được cải thiện rất nhiều. Số lượng linh kiện rời có thể giảm khoảng 90%, kéo theo giá thành cũng được giảm một cách tương ứng. Sự phát triển các mạch LSI (Large-scale Intergrated) đã cho phép kết hợp nhiều tính năng điều khiển trong một tủ điều khiển kích thước nhỏ gọn hơn. Một số trong những tính năng đó là các thường trình (Subroutine) nội suy đường tròn và hypecboic, chuyển đổi giữa đơn vị inch với đơn vị mét, các phép tính về lượng chạy dao,...

Sự ứng dụng máy tính số vào công nghệ điều khiển NC đã đưa đến sự ra đời thế hệ tiếp theo. Nó đã tạo nên một sự thay đổi cơ bản trên bước đường phát triển của NC. Tất cả các mạch điều khiển trước đó đều tạo nên những phần tử kết nối cứng. Các chức năng do các hệ điều khiển này không dễ dàng thay đổi do bản chất cứng nhắc của kết nối cứng của chúng. Ngược lại, máy tính số dựa trên một cách tiếp cận khác hẳn, các chức năng điều khiển được lập trình rồi nạp vào bộ nhớ của máy và khi muốn thay đổi chức năng thì chỉ cần thay đổi chương trình.

Điều khiển số trực tiếp, hay còn gọi là DNC (Direct Numerical Control) là thế hệ đầu tiên được ứng dụng cách tiếp cận này, vào khoảng năm 1968. Vào thời gian đó, máy tính rất lớn và đắt tiền, và với máy tính lớn như vậy chỉ có cách sử dụng một máy tính để điều khiển nhiều máy công cụ trên nền tảng chia sẻ thời gian mới có tính khả thi. Ưu điểm của DNC là ở chỗ nó đã thiết lập một đường truyền điều khiển trực tiếp giữa máy tính và máy công cụ, do vậy loại bỏ được băng có đục lỗ làm đầu vào. Băng và đầu đọc băng rõ ràng là những phần tử kém tin cậy nhất trong các hệ NC truyền thống.

Rồi máy vi tính với kích thước nhỏ và rẻ tiền hơn ra đời. Chẳng bao lâu sau ý tưởng sử dụng một máy tính cho một máy công cụ trở thành hiện thực. Ý tưởng này sau đó được gọi là điều khiển số bằng máy tính hay CNC (Comperter Numerical Control). Những hệ CNC lần đầu tiên được bán ở thị trường là vào khoảng năm 1970, với các ưu điểm nổi trội nhờ ứng dụng bộ điều khiển kết nối mềm. Một bộ điều khiển bằng máy tính tiêu chuẩn có thể được điều chỉnh để thích nghi với các loại máy công cụ khác nhau bằng cách lập trình các chức năng điều khiển rồi đưa vào bộ nhớ máy tính của máy công cụ đó. Ngày nay, do tính ưu việt của CNC, rất hiếm có các hệ NC kết nối cứng còn được lưu hành trên thị trường.

Những tiến bộ lớn lao trong công nghệ máy tính đã không ngừng cung cấp những công cụ điều khiển số có kích thước ngày càng bé mà tốc độ và khả năng ngày càng cao với giá ngày càng rẻ hơn. Điều đó cho phép các nhà thiết kế chế tạo máy công cụ thiết kế ra bằng mạch điều khiển CNC với tư cách là một bộ phận tích hợp của máy công cụ chứ không phải là một hộp điều khiển độc lập,

đúng tách rời. Nhờ vậy diện tích dành để đặt máy được giảm đi rất nhiều. Các mạch VLSI (Very Large Scale Integrated) được sử dụng vào các bộ phận điều khiển này tạo thuận lợi lớn cho các nhà thiết kế cũng như người dùng máy công cụ. Bộ điều khiển có ít phần tử hơn cũng có nghĩa là ít tốn kém hơn và dễ chế tạo hơn đối với các nhà thiết kế chế tạo máy công cụ NC. Ít bảng mạch, lại dễ thay thế cũng làm giảm công sức và tiền của cho khách hàng khi cần bảo dưỡng và sửa chữa.

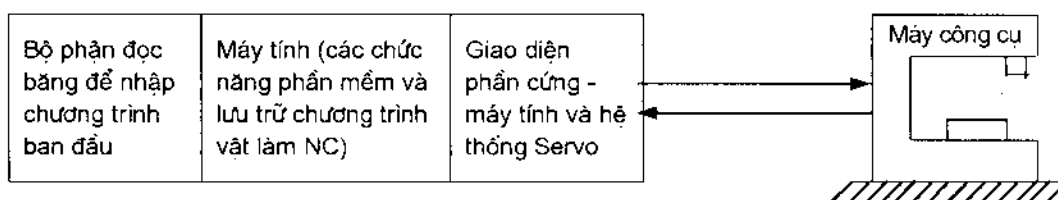
Ở trên vừa điểm qua lịch sử phát triển của bộ phận điều khiển trong hệ NC, sau đây chúng ta sẽ đi sâu hơn về công nghệ CNC và DNC.

4.4. CNC - ĐIỀU KHIỂN SỐ BẰNG MÁY TÍNH

4.4.1. Định nghĩa

Điều khiển số bằng máy tính là một hệ thống NC có sử dụng máy tính trong đó lưu trữ chương trình dành riêng cho việc thực hiện một số hoặc toàn bộ chức năng điều khiển số cơ bản. Thời kỳ đầu chỉ dùng máy tính, nhưng từ khi máy vi tính ra đời đến nay hầu hết hệ thống CNC có trên thị trường đều sử dụng một bộ điều khiển dựa trên máy vi tính, và cũng từ đó, máy vi tính được sử dụng trong các mạch điều khiển của CNC.

Về hình thức bên ngoài, máy CNC rất giống với máy NC truyền thống. Các chương trình vật làm lúc đầu cũng được nhập vào theo cùng một cung cách giống nhau. Đầu đọc băng vẫn là thiết bị công dụng chung để nhập chương trình vật làm vào hệ thống. Tuy nhiên, với điều khiển số truyền thống sau khi một vật làm được cắt gọt xong, băng lại được cuộn trở về vị trí ban đầu để cắt gọt vật làm tiếp theo. Cứ như vậy cho đến khi cắt gọt hết lô hàng. Còn đối với CNC thì chương trình chỉ được nhập vào máy tính một lần rồi được lưu trữ luôn trong bộ nhớ của nó. Do vậy bộ phận đọc băng chỉ được dùng một lần vào việc nạp chương trình và nạp dữ liệu lúc ban đầu mà thôi. So với máy NC thông thường, máy CNC mềm dẻo và có nhiều khả năng tính toán hơn. Khi muốn bổ sung hay thay đổi một ý định nào đó, ta chỉ cần lập trình lại là xong. Do khả năng có thể lập trình lại này - cả về chương trình vật làm cũng như về các tùy chọn điều khiển hệ thống, mà CNC thường được gọi là "NC kết nối mềm". Hình 4.1 minh họa cấu hình tổng quát của một hệ thống CNC.



Hình 4.1. Cấu hình tổng quát của hệ thống CNC.

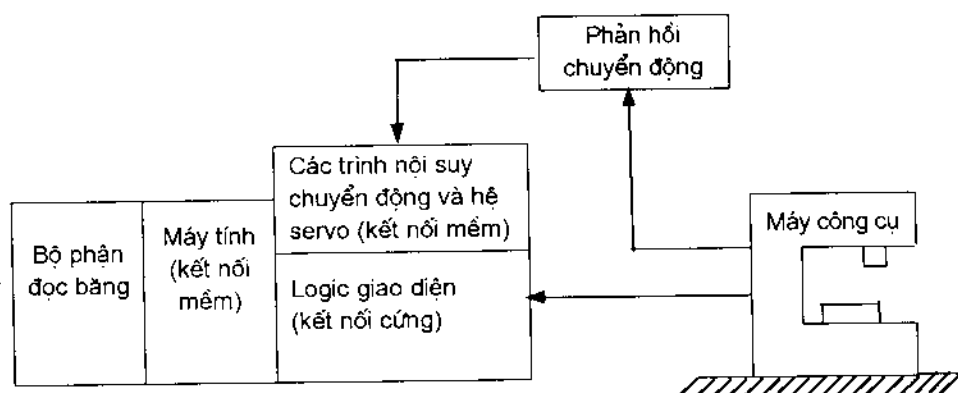
4.4.2. Các chức năng của CNC

Máy CNC được thiết kế với nhiều chức năng, trong đó có những chức năng mà máy NC truyền thống không thể hoặc khó có thể thực hiện được. Các chức năng chủ yếu của CNC là:

1. Điều khiển máy công cụ,
2. Bù sai số khi đang gia công,
3. Các tính năng lập trình và vận hành tiên tiến,
4. Chấn sai.

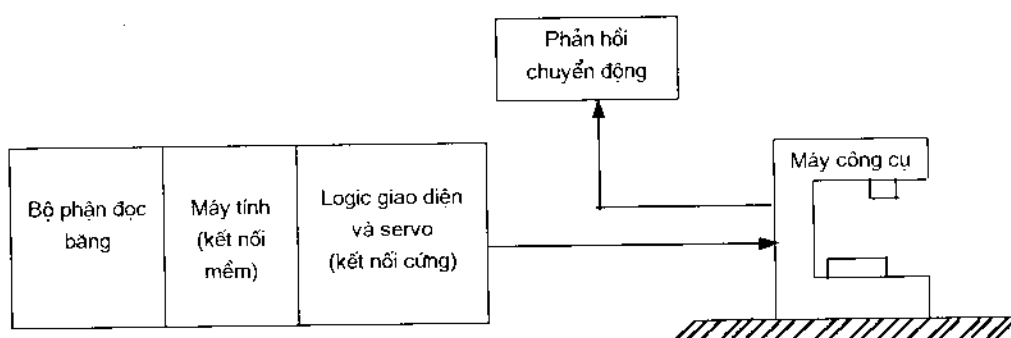
1. Điều khiển máy công cụ: Chức năng hàng đầu của một hệ CNC là điều khiển máy công cụ. Nó thực hiện việc chuyển đổi các lệnh của chương trình vật làm thành các chuyển động của máy công cụ thông qua giao diện máy tính và hệ trợ động (servosystem). Ưu điểm của CNC là có thể kết hợp một cách dễ dàng nhiều đặc tính điều khiển khác nhau vào trong cùng một bộ điều khiển kết nối mềm. Một số chức năng điều khiển như nội suy đường tròn chẳng hạn, thực ra các mạch kết nối cứng thực hiện có hiệu quả hơn so với máy tính, vì thế dẫn đến hai kiểu bộ điều khiển thay thế nhau trong CNC, đó là:

- CNC lai ghép,
- CNC không lai ghép.
- Trong *hệ CNC lai ghép*, bộ phận điều khiển gồm có một máy tính kết nối mềm cộng với các mạch logic kết nối cứng (hình 4.2). Các phân tử kết nối cứng tiến hành những chức năng mà nó thực hiện tốt nhất như tạo sinh lượng chạy dao và nội suy đường tròn, còn máy tính thì thực hiện những chức năng còn lại cùng những nhiệm vụ khác mà bình thường không thuộc chức năng của bộ phận điều khiển kết nối cứng truyền thống. Hệ CNC lai ghép còn được sử dụng là có nguyên do của nó. Như trên đã nói, có những chức năng mà các mạch kết nối cứng thực hiện lại tốt hơn, mà đó lại là những chức năng thông dụng đối với hầu hết các hệ NC. Vì thế những mạch này có thể đảm trách một lượng lớn công việc với chi phí thấp để máy tính khỏi phải làm những công việc tính toán chán ngắt đó. Nhờ thế trong bộ phận điều khiển CNC lai ghép không cần có một máy tính quá đắt tiền.



Hình 4.2. Sơ đồ hệ CNC lai ghép.

- *Hệ CNC không lai ghép* (hình 4.3) sử dụng một máy tính để thực hiện tất cả mọi chức năng. Hệ này chỉ cần đến những phần tử kết nối cứng nào phục vụ cho việc giao diện máy tính với máy công cụ và bàn điều khiển của người vận hành. Còn các chức năng nội suy, phản hồi vị trí dao cắt và mọi chức năng khác đều được phần mềm máy tính thực hiện. Do vậy máy tính trong hệ này phải mạnh hơn nhiều so với máy tính trong hệ lai ghép. Ưu điểm của hệ không lai ghép là tính mềm dẻo của nó: khi cần nó có thể dễ dàng thay đổi chương trình nội suy trong khi hệ lai ghép không có khả năng này (logic của các mạch kết nối cứng không thể thay đổi được).



Hình 4.3. Sơ đồ hệ máy CNC không lai ghép.

2. Bù sai số khi đang gia công: Đây là chức năng có quan hệ chặt chẽ với điều khiển máy công cụ. Nó liên quan tới hiệu chỉnh động đối với các chuyển động của máy công cụ khi đang gia công mà gặp lỗi hay cần thay đổi các thông số này. Sau đây là một số kiểu bù sai số khi đang gia công của máy CNC:

- Điều chỉnh khi gặp lỗi do dụng cụ đo, hoặc dụng cụ đo nhận biết được lúc đang gia công (sẽ nói rõ mục 4.8).

- Tính toán lại các tọa độ khi một dụng cụ dò lỗi (đầu dò) được sử dụng để định vị một mốc tham chiếu trên vật làm.
- Điều chỉnh lượng bù dao theo bán kính (dao phay) và theo chiều dài (dao tiện).
- Điều chỉnh điều khiển thích nghi đối với tốc độ cắt hoặc lượng chạy dao hoặc cả hai (chúng ta sẽ tìm hiểu cắt gọt có điều chỉnh thích nghi ở mục 4.9).
- Tính toán tuổi thọ dự kiến của dao cắt và lựa chọn dao thay thế khi được yêu cầu.

3. Các tính năng lập trình và vận hành tiên tiến: Các tính năng lập trình và vận hành thuận tiện có được là nhờ tính mềm dẻo của điều khiển kết nối mềm. Có thể liệt kê một số trong những tính năng đó như sau:

- Chỉnh sửa chương trình ngay trên máy, nhờ vậy dễ dàng sửa lỗi và tối ưu hóa chương trình,
- Hiển thị hình ảnh đường đi của dao cắt để thẩm tra lại bằng có đục lỗ,
- Các kiểu nội suy khác nhau: đường tròn, parabolic và cubic (bậc ba),
- Hỗ trợ cho cả hai đơn vị đo, hệ Anh và hệ mét (quốc tế),
- Sử dụng các thường trình (chương trình con) chuyên dụng,
- Nhập dữ liệu thủ công (MDI: Manual Data Input),
- Lưu trữ cục bộ chứa nhiều chương trình vật làm.

4. Chấn sai: Các máy công cụ là những hệ phức tạp và đắt tiền. Càng phức tạp càng tăng khả năng hỏng hóc khiến hệ thống phải ngừng hoạt động. Đồng thời càng đòi hỏi đội ngũ bảo trì hệ thống phải được đào tạo ở mức thành thạo hơn để có thể ứng phó, sửa chữa được. Do chi phí NC cao nên càng cần tránh phải ngừng máy ở mức có thể được. Các máy CNC thường được trang bị thêm khả năng chẩn sai để hỗ trợ trong công tác bảo trì và sửa chữa. Các khả năng chẩn trị này vẫn đang trong quá trình hoàn thiện và phát triển, chắc chắn rằng các thế hệ máy CNC càng về sau càng mạnh hơn và hoàn thiện hơn. Tốt nhất là hệ thống con chẩn sai nên có khả năng thực hiện một số chức năng như:

- Chỉ ra nguyên nhân gây ra ngừng máy sao cho đội ngũ bảo trì có thể sửa chữa kịp thời,
- Ra tín hiệu báo động về những hỏng hóc sắp xảy ra tại một chi tiết hay bộ phận nào đó. Đội ngũ bảo trì sẽ thay thế chi tiết hay bộ phận ấy vào lúc ngừng máy đã định, nhờ vậy tránh phải ngừng sản xuất không đúng kế hoạch,
- Đối với những phần tử được coi là dễ hỏng thì nên bố trí sẵn phần tử dự phòng, để khi có sự cố thì hệ con chẩn trị sẽ tự động tách phần tử bị

hỏng ra, đồng thời kích hoạt phần tử dự phòng vào hoạt động, nhờ vậy công việc sửa chữa không làm gián đoạn hoạt động bình thường của hệ thống.

4.4.3. Các ưu điểm của CNC

So với NC truyền thống, CNC có những ưu điểm sau đây:

1. *Bảng và bộ phận đọc băng chỉ phải dùng đến một lần* để nhập chương trình vào bộ nhớ máy tính. Nhờ ưu điểm này mà tăng độ tin cậy của hệ vì bộ phận đọc băng thường được coi là thành phần kém tin cậy nhất trong hệ NC truyền thống.

2. *Chỉnh sửa (edit) băng ngay tại máy*: Băng chứa chương trình có thể chỉnh sửa, thậm chí tối ưu hóa (như đường đi của dao cắt, tốc độ cắt và lượng chạy dao) trong khi băng đang chạy thử tại máy công cụ.

3. *Chuyển đổi giữa hệ Anh và hệ quốc tế*: CNC có khả năng chuyển đổi đơn vị inch được chuẩn bị trên băng thành đơn vị mét.

4. *Tính mềm dẻo cao hơn*: Đây là ưu điểm nổi trội nhất so với NC truyền thống. Nhờ tính mềm dẻo mà khi cần, có thể tạo ra những khả năng điều khiển mới (chẳng hạn các sơ đồ nội suy mới) khá dễ dàng và ít chi phí. Nguy cơ bị lạc hậu và mất vị thế cũng nhờ vậy được giảm thiểu.

5. *Người dùng có thể viết các chương trình bổ sung*: Một trong những khả năng không lường được từ đầu là người dùng lại có thể viết những chương trình chuyên dụng của mình để bổ sung vào chương trình vật làm. Chúng thường là những chương trình con ở dạng macro, được lưu trữ trong bộ nhớ của CNC và khi cần, có thể được chương trình vật làm gọi ra để thực hiện các trình tự gia công thường xuyên lặp lại.

6. *Tổng thiết bị sản xuất*: CNC thích hợp hơn với một hệ thống sản xuất được máy tính hóa ở cấp độ toàn nhà máy. Một trong những cột mốc đạt tới hệ thống như vậy là khái niệm về *điều khiển số trực tiếp* như sẽ được trình bày sau đây.

4.5. DNC - ĐIỀU KHIỂN SỐ TRỰC TIẾP

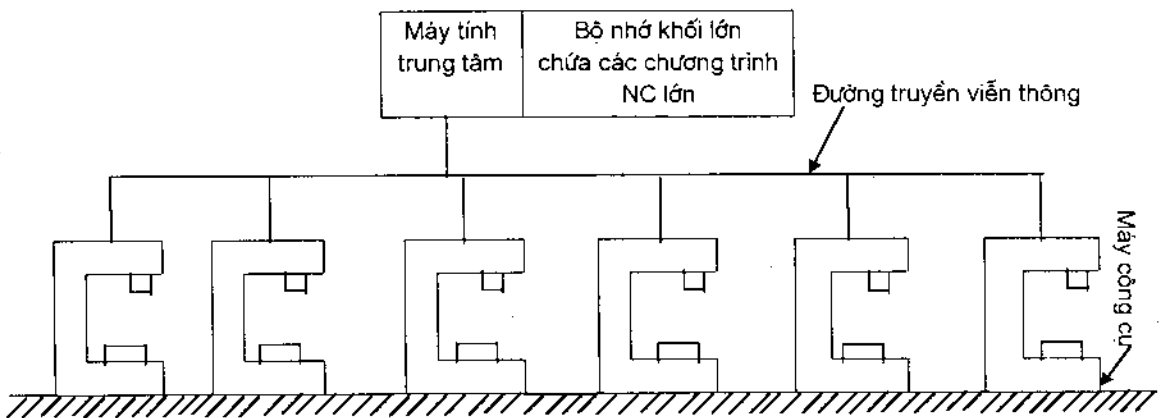
Có thể định nghĩa DNC (Direct Numerical Control) là một hệ thống chế tạo trong đó các máy công cụ được điều khiển bằng một máy tính thông qua đường nối trực tiếp và trong thời gian thực. Trong DNC không có bộ phận đọc băng, do đó bớt được một thành phần kém tin cậy nhất. Thay vì dùng bộ phận đọc băng, chương trình vật làm được chuyển trực tiếp từ bộ nhớ máy tính tới máy công cụ. Về nguyên tắc, có thể dùng một máy tính lớn để điều khiển hàng

trăm máy công cụ riêng biệt. Máy tính trong DNC được thiết kế để ra mệnh lệnh cho từng máy công cụ khi có yêu cầu. Khi một máy công cụ cần đến các lệnh điều khiển lập tức chúng được truyền tới máy công cụ đó. DNC còn bao gồm cả việc thu thập và xử lý dữ liệu từ máy công cụ phản hồi về máy tính.

4.5.1. Các thành phần của một hệ thống DNC

Một hệ DNC gồm có bốn thành phần (hình 4.4):

1. Máy tính trung tâm (máy chính),
2. Bộ nhớ khối lớn, trong đó lưu trữ các chương trình vật làm NC,
3. Đường truyền viễn thông,
4. Các máy công cụ.

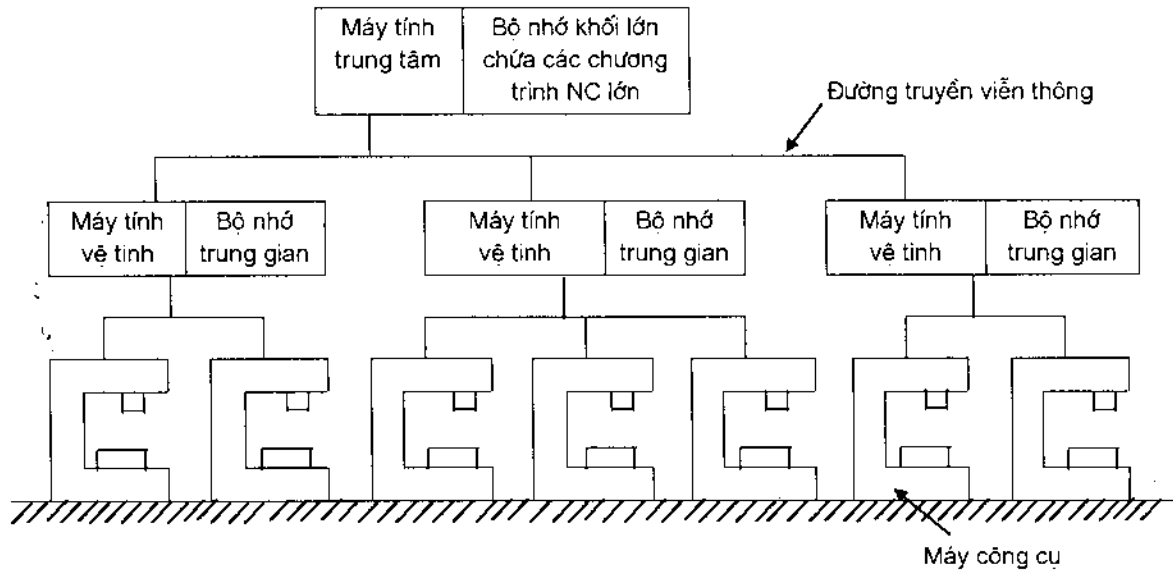


Hình 4.4. Cấu hình tổng quát của một hệ thống DNC.

Trong hệ thống này, máy tính gọi các lệnh chương trình vật làm từ bộ nhớ khối lớn ra rồi gửi những lệnh ấy tới máy công cụ nào có yêu cầu. Đồng thời máy tính cũng tiếp nhận những dữ liệu từ các máy công cụ phản hồi về. Dòng dữ liệu hai chiều này xảy ra trong thời gian thực, có nghĩa là các yêu cầu về mệnh lệnh của từng máy công cụ phải được đáp ứng hầu như tức thì. Tương tự như vậy, máy tính cũng phải luôn sẵn sàng tiếp nhận thông tin phản hồi từ các máy công cụ và đáp ứng một cách thích đáng. Đặc điểm cần lưu ý của hệ DNC là ở chỗ máy tính đồng thời phục vụ một lượng lớn máy công cụ, tất cả đều trong thời gian thực.

Tùy theo số lượng máy công cụ và khối lượng tính toán mà máy tính phải phục vụ, đôi khi cũng cần đến máy tính vệ tinh như ở hình 4.5. Các máy vệ tinh là những máy tính nhỏ (trước đây là máy tính vừa, hiện nay là máy vi tính), chúng có tác dụng san sẻ bớt gánh nặng cho máy tính trung tâm. Một máy tính vệ tinh đảm trách điều khiển một số máy công cụ. Các nhóm lệnh chương trình vật làm được các máy tính vệ tinh nhận từ máy trung tâm và lưu trữ tại các bộ nhớ trung gian rồi được phân phối tới các máy công cụ theo yêu cầu. Dữ liệu

phản hồi từ các máy công cụ đồng thời cũng được lưu trữ trong bộ nhớ trung gian của máy tính vệ tinh trước khi được thu thập về bộ nhớ khối lớn tại máy tính trung tâm.



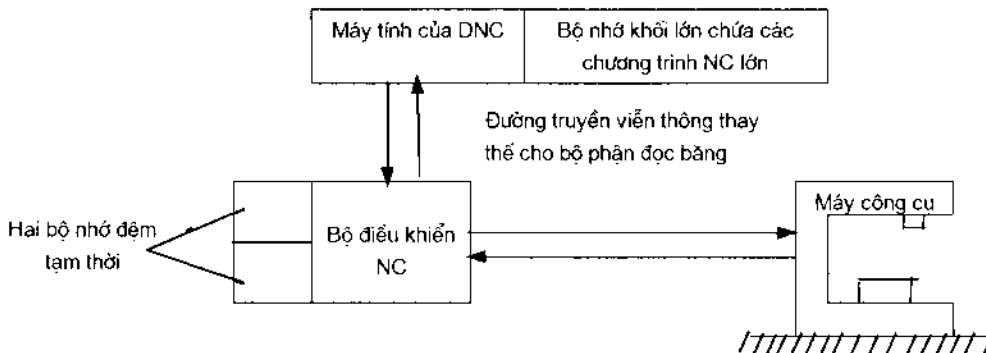
Hình 4.5. Hệ DNC với các máy tính vệ tinh.

4.5.2. Hai loại DNC

Tùy theo cách thiết lập liên kết truyền thông giữa máy tính điều khiển với máy công cụ mà người ta chia ra làm hai loại: DNC có BTR và hệ DNC có MCU.

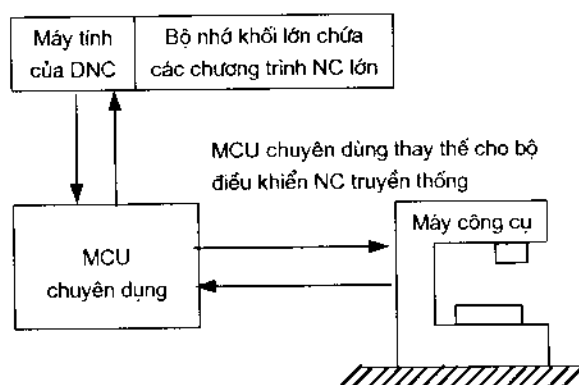
1. Hệ DNC có BTR (Behind-the Tape - Reader): Trong cấu hình của hệ này máy tính được nối trực tiếp với bộ điều khiển của NC thông thường, bằng cách thay thế bộ phận đọc băng bằng các đường truyền viễn thông (hình 4.6).

Ngoại trừ chương trình nguồn chứa các lệnh ra, còn sự vận hành của hệ này rất giống với hệ NC truyền thống. Bộ điều khiển (CU) sử dụng hai bộ nhớ đệm tạm thời để tiếp nhận các khối (block) lệnh từ máy tính DNC gửi tới, rồi chuyển đổi các khối lệnh đó thành các hoạt động của máy.



Hình 4.6. Cấu hình hệ DNC có BTR.

2. Hệ DNC có MCU chuyên dụng: Trong cấu hình của hệ này (hình 4.7), toàn bộ bộ điều khiển NC thông thường bị loại bỏ, thay thế vào đó là một bộ điều khiển máy chuyên dụng, có tên là MCU (Machine Controller Unit). MCU chuyên dụng là một thiết bị được thiết kế riêng để tạo thuận lợi cho việc truyền thông giữa máy công cụ và máy tính. Có một bộ phận mà ở đó sự liên kết truyền thông là rất quan trọng, đó là phần nội suy đường tròn của quỹ đạo dao cắt. Cấu hình của MCU chuyên dụng đạt tới một sự cân bằng cao giữa độ chính xác của phép nội suy với tốc độ cắt gọt kim loại. Sự cân bằng này nói chung là cao hơn so với hệ BTR.



Hình 4.7. DNC với bộ phận điều khiển máy chuyên dụng (MCU).

MCU chuyên dụng là kết nối mềm, trong khi bộ phận điều khiển NC truyền thống là kết nối cứng. Ưu điểm của kết nối mềm là ở tính mềm dẻo của nó. Có thể dễ dàng thay đổi các chức năng điều khiển của nó để đạt được những cải tiến mong muốn. Còn ở bộ phận điều khiển NC thông thường, do phải thay thế lại kết cấu mạch dẫn nếu muốn cải tiến một chức năng điều khiển nào đó, nên không thể có được sự mềm dẻo như vậy.

Ưu điểm của cấu hình hệ DNC có BTR là giá thành thấp do chỉ cần có những thay đổi nhỏ trong hệ NC truyền thống là có thể biến thành hệ DNC. Các hệ có BTR không cần thay thế bộ điều khiển truyền thống bằng MCU chuyên dụng. Tuy nhiên ưu điểm đó chỉ là tạm thời khi các máy NC có bán trên thị trường đều là máy CNC. Bộ điều khiển của CNC thực hiện chức năng rất giống với mục đích của một MCU chuyên dụng khi được kết nối vào một hệ DNC.

4.5.3. Chức năng của DNC

Sau đây là những chức năng dành riêng cho DNC, các hệ khác (CNC và NC truyền thống) không thể thực hiện được:

1. NC không cân bằng có đục lỗ,
2. Bộ lưu trữ chương trình vật làm NC,

3. Thu thập dữ liệu, xử lý và trình báo kết quả,
4. Truyền thông.

1. NC không cần băng đục lỗ: Một trong những mục tiêu ban đầu trong điều khiển số trực tiếp là loại bỏ việc sử dụng băng có đục lỗ. Một số vấn đề nổi cộm trong NC truyền thống mà chúng ta đã xem xét ở mục 4.2 là có liên quan tới việc sử dụng băng có đục lỗ (đầu đọc không được tin cậy lắm, bản chất mỏng của băng giấy, các khó khăn về chỉnh sửa và thay đổi chương trình được đục lỗ lên băng, v.v...) Không những thế, trang thiết bị để tạo ra băng đục lỗ lại đắt tiền. Tất cả những nhược điểm đó có thể loại bỏ được nhờ cách tiếp cận DNC.

2. Bộ lưu trữ chương trình vật làm NC: Chức năng quan trọng thứ hai của một hệ DNC là có liên quan tới lưu trữ các chương trình vật làm. Hệ con lưu trữ chương trình phải được cấu trúc sao cho thỏa mãn được một số mục tiêu. Trước hết, đó là các chương trình ấy luôn phải được sẵn sàng để “đổ” (download) tới các máy công cụ NC. Thứ hai là hệ con này phải cho phép nhập vào được chương trình mới, loại bỏ được chương trình cũ và chỉnh sửa được chương trình đang dùng khi có nhu cầu. Thứ ba là phần mềm của hệ DNC phải thực hiện được chức năng hậu xử lý (postprocessing function). Các chương trình vật làm trong một hệ DNC thường được cất trong CLFILE (Cutor Location File). Tập CLFILE phải được chuyển đổi thành các lệnh dùng cho một máy công cụ cụ thể. Việc chuyển đổi này do postprocessor đảm nhận. Thứ tư là hệ con lưu trữ này phải được cấu trúc sao cho có thể thực hiện được các chức năng quản lý và xử lý dữ liệu như an toàn tệp, hiển thị chương trình, thao tác trên dữ liệu, v.v...

Hệ con lưu trữ chương trình DNC thường gồm có một bộ lưu trữ (bộ nhớ) hoạt động và một bộ lưu trữ thứ cấp. *Bộ lưu trữ hoạt động* được dùng để lưu trữ các chương trình NC, là những chương trình thường xuyên được dùng đến. Một thiết bị lưu trữ khối điển hình dùng cho mục đích này có thể là đĩa cứng hay đĩa mềm. Bộ lưu trữ hoạt động luôn sẵn sàng để máy tính truy nhập nhằm điều khiển một máy công cụ NC trong quá trình sản xuất. Còn *bộ lưu trữ thứ cấp* thường dùng để lưu trữ các chương trình NC nào ít khi phải dùng đến. Ngay cả chương trình được cho rằng sẽ không bao giờ dùng lại nữa, đôi khi cũng được lưu trữ vào bộ nhớ này nếu điều đó không gây tốn kém gì lắm. Để dùng làm bộ lưu trữ thứ cấp thường có băng từ, băng cassette, đĩa mềm, đĩa cứng (thậm chí băng đục lỗ nữa, nếu chấp nhận những bất tiện của nó mà ta đã chỉ ra trước đây).

3. Thu thập dữ liệu, xử lý và trình báo kết quả: Cả hai chức năng nói trên đều liên quan tới đường truyền trực tiếp từ máy tính trung tâm tới các máy công cụ trong dây chuyền. Một chức năng quan trọng khác liên quan tới đường truyền ngược, là truyền dữ liệu từ các máy công cụ trở về máy tính trung tâm. Đối với DNC, cách truyền dữ liệu là theo hai đường đối nghịch nhau.

Mục đích chủ yếu nằm sau việc thu thập, xử lý dữ liệu và trình báo kết quả là để theo dõi giám sát sản xuất trong nhà máy. Dữ liệu được thu thập là số lượng sản phẩm, việc sử dụng dao cắt, khai thác máy công cụ và các yếu tố khác cấu thành thước đo hiệu năng của phân xưởng. Những dữ liệu này phải được máy tính DNC xử lý rồi lập thành báo cáo để cung cấp cho ban lãnh đạo những thông tin cần cho việc vận hành nhà máy. Phạm vi của chức năng DNC này đang ngày càng được mở rộng, không chỉ bao hàm thu thập dữ liệu từ các NC mà còn cả các trung tâm công tác khác trong nhà máy. Thuật ngữ được dùng lúc đó sẽ là "Điều khiển phân xưởng" mà chúng ta sẽ không bàn tới trong cuốn sách này.

4. Truyền thông: Một mạng truyền thông là cần thiết để thực hiện ba chức năng nói trên. Vấn đề truyền thông giữa các hệ con khác nhau là một chức năng có tính chất cốt lõi đối với việc vận hành bất kỳ một hệ DNC nào. Các mối liên kết truyền thông chủ yếu trong DNC nằm trong các thành phần sau đây của hệ thống:

- Máy tính trung tâm với các máy công cụ,
- Máy tính trung tâm với các đầu cuối (terminal) của người lập trình vật làm NC,
- Máy tính trung tâm với bộ nhớ khối lớn chứa chương trình NC. Đồng thời cũng có thể thiết lập các mối liên kết truyền thông tùy chọn giữa các điều khiển bằng máy tính của hệ DNC,
- Hệ CAD,
- Hệ điều khiển phân xưởng,
- Máy tính xử lý dữ liệu theo nhóm,
- Hệ chẩn đoán lỗi từ xa,
- Các hệ tự động có máy tính khác trong nhà máy.

Các kiểu truyền thông nói trên ngày càng thông dụng hơn khi công nghệ DNC phát triển theo hướng nhà máy tích hợp với máy tính trong tương lai.

5.4.4. Ưu điểm của DNC

Giống như CNC có những ưu điểm vượt trội hơn một hệ NC truyền thống, DNC cũng có những ưu điểm của nó và có thể tóm lược như sau:

1. Loại bỏ việc dùng băng có đục lỗ và đầu đọc băng: DNC loại trừ thành phần kém tin cậy nhất trong hệ NC truyền thống. Ở một số hệ DNC còn bỏ được bộ điều khiển gắn cứng và thay vào đó là bộ điều khiển đặc biệt được thiết kế cho tương hợp hơn với vận hành DNC.

2. *Khả năng tính toán cao hơn và mềm dẻo hơn:* Máy tính của hệ DNC lớn, tạo điều kiện thực hiện các chức năng tính toán và xử lý dữ liệu hiệu quả hơn NC truyền thống. Vì các chức năng này được thực hiện nhờ phần mềm chứ không phải nhờ bộ phận gắn cứng, vì vậy dễ dàng thay đổi và cải tiến phương pháp thực hiện các chức năng này (trong đó phải kể đến chức năng nội suy đường tròn, các gói phần mềm lập trình vật làm có nhiều tính năng chẩn đoán và chỉnh sửa thuận tiện).

3. *Các chương trình vật làm NC được cất vào tệp một cách thuận tiện*, so với cách lưu trữ lên băng đục lỗ trong NC truyền thống.

4. *Chương trình được lưu trữ dưới dạng tệp CLFILE.* Nói chung, chương trình vật làm trong DNC được lưu trữ dưới dạng đường đi của dao cắt chứ không phải là chương trình hậu xử lý dành cho máy công cụ cụ thể nào. Cách lưu trữ chương trình theo khuôn dạng tổng quát hơn như vậy khiến cho tiến độ sản xuất được mềm dẻo, có thể gia công sản phẩm trên một số loại máy công cụ khác nhau.

5. *Trình báo về hiệu năng sản xuất của phân xưởng:* Một trong những đặc điểm quan trọng của DNC là khả năng thu thập, xử lý và kết xuất thông tin về hiệu năng sản xuất từ các máy NC.

6. *Đặt nền móng cho sự tiến tới nhà máy tự động hóa dựa trên máy tính trong tương lai:* Khái niệm "điều khiển số trực tiếp" (DNC) thể hiện bước đi đầu tiên trong quá trình phát triển về những nhà máy sản xuất do các hệ thống máy tính quản lý và điều khiển.

4.6. CÁC HỆ DNC/CNC PHỐI HỢP

Đến những thập niên cuối thế kỷ XX, các hệ DNC rất đắt tiền. Giá cả cao, kèm theo xu hướng kinh tế không thuận lợi khiến cho các nhà quản trị kinh doanh ngại can dự sâu vào công nghệ mới DNC. Hơn nữa, khuôn mẫu kết xuất dữ liệu quản lý và yêu cầu về phần cứng lúc bấy giờ cũng không được linh hoạt lắm. Sự ra đời của các hệ CNC kèm theo giá máy tính ngày càng rẻ và phần mềm ngày càng tốt đã dẫn đến sự phát triển hệ thống máy tính được tổ chức theo kiểu phân cấp để phục vụ cho công tác chế tạo. Trong hệ phân cấp này, các máy tính CNC điều khiển trực tiếp tới các máy công cụ và kết xuất dữ liệu tới máy tính "cấp trên", từ đó lại đưa tới máy tính cấp trên nữa, và cứ như vậy cho đến máy tính ở cấp cao nhất. Vào khoảng thời gian năm 1980 lại nay các hệ DNC tổ chức theo cách này ưu việt hơn các thế hệ DNC trước đó, rõ nhất là tính mềm dẻo, linh hoạt của chúng. Hệ thống thông tin có thể đáp ứng tốt yêu cầu cụ thể của từng hãng. Điều đó tương phản với nhiều hệ DNC thời kỳ

đầu, ở đó các khuôn dạng trình báo khá là cứng nhắc, một số trường hợp cung cấp thông tin nhiều hơn cần thiết, trường hợp khác lại bỏ qua những chi tiết mà người quản lý cần. Cách tổ chức theo kiểu phân cấp còn có một ưu điểm nữa là ta có thể kiến tạo hệ DNC một cách dần dần chứ không nhất thiết phải mua sắm cả hệ ngay một lúc. Cách tiếp cận này vừa linh hoạt lại vừa kinh tế. Nó cho phép ta thay đổi và chỉnh sửa dễ dàng hơn khi hệ DNC đang được lắp đặt. Nó còn cho phép ta dân chi phí cho toàn hệ thống ra trong một khoảng thời gian dài, đồng thời lại thu được lợi ích từ những hệ con nào đã được lắp đặt xong. Cách bố trí máy tính theo kiểu phân cấp chứa đựng mục tiêu của DNC - đó là cung cấp những báo cáo hữu hiệu về các hoạt động sản xuất theo thời gian thực. Có thể nói rằng trong thực tế cách tiếp cận này không phủ định DNC mà chỉ đơn giản thay đổi hình hài vật lý của nó mà thôi. Cuộc tiến hóa này về cấu hình của DNC cùng với việc đưa điều khiển số bằng máy tính vào DNC đã làm xuất hiện thuật ngữ "điều khiển số phân tán" (distributed numerical control) trong DNC.

Sự kết hợp giữa DNC với CNC tạo cơ hội bổ sung những khả năng mới và sàng lọc những khả năng hiện có của các hệ thống chế tạo được máy tính hóa. Thực vậy, một ưu điểm hiển nhiên nhờ sự kết hợp giữa DNC với CNC là loại bỏ được băng có đục lỗ vốn là một môi trường nhập dữ liệu (Input) của CNC nhờ máy tính của DNC trực tiếp "đọc" chương trình tới bộ nhớ của máy tính CNC. Không giống như bộ phận điều khiển máy (MCU) trong hệ DNC truyền thống, điều khiển của CNC ở đây có đủ dung lượng nhớ để tiếp nhận toàn bộ chương trình vật làm. Thay vì nạp từng khối nhớ một, ở đây toàn bộ chương trình vật làm được đổ xuống một lần, nhờ vậy giảm được lượng truyền thông cần thiết giữa máy tính trung tâm với từng máy công cụ. Khuynh hướng hiện nay là cài sẵn hậu xử lý (postprocessor) trong phần mềm của bộ điều khiển của CNC, nhờ vậy sẽ cho phép "đọc" chương trình vật làm từ máy tính DNC ở dạng CLFILE mà không cần bộ hậu xử lý nữa.

Ưu điểm thứ hai của cách kết hợp này là tính dự phòng - tức là có thể cấp cho hệ thống một nguồn dự phòng để cho phép các máy CNC vận hành một cách độc lập, do đó nếu máy tính trung tâm của DNC có bị trục trặc, các máy công cụ cũng không vì thế mà bị ngừng vận hành. Nội dung của nguồn dự phòng (backup) gồm có hai thành phần. Thành phần thứ nhất là một tệp cất trên băng đục lỗ, trong đó các chương trình chứa trong máy tính DNC được sao làm hai bản. Thành phần thứ hai là mỗi máy CNC phải được trang bị một đầu đọc băng hoặc có khả năng nối với một đầu đọc lưu động để đọc chương trình chứa trên băng. Đương nhiên việc có nguồn dự phòng này sẽ làm cho chi phí tài chính tăng lên.

Ưu điểm thứ ba của cách kết hợp DNC/CNC này là sự truyền thông giữa máy tính trung tâm với phân xưởng được cải thiện hơn. Nhờ cách đặt máy tính ở hai đầu đường truyền, nhiều hạn chế trong việc thiết kế hệ thống tin quản lý của một nhà máy lớn không còn nữa. Việc truyền thông giữa các máy tính với nhau dễ dàng hơn nhiều so với truyền thông giữa máy tính với các thiết bị gắn cứng (hard-wired devices).

4.7. CÁC HỆ THỐNG CẮT GỌT ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI

Chế tạo máy điều khiển thích nghi (AC) ra đời từ những năm đầu thập niên 1960 tại Bendix Research Laboratories dưới sự bảo trợ của không lực Hoa Kỳ. Các hệ điều khiển thích nghi thuở ban đầu là dựa trên các thiết bị điều khiển tương tự (analog), phản ánh thực trạng công nghệ thời bấy giờ. Ngày nay AC sử dụng vi xử lý và thường được kết nối với một hệ CNC hiện có. Do vậy trong chương này chúng ta đề cập tới chủ đề điều khiển thích nghi cũng là thích hợp.

Đối với một nguyên công cắt gọt, thuật ngữ "*điều khiển thích nghi*" có nghĩa là một hệ điều khiển đo các biến gia công đầu ra rồi sử dụng chúng để điều khiển tốc độ cắt và lượng chạy dao. Trong các biến gia công, các biến được sử dụng trong các hệ cắt gọt điều khiển thích nghi gồm có độ võng trục chính, hoặc lực cắt gọt, mômen xoắn, nhiệt độ cắt, biên độ dao động và công suất. Nói cách khác, hầu hết các biến cắt gọt kim loại nào có thể đo được đều được xem xét trong các hệ điều khiển thích nghi thực nghiệm. Động cơ triển khai một hệ cắt gọt điều khiển thích nghi là ở ý đồ vận hành quá trình cắt gọt sao cho hiệu quả hơn. Phép đo điển hình về hiệu năng cắt gọt là tốc độ cắt kim loại và chi phí cho việc cắt gọt đó.

4.7.1. Điều khiển thích nghi ở đâu?

Một trong những lý do chủ yếu để sử dụng điều khiển số (bao gồm DNC và CNC) là ở chỗ NC giảm thiểu thời gian không sản xuất trong vận hành máy công cụ. Đạt được điều đó là nhờ rút ngắn các yếu tố như thời gian gá kẹp vật làm, chuẩn bị cắt gọt, thay dao cùng các nguyên do làm trì hoãn máy và người đứng máy. Nhờ các yếu tố đó được rút ngắn so với tổng thời gian gia công nên phần thời gian dành cho cắt gọt thực sự được tăng lên. Mặc dù NC có ảnh hưởng lớn tới thời gian ngừng máy, song nó vẫn ảnh hưởng rất ít tới việc rút ngắn thời gian cắt gọt thực sự với máy công cụ truyền thống. Câu trả lời đầy hứa hẹn nhất để rút ngắn thời gian cắt gọt thực là sử dụng điều khiển thích nghi. Nếu như điều khiển số (NC) chỉ huy trình tự các vị trí dao hoặc đường đi của dao thì ngược lại, điều khiển thích nghi (AC) xác định tốc độ cắt và lượng ăn dao thích

hợp trong quá trình gia công, với tư cách là một hàm của các biến như độ cứng vật làm, chiều rộng và chiều sâu cắt, khoảng chạy không, v.v... Điều khiển thích nghi có khả năng đáp ứng lại và bù vào các biến này trong quá trình gia công, trong khi điều khiển số không có khả năng này.

Tuy vậy AC không phải phù hợp với mọi tình huống cắt gọt. Nói chung chỉ những tình huống có các đặc điểm sau đây thì ứng dụng điều khiển thích nghi mới có lợi:

1. Thời gian cắt gọt thực chiếm một phần quan trọng trong toàn bộ chu kỳ cắt gọt. Có ý kiến cho rằng thời gian lưỡi cắt tiến hành cắt gọt vật làm chiếm trên 40% thời gian gia công nói chung thì lúc đó sử dụng điều khiển thích nghi mới có lợi.
2. Có những nguồn thông tin quan trọng về sự thay đổi trong gia công vật làm mà AC có thể bù cho sự thay đổi đó. Trên thực tế, AC bù lượng ăn dao và tốc độ cắt vào các điều kiện thay đổi này. Chúng ta sẽ xem xét kỹ hơn về những nguồn thông tin cần có nói trên ở mục sau đây.
3. Chi phí cho vận hành máy là cao. Giá vận hành cao chủ yếu là do đầu tư trang - thiết bị cao.
4. Vật làm điển hình là những chi tiết gia công bằng thép hợp kim titan và các hợp kim độ bền cao. Gang đúc và nhôm cũng khá thích hợp với AC, tuy nhiên chúng dễ gia công cắt gọt hơn.

4.7.2. Các nguồn gốc thay đổi trong gia công vật làm

Sau đây là những nguồn gốc điển hình về sự thay đổi trong gia công vật làm mà AC có thể áp dụng một cách ưu điểm nhất vào đó. Không nhất thiết phải có toàn bộ các nguồn thay đổi này mới chứng minh được sự đúng đắn của việc sử dụng AC. Tuy nhiên, cần hiểu rằng sự thay đổi càng lớn thì quá trình gia công càng nên ứng dụng AC.

1. Thay đổi về hình học cắt gọt ở dạng thay đổi chiều rộng và chiều sâu lát cắt: Trong những trường hợp như thế, lượng chạy dao (ăn dao) thường được điều chỉnh để bù vào lượng thay đổi đó. Dạng thay đổi này thường gặp trong các nguyên công cắt gọt theo biên dạng hay phay lăn.

2. Thay đổi về độ cứng vật liệu của vật làm và về khả năng cắt gọt: Khi gặp những điểm hay những vùng cứng, khó cắt gọt trên bề mặt gia công thì giảm tốc độ cắt hoặc lượng ăn dao để tránh làm giảm tuổi thọ của dao.

3. Thay đổi về độ ứng vững của vật làm: Nếu vật làm bị lệch do khi gá kẹp không đủ vững chắc thì cần giảm bớt lượng ăn dao để đảm bảo độ chính xác gia công.

4. Độ mòn dao: Các nghiên cứu đều cho thấy rằng khi dao bắt đầu cùn thì lực cắt gọt tăng lên. Bộ điều khiển thích nghi sẽ làm giảm lượng ăn dao để thích ứng với việc dao bị mòn.

5. Khoảng chạy không khi cắt gọt: Trên bề mặt gia công, có thể có những khu vực gọi là những khoảng chạy không, ở đó dao chỉ đi qua mà không tiến hành cắt gọt (như các hốc lõm, chỗ trống, ...), nếu vẫn giữ nguyên lượng chạy dao thì sẽ lãng phí thời gian, vì vậy lúc này cần tăng lượng chạy dao lên gấp hai hoặc ba lần.

Các nguồn thay đổi nói trên tự chúng đã thể hiện sự thay đổi thời gian cắt gọt và nói chung đó là những thay đổi không lường trước trong quá trình gia công. Sau đây chúng ta sẽ xem xét việc điều khiển thích nghi được ứng dụng như thế nào để bù vào những thay đổi đó.

4.7.3. Hai cách điều khiển thích nghi

Có hai cách tiếp cận khác nhau trong quá trình phát triển các hệ máy cắt gọt điều khiển thích nghi, đó là:

1. Ưu hóa điều khiển thích nghi (ACO: Adaptive control Optimization),
2. Hạn chế điều khiển thích nghi (ACC: Adaptive control constraint).

1. Ưu hóa điều khiển thích nghi: Theo cách tiếp cận này, người ta đưa ra một chỉ số hiệu năng làm thước đo toàn bộ hiệu năng, như năng suất gia công hoặc tỷ suất chi phí tính theo khối lượng kim loại được bóc tách (phoi). Mục đích của bộ điều khiển thích nghi là ưu hóa chỉ số hiệu năng bằng cách điều khiển tốc độ hoặc lượng chạy dao (hoặc cả hai) trong khi gia công cắt gọt.

Mục tiêu lớn nhất của các hệ ưu hóa điều khiển thích nghi là tối đa hóa tỷ số giữa tốc độ bóc tách vật liệu và tốc độ mòn dao. Nói cách khác, chỉ số hiệu năng IP (Index Performance) là một hàm của tỷ số nói trên:

$$IP = f \left(\frac{MRR}{TWR} \right),$$

trong đó MRR - tốc độ bóc tách vật liệu khỏi vật làm (Material Removal Rate);

TWR - tốc độ mòn dao (Tool Wear Rate).

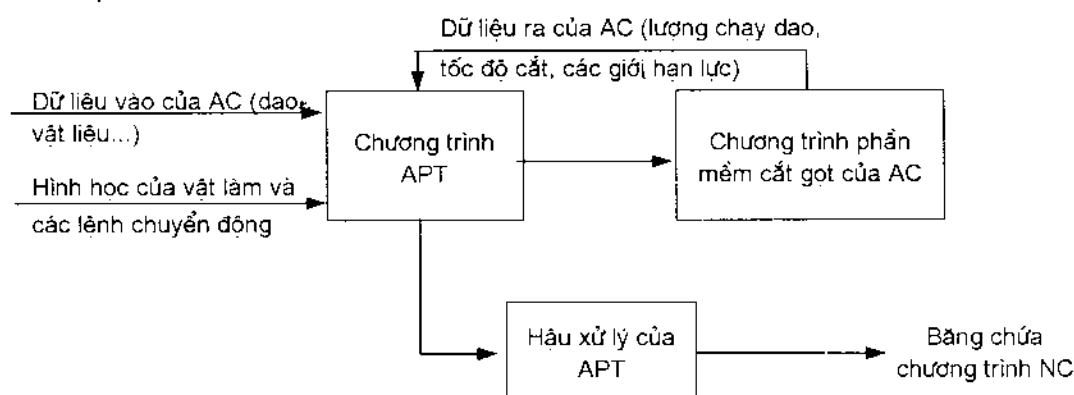
Khó khăn là ở chỗ, với trình độ kỹ thuật đo lường hiện nay, thông số TWR khó có thể đo trực tiếp được. Do vậy trên thực tế không thể giám sát được chỉ số IP. Để khắc phục, cần phải có những bộ cảm biến được tạo ra ở trình độ đo được hiệu năng cắt gọt thực trên trục tuyến. Đến lúc đó các hệ thống ưu hóa điều khiển thích nghi mới thực sự có sức thuyết phục. Tuy nhiên, do những khó khăn gặp phải trong bộ cảm biến khi thiết kế các hệ ACO nên vấn đề cắt gọt có điều khiển thích nghi hầu hết đều thuộc các hệ "hạn chế điều khiển thích nghi" (ACC).

2. Hệ hạn chế điều khiển thích nghi: Đó là những hệ được phát triển cho sản phẩm thực, ít phức tạp hơn (và rẻ hơn) so với hệ ACO nói trên. Hệ AC này sử dụng các giới hạn hạn chế, áp đặt lên một số biến gia công cần đo nhất định, do đó được gọi là hệ điều khiển thích nghi hạn chế (ACC). Mục tiêu của hệ này là điều khiển tốc độ cắt hoặc lượng chạy dao (hoặc cả hai) sao cho các biến gia công cần đo này được duy trì tại những giá trị nằm trong giới hạn hạn chế hoặc thấp hơn những giá trị đó. Sau đây chúng ta sẽ xem xét sự vận hành của một hệ ACC thông dụng nhất có bán ở thị trường.

4.7.4. Vận hành của một hệ ACC

Các ứng dụng điển hình trong gia công cắt gọt thường xảy ra ở các nguyên công phay lăn hoặc phay theo đường bao trên máy công cụ NC. Lượng ăn dao được dùng làm biến cần điều khiển, còn lực cắt gọt và công suất được dùng làm các biến cần đo. Thường là một bộ điều khiển thích nghi được gắn vào một máy công cụ NC. Các máy công cụ NC đương nhiên là điểm khởi đầu cho AC vì hai lý do. Thứ nhất, vì các máy đó thường có các động cơ trợ động (động cơ servo) cần thiết theo các trục bàn máy để nhận sự điều khiển tự động. Thứ hai, vì các loại hình gia công cắt gọt mà NC được dùng đến đều có các nguồn biến đổi, là các nguồn cần đến AC. Một số hãng lớn đều "dọn chỗ" trước cho các máy NC của họ sẽ có điều khiển thích nghi khi điều kiện cho phép. Có công ty còn chuyên về dịch vụ này (như Hãng Macotech ở Seattle, Washington chẳng hạn). Gói: "dọn chỗ" cho điều khiển thích nghi gồm một bộ phối hợp các phần cứng và phần mềm. *Phần cứng* điển hình gồm có:

1. Các cảm biến (sensor) lắp lên trục chính để đo độ võng của dao cắt (lực),
2. Các cảm biến đo dòng điện động cơ trục chính, nhằm thu được chỉ số tiêu thụ điện năng,
3. Bộ điều khiển và bảng hiển thị để vận hành hệ thống,
4. Phần cứng giao diện để nối hệ AC vào với bộ điều khiển NC (hay CNC) hiện có.



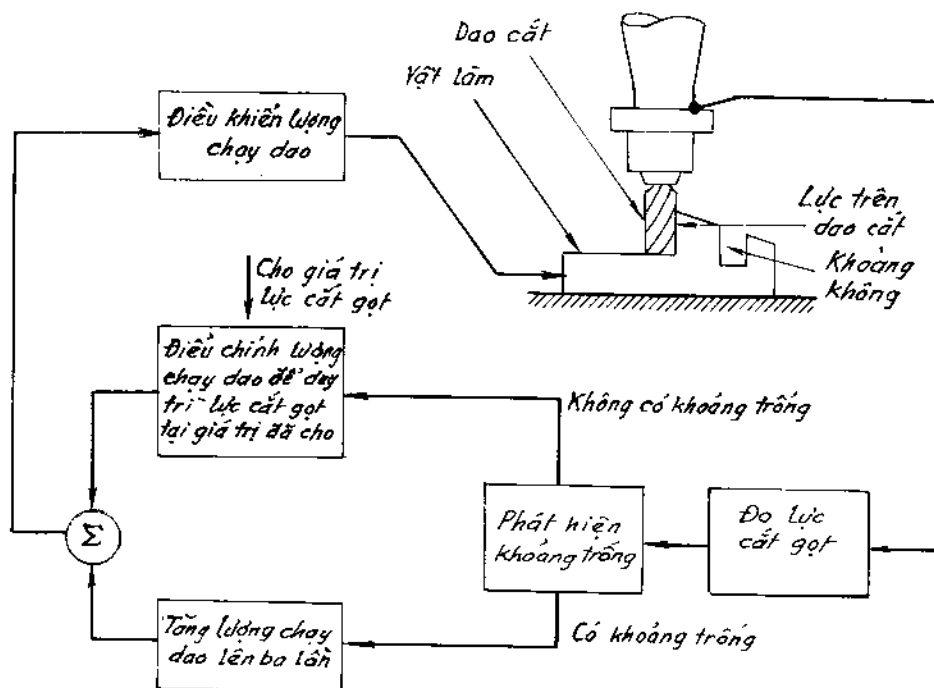
Hình 4.8. Mối quan hệ của phần mềm điều khiển thích nghi (AC) với chương trình APT.

Phần mềm trong gói này gồm có một chương trình viết cho cắt gọt trên máy, có thể gọi là một lệnh MACRO của ngôn ngữ APT. Mỗi quan hệ của chương trình phần mềm trong quá trình lập trình vật làm được minh họa ở hình 4.8. Dữ liệu đầu vào của chương trình APT gồm các thông số cắt gọt như kích thước và các yếu tố hình học của dao cắt, độ cứng vật liệu của vật làm, kích thước lát cắt và các đặc tính của máy công cụ. Từ các phép tính dựa trên các thông số này, dữ liệu đầu ra của chương trình APT sẽ là lượng chạy dao, tốc độ trục chính, các giới hạn lực cắt gọt trong mỗi lớp cắt. Mục tiêu của các phép tính này là để xác định các điều kiện cắt sẽ làm tối đa hóa năng suất bóc tách kim loại. Người lập trình vật làm NC thường phải xác định lượng chạy dao và tốc độ cắt cho các nguyên công cắt gọt. Với điều khiển thích nghi, các điều kiện này được tính toán nhờ chương trình phần mềm cắt gọt AC dựa trên dữ liệu đầu vào do người lập trình vật làm cung cấp.

Khi máy công cụ tiến hành cắt gọt, hệ AC vận hành ở giá trị lực được tính cho một dao cắt cụ thể và một trục chính cụ thể. Năng suất cắt gọt tối đa có được nhờ chạy máy ở chế độ lượng chạy dao cao nhất tương thích với mức lực cắt gọt này. Do lực cắt gọt phụ thuộc vào các yếu tố như chiều sâu và chiều rộng lát cắt nên kết quả cuối cùng của hoạt động điều khiển là tối đa hóa năng suất bóc tách kim loại trong phạm vi giới hạn mà các điều kiện cắt gọt hiện thời đặt ra.

Sơ đồ ở hình 4.9 minh họa sự vận hành của hệ AC trong quá trình máy cắt gọt làm việc. Khi lực cắt gọt tăng do độ cứng vật làm hoặc chiều rộng hay chiều sâu lát cắt tăng lên, thì lượng chạy dao được giảm xuống để bù lại. Khi lực cắt gọt giảm do các giá trị nói trên giảm hoặc gặp khoảng chạy không trên bề mặt cắt gọt, thì lượng chạy dao lại được tăng lên để tối đa hóa năng suất bóc tách kim loại.

Hình 4.9 thể hiện một phương cách vượt qua khoảng chạy không, nó theo dõi lực cắt gọt và ra quyết định nếu dao cắt đang vượt chỗ trống. Việc này thường được cảm nhận nhờ giá trị ngưỡng dưới của lực cắt gọt. Nếu lực cắt gọt thực tế thấp hơn giá trị ngưỡng này thì bộ điều khiển coi là dao cắt đang chạy qua khoảng không. Khi một khoảng không được nhận biết thì lượng chạy dao sẽ được tăng lên gấp đôi hoặc gấp ba để tối thiểu hóa thời gian vô công chi phí vào khoảng chạy không đó. Khi dao đã vượt qua khoảng không và bắt đầu cắt gọt trở lại, thì lượng chạy dao cũng được điều chỉnh về giá trị phù hợp với lực cắt gọt lúc này.



Hình 4.9. Cấu hình của một hệ gia công cắt gọt có điều khiển thích nghi điện hình, trong đó lực cắt gọt được dùng làm biến quá trình cần đo.

Trong một hệ thống gia công cắt gọt điều khiển thích nghi có thể có hai biến quá trình được đo lường. Trong các hệ cũ, thoát đầu người ta cố gắng sử dụng ba tín hiệu cần đo, đó là nhiệt độ, mômen xoắn và độ rung. Trong các hệ sau này, người ta sử dụng hai tín hiệu là tải trọng trên dao cắt và công suất sinh ra trên motor trực chính. Mục đích của bộ cảm biến công suất là để bảo vệ motor khỏi bị quá tải khi năng suất bóc tách kim loại bị ràng buộc bởi công suất trực chính chứ không phải bởi lực trên trực chính.

4.7.5. Lợi ích của điều khiển thích nghi trong gia công cắt gọt

Điều khiển thích nghi mang lại nhiều lợi ích quan trọng, nhưng cũng còn phụ thuộc vào từng công việc cắt gọt cụ thể. Rõ ràng cũng có những trường hợp gia công cắt gọt mà ở đó điều khiển thích nghi không thể hiện rõ được lợi ích của mình. Nhưng trong những trường hợp khác như gia công phay, khoan, làm ren, mài và doa, thì ứng dụng điều khiển thích nghi là rất có lợi. Điều khiển thích nghi cũng đã được áp dụng trong gia công tiện, nhưng chỉ đạt được những kết quả hạn chế. Sau đây là những lợi ích thu được qua việc áp dụng điều khiển thích nghi đạt được kết quả tốt.

1. Năng suất tăng: Tăng năng suất là mục tiêu của sự phát triển điều khiển thích nghi trong gia công cắt gọt. Điều chỉnh trực tuyến để cho phép thay đổi các thông số như các yếu tố hình học vật làm, vật liệu và độ mòn dao, khiến cho máy công cụ có khả năng đạt được năng suất bóc tách là cao nhất, tương ứng với các điều kiện cắt gọt hiện thời cho phép. Và điều đó cũng đồng nghĩa với việc làm tăng số chi tiết gia công trong một giờ. Một khi đã được ứng dụng đúng, điều khiển thích nghi sẽ mang lại những lợi ích to lớn về năng suất so với gia công cắt gọt truyền thống hoặc điều khiển số thông thường.

Ưu điểm về tăng năng suất của điều khiển thích nghi so với gia công cắt gọt NC được minh họa ở bảng 4.1, xét trên các nguyên công phay và khoan đối với các vật liệu gia công khác nhau. Số liệu trong bảng này cho thấy thời gian tiết kiệm được từ 20% đến 59% đối với nguyên công phay và từ 33% đến 38% đối với nguyên công khoan.

Bảng 4.1

So sánh thời gian máy: NC so với AC

Nguyên công	Chi tiết gia công	Vật liệu vật làm	Thời gian		Thời gian tiết kiệm được (%)
			NC	AC	
Phay lăn	Gân nắp máy bay	HK nhôm	152 phút	81 phút	46
Phay lăn	Gân nắp máy bay	HK nhôm	641 phút	319 phút	50
Phay lăn	Chi tiết máy bay	Thép không gỉ	9,6 giờ	7,5 giờ	22
Phay lăn	-nt-	-nt-	11,8 giờ	9,4 giờ	20
Phay lăn	-nt-	HK titan	64 phút	35 phút	48
Phay mặt đầu	Chi tiết máy bay	Thép hợp kim	61 phút	25 phút	59
Khoan	lỗ $\phi 100 \times 25$	Thép hợp kim	8 giây	5 giây	38
Khoan	lỗ $\phi 100 \times 45$	gang đúc	10,5 giây	7 giây	33

2. Tuổi thọ dao tăng: Với AC, nói chung dao được làm việc theo một trạng thái không đổi và có hiệu quả hơn trong suốt quá trình tuổi thọ của nó. Do có thể thay đổi được lượng chạy dao để tránh quá tải nên dao ít bị gãy (mẻ) hơn.

3. Vật làm được bảo vệ tốt hơn: Thay vì thiết lập giới hạn hạn chế lực cắt của dao trên cơ sở độ võng tối đa cho phép của trục chính và dao cắt, ở đây có thể thiết lập giới hạn lực cắt trên cơ sở dung sai kích thước của vật làm. Theo cách này, vật làm sẽ tránh được tình trạng vượt quá dung sai và hư hỏng có thể xảy ra.

4. Người vận hành ít phải can thiệp hơn: Sự ra đời của AC trong gia công cắt gọt chuyển việc điều khiển quá trình vượt ra khỏi tầm tay của người vận hành máy tới tầm tay của người quản lý thông qua người lập trình vật làm.

5. Lập trình vật làm dễ hơn: Với NC thông thường, người lập trình phải lường trước tốc độ cắt và lượng chạy dao tương ứng với những điều kiện cắt gọt xấu nhất mà dao sẽ gặp phải. Chương trình phải được thử đi thử lại mấy lần trước khi người lập trình thấy thỏa mãn với những điều kiện đã chọn. Trong lập trình vật làm AC, việc lựa chọn lượng ăn dao không do người lập trình thực hiện mà do bộ điều khiển đảm nhiệm. Người lập trình có điều kiện sử dụng một cách tiếp cận ít bảo thủ hơn so với cách lập trình NC truyền thống. Thời gian lập trình ít hơn và cũng ít phải thử đi thử lại hơn.

4.8. CÁC KHUYNH HƯỚNG VÀ NHỮNG PHÁT TRIỂN MỚI TRONG NC

Để kết thúc ba chương nói về điều khiển số (NC), chúng ta sẽ xem xét một số khuynh hướng chủ yếu và những phát triển mới trong công nghệ NC. Chẳng cần phải nói chúng ta cũng biết rằng khuynh hướng chủ đạo vừa qua của NC gắn liền với sự phát triển của công nghệ máy tính. Máy tính đã mang lại những tiến bộ to lớn trong các thủ tục lập trình vật làm (chẳng hạn lập trình có sự trợ giúp của máy tính, đồ họa tương tác, và lập trình âm thanh). Việc điều khiển của ngành chế tạo máy NC cũng có những bước phát triển vượt bậc thông qua công nghệ máy tính (chẳng hạn CNC, DNC và điều khiển thích nghi). Chúng ta đã đề cập đến vấn đề này ở chương 3 về lập trình và ở chương này về NC được máy tính hóa. Phần còn lại của chương này chúng ta sẽ đề cập thêm một số chủ đề đã và sẽ chắc chắn còn ảnh hưởng tới tương lai phát triển của điều khiển số.

4.8.1. Bỏ hẳn băng lỗ đục

Như chúng ta đã biết, môi trường trữ tin tiêu chuẩn trong NC vốn là băng đục lỗ, rộng 1 inch (25,4 mm) và việc sử dụng nó có một số khó khăn. Ngày nay, với việc sử dụng máy tính ngày càng mạnh mẽ trong các quá trình điều khiển số, các nhà thiết kế chế tạo máy công cụ và NC đã thống nhất với nhau là bỏ hẳn băng đục lỗ và đầu đọc băng. Thay thế bằng các môi trường trữ tin tương thích với các hệ máy tính hiện đại, mà cái được chọn đầu tiên là băng từ và hộp đầu từ. Tuy nhiên, băng đục lỗ và các thiết bị kèm theo còn tồn tại rất lớn, cho nên bước quá độ chuyển sang môi trường trữ tin mới dùng cho lập trình vật làm đã phải trải qua một thời gian khá dài.

4.8.2. Đầu dò để kiểm tra

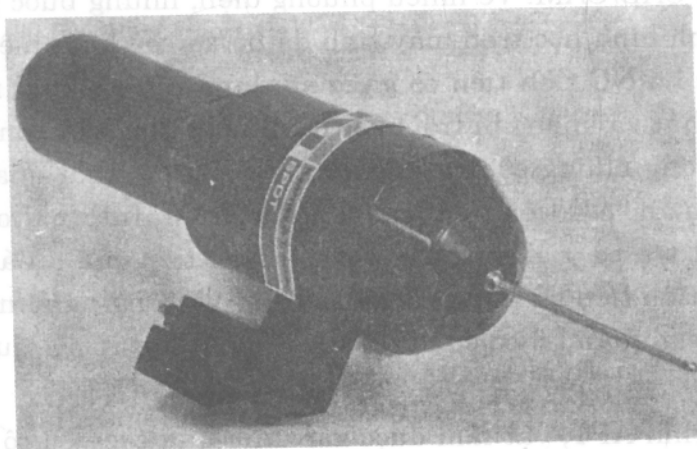
Việc sử dụng đầu dò để kiểm tra ngay tại quá trình gia công đang ngày càng trở nên thông dụng trong các hệ máy công cụ NC. Các đầu dò này đã là những bộ chỉ báo kiểu đĩa số rất tinh vi, được lắp lên trục chính máy công cụ. Ở

những máy có bộ đổi dao tự động, đầu dò được bố trí tại trống trữ dao và sẽ được nạp lên trục chính khi cần, giống hệt như bất cứ dụng cụ cắt bình thường nào. Các cảm biến (sensor) trong đầu dò sẽ tiến hành dò tìm khi cho tiếp xúc với bề mặt cần kiểm tra vật làm (hay trên một đối tượng nào đó).

Các tín hiệu của cảm biến được truyền theo cách cảm ứng tới máy công cụ, do đó khỏi phải dùng thêm mạch trực tiếp giữa đầu dò và bộ điều khiển máy tính của NC. Phần mềm trong bộ điều khiển thực hiện các phép tính cần thiết để thông dịch các tín hiệu từ đầu dò truyền đến. Hình 4.10 giới thiệu một trong các đầu dò có bán trên thị trường.

Sau đây là một số ứng dụng điển hình của đầu dò:

- Kiểm tra ngay lúc đang gia công trong khi vật làm vẫn được kẹp chặt trên bàn máy,
- Tự hiệu chỉnh vị trí dao để bù vào lỗi máy,
- Định vị tham chiếu của một dữ liệu trên vật làm sau khi khởi sự cắt gọt để đạt đến độ chính xác cao hơn trong các nguyên công cắt gọt tiếp theo,
- Kiểm tra dụng cụ cắt để xác định tình trạng lưỡi cắt (chẳng hạn lưỡi cắt bị mẻ).



Hình 4.10. Đầu dò dùng cho máy công cụ NC.

Các lợi ích chủ yếu qua việc sử dụng đầu dò đem lại là tiết kiệm thời gian và tăng độ chính xác. Vấn đề tiết kiệm thời gian có thể đạt được qua một số hoạt động trong quá trình gia công vật làm. Rõ nhất là giảm được các thủ tục kiểm tra thủ công tốn nhiều thời gian sau mỗi nguyên công cắt gọt. Do các kỹ thuật kiểm tra ngay trong lúc gia công là rất chính xác, nên thao tác thủ công tế nhặt này sẽ được giảm đi rất nhiều. Ngoài ra đầu dò được dùng để xác định lượng bù

sai vị trí vật làm (khi gá kẹp và hiệu chỉnh vật làm trên bàn máy) cũng giúp tiết kiệm thời gian. Và thời gian gia công lại cũng được tiết kiệm vì kiểm tra ngay lúc đang cắt gọt được đầu dò thực hiện trong khi vật làm vẫn được gá kẹp trên máy. *Vấn đề tăng độ chính xác* trong quá trình đo là nhờ độ chính xác vốn có trong cấu trúc vững chắc của máy công cụ. Các phép đo nhờ đầu dò của trục chính nói chung chính xác hơn so với kỹ thuật đo truyền thống khi đo kích thước vật làm. Hơn nữa, độ chính xác của hệ đầu dò về thực chất là cao hơn bản thân quá trình gia công trên máy.

Khi được sử dụng để đo trực tiếp tại quá trình gia công dẫn tới các bù sai về vị trí dao cắt, các đầu dò này thể hiện một dạng điều khiển thích nghi. Biến quá trình là độ lệch khỏi kích thước mong muốn của vật làm do độ mòn dao, do các vấn đề gá kẹp cùng các sai sót khác, gây ra. Để bù lại những lệch lạc này, hệ thống sẽ tạo ra những điều chỉnh cần thiết về quỹ đạo lý thuyết của dao.

4.8.3. Các hệ NC tiên tiến

Ngôn ngữ APT dùng cho lập trình NC ra đời từ giữa thập niên 1960. Lúc đầu nó được phát triển cho gia công phay rồi dần dần được cải tiến và mở rộng để phù hợp với các loại nguyên công chế tạo khác. Nhiều khái niệm về định nghĩa hình học của APT đã được sử dụng để phát triển công nghệ mô hình hình học hiện nay của CAD/CAM. Về nhiều phương diện, những bước phát triển vừa qua trong mô hình hình học trên máy tính đã bỏ xa các khái niệm về hình học cũ của APT. Các hệ NC tiên tiến cố gắng sử dụng những khái niệm hình học CAD/CAM mới nhất và không bị trói buộc bởi những giới hạn vốn có trong ngôn ngữ APT. Một trong những cố gắng nghiên cứu - triển khai quan trọng trong lĩnh vực này là dự án "NC tiên tiến" của CAM-I (CAM-International, một hãng phi lợi nhuận đặt trụ sở ở Arlington, Texas). Mục tiêu của dự án này là triển khai một hệ NC tiên tiến sử dụng các khái niệm và công nghệ mới nhất trong CAD/CAM và trong quản trị cơ sở dữ liệu. Có thể tóm tắt nội dung dự án này như sau:

Trong lập trình APT, vật làm được xác định qua các yếu tố hình học như đường thẳng, mặt phẳng và đường tròn. Những đường thẳng, mặt phẳng và đường tròn này là "vô tận" theo nghĩa rằng đường thẳng và mặt phẳng là vô hạn và đường tròn là tròn vẹn. Dĩ nhiên vật làm là hữu hạn, do vậy các phần tử hình học APT không thực sự cho ta một định nghĩa chính xác và bao quát về hình học của vật làm. Cứ theo trình tự của các lệnh chuyển động của APT thì dụng cụ cắt được dẫn dắt đi theo quanh bề mặt vật làm, bỏ qua các phần đường tròn và đường thẳng không liên quan gì tới vật làm. Trong cách tiếp cận CAD/CAM đối với mô hình hình học, vật làm được xác định bởi các mặt và các cạnh từ đó kiến tạo nên cách mô tả hình học đặc của vật làm. Các mặt và các

cạnh này không kéo dài vô hạn theo các hướng tương ứng của chúng. Thuật ngữ dùng cho cách định nghĩa vật làm này là "hình học hữu hạn", trái với cách tiếp cận vô hạn được dùng trong APT. Một trong những mục đích quan trọng của dự án "NC tiên tiến" của CAM-I là sử dụng các khái niệm có trong cách tiếp cận hình học hữu hạn để định nghĩa vật làm. Có thể tóm tắt một số mục tiêu quan trọng của dự án này như sau:

1. Tập ngôn ngữ mới: Mục đích là triển khai một bộ (tập) ngôn ngữ mới, có thể sử dụng các khái niệm của hình học hữu hạn và cố gắng làm cho bộ ngôn ngữ mới này tương thích với APT. Nó sẽ là ngôn ngữ bậc cao hơn so với ngôn ngữ APT.

2. Đa ứng dụng: Hệ "NC tiên tiến" sẽ không bị hạn chế trong các nguyên công cắt gọt mà còn phù hợp cho nhiều ứng dụng phi cắt gọt như kiểm tra và gia công tấm (các nguyên công cắt tấm và tạo hình, cắt dập).

3. Thiết kế theo môđun: Để đạt được mục đích đa ứng dụng, hệ "NC tiên tiến" phải có tính chất thiết kế theo môđun. Từng bộ xử lý và từng trình con (subroutine) riêng được thiết kế nhằm thực hiện các chức năng cơ bản như gia công mặt bên, hốc lõm, điểm tới điểm (point-to-point), tiện, kiểm tra, v.v... Cách tiếp cận này cũng tương tự như cách tiếp cận trong các gói lập trình vật làm CAD/CAM hiện đại, ở đó các trình con tự động được thiết kế để thực hiện các chức năng đặc biệt.

4. Tự động hóa các chức năng lập trình NC: Ngoài việc tạo sinh quỹ đạo dao, lập trình NC còn bao gồm cả vấn đề lựa chọn dao cắt, lựa chọn tốc độ cắt và lượng chạy dao, trình tự các nguyên công cùng các vấn đề chi tiết khác (như bề phôi, làm nguội, ...). Các hệ "NC tiên tiến" đều tự động hóa việc xác định các thông số này.

5. Kiểm tra và dụng: các trình con được thiết kế và đưa vào các gói lập trình "NC tiên tiến" để kiểm tra sự va dụng có thể có giữa dao và dụng cụ gá kẹp cùng các vấn đề va dụng quan trọng khác.

6. Giao diện với cơ sở dữ liệu của CAD/CAM: Các hệ "NC tiên tiến" đều cần giao diện được với một cơ sở dữ liệu thiết kế và chế tạo chung. Cơ sở dữ liệu đó chứa các dữ liệu liên quan tới hình học vật làm (các kích thước phôi và thành phẩm), đồ gá kẹp, máy công cụ, dụng cụ cắt và chi phí. Chức năng lập trình NC cũng cần giao diện được với các gói lập quy trình công nghệ tự động bằng máy tính mà chúng ta sẽ đề cập đến ở chương 8.

4.9. FMS - CÁC HỆ CHẾ TẠO MỀM DẸO

Một trong những phát triển quan trọng trong DNC là sự ra đời của các hệ chế tạo mềm dẻo FMS (Flexible Manufacturing System). Một FMS là một nhóm

máy NC (hoặc các trạm làm việc tự động khác) liên kết với nhau nhờ một hệ thống nâng - chuyển vật liệu. Tất cả máy NC và hệ nâng - chuyển này đều được điều khiển bằng máy tính. Các hệ thống chế tạo mềm dẻo lần đầu tiên xuất hiện vào năm 1970. Do các hệ này rất đắt tiền (mỗi hệ giá mấy triệu USD) nên đến cuối những năm 1980 mới có chừng trên chục hệ được lắp đặt. Tuy nhiên FMS có tiềm năng rất lớn trong việc nâng cao sản xuất trong chế tạo hàng theo lô, hơn nữa giá thành ngày càng được giảm nên đến nay FMS đã được triển khai ứng dụng rất nhiều. Có thể nói FMS là thể hiện một bước phát triển quan trọng hướng tới những nhà máy tự động hóa nhờ máy tính trong tương lai hay còn gọi là những hệ sản xuất chế tạo có máy tính tích hợp, mà chúng ta chưa có điều kiện xem xét trong cuốn sách này.

4.10. RÔBÔT HỌC

Xét về mặt công nghệ và lập trình điều khiển, rôbôt (tay máy công nghiệp) có những vấn đề chung với máy điều khiển số. Rôbôt được dùng để di chuyển vật làm và dụng cụ cắt trong quá trình thực hiện các thao tác công nghiệp. Nhiều thao tác quan trọng trong đó đều có liên quan tới việc nạp tải và dỡ tải khỏi máy sản xuất, bao gồm máy NC. Rôbôt và máy sản xuất hình thành nên một đơn vị công tác tự động, với phôi được cung cấp cho đơn vị đó bằng băng chuyền và thành phẩm được chuyển đi cũng bằng băng chuyền. Tất cả những hoạt động này được thực hiện với rất ít hoặc không có sự can dự của con người. Do rôbôt học kiến tạo nên một chủ đề về CAD/CAM quan trọng như vậy, nên hai chương tiếp theo đây sẽ được dành cho rôbôt công nghiệp.

Chương 5

CÔNG NGHỆ RÔBÔT

5.1. MỞ ĐẦU

Rôbôt (tay máy công nghiệp) là một máy công dụng chung khả lập trình, có một số đặc tính giống người. Đặc tính giống người nhất của rôbôt công nghiệp là cánh tay của nó. Với cánh tay này, cùng với khả năng có thể lập trình của rôbôt, khiến nó thích hợp một cách lý tưởng với nhiều thao tác sản xuất, như nạp tải lên máy, hàn điểm, sơn phun, lắp ráp,... Rôbôt có thể được lập trình để thực hiện một dãy các chuyển động cơ khí rồi nó lại có thể lập lại dãy chuyển động đó mãi, cho đến khi được tái lập trình để thực hiện một tác vụ khác.

Rôbôt công nghiệp có nhiều đặc điểm chung với máy công cụ NC. Khởi động cánh tay cơ khí của rôbôt cũng sử dụng một kiểu công nghệ NC như đối với máy công cụ. Tuy nhiên rôbôt công nghiệp là một thiết bị nhẹ hơn, cơ động hơn so với máy công cụ NC. Việc sử dụng rôbôt công nghiệp cũng rộng rãi hơn, mà điển hình là trong nâng - chuyển vật làm. Đồng thời lập trình cho rôbôt cũng khác với lập trình vật làm cho NC. Theo truyền thống, lập trình NC được thực hiện ngoại tuyến (off-line) kèm theo các lệnh máy chứa trong môi trường trữ tin (băng có đục lỗ, băng từ), trong khi lập trình rôbôt thường được thực hiện trực tuyến (on-line) kèm theo các lệnh chứa trong bộ nhớ điện tử của rôbôt. Dù có những khác biệt như thế, nhưng giữa rôbôt và máy NC có nhiều tương đồng rõ rệt về công nghệ truyền dẫn năng lượng, các hệ thống phản hồi, khả năng điều khiển bằng máy tính và một số ứng dụng công nghiệp khác.

Khái niệm đại chúng về một rôbôt được hình thành từ những cuốn phim và tiểu thuyết khoa học viễn tưởng kiểu như "chiến tranh giữa các vì sao". Những hình tượng này có chiều hướng phóng đại sự giống nhau giữa rôbôt với cách ứng xử và cấu tạo con người. Sự suy luận từ những điều tương tự như vậy đôi khi trở thành những sự kiện rắc rối trong công nghiệp. Người ta có khuynh hướng ghép việc sử dụng rôbôt tiên tiến vào các nhà máy trong tương lai với tình trạng thất nghiệp cao và sự khuaht phục của con người trước những máy móc kiểu này.

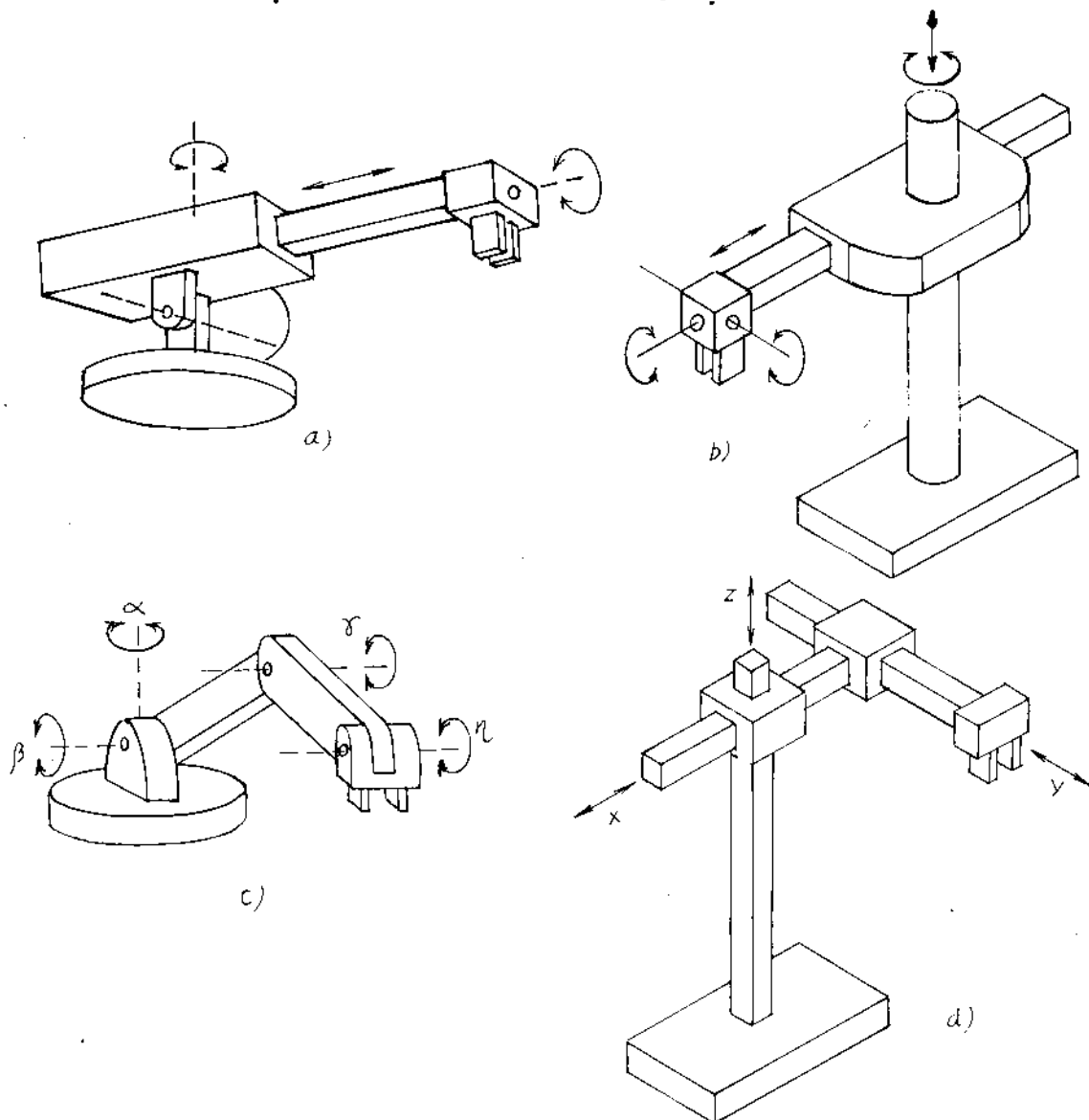
Để đáp lại quan niệm nhân hóa rôbôt, đã có nhiều cố gắng đưa ra những định nghĩa trong đó thu hẹp ảnh hưởng trực tiếp của phần giống người của nó. Viện "Rôbôt" của Mỹ đưa ra định nghĩa như sau:

"Một rôbôt là một cơ cấu đa chức năng, lập trình được, được thiết kế ra để di chuyển vật liệu, vật làm, dụng cụ hoặc các công cụ đặc biệt khác thông qua

các chuyển động đã được lập trình trước, nhằm thực hiện các tác vụ đa dạng khác nhau”.

Lại cũng có những cố gắng đặc cho nó những cái tên khác. George Devol (một trong những nhà sáng chế đầu tiên trong công nghệ rôbôt) đã gọi mô hình ứng dụng của ông là "bộ chuyển dời đồ vật được lập trình sẵn". Qua nhiều năm, hãng "Ford Motor" dùng thuật ngữ "thiết bị chuyển dời vạn năng" thay vì thuật ngữ "Rôbôt". Ngày nay có vẻ thuật ngữ "Rôbôt" đã trở nên cố hữu trong ngôn ngữ nói chung, cùng những đặc tính ít nhiều giống người mà chúng ta đã gán cho nó.

5.2. CẤU HÌNH VẬT LÝ CỦA RÔBÔT CÔNG NGHIỆP



Hình 5.1. Bốn cấu hình rôbôt thông dụng nhất:

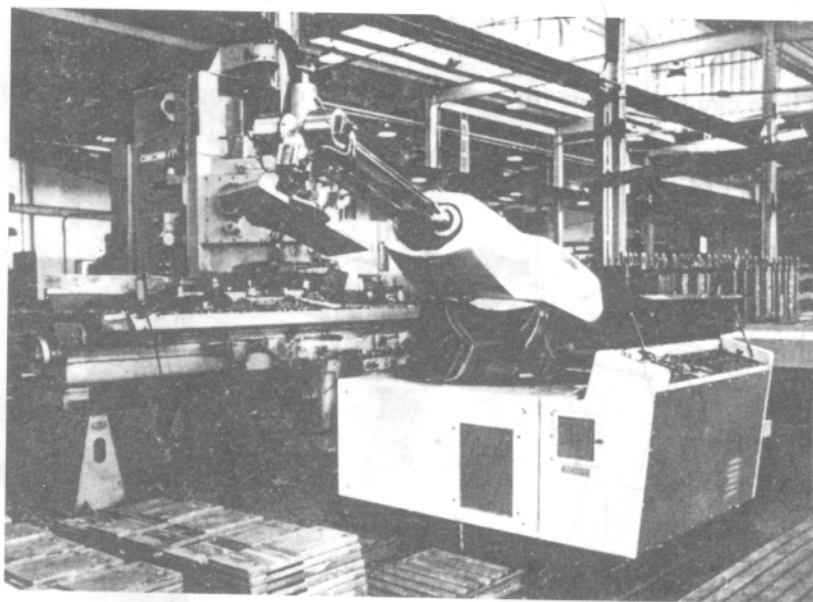
a) tọa độ cực; b) tọa độ trụ; c) cánh tay nối bằng bản lề; d) tọa độ Đécác.

Rôbôt công nghiệp có rất nhiều hình dáng và kích thước. Chúng cũng có rất nhiều cách điều khiển cánh tay và có nhiều hệ thống chuyển động khác nhau.

Hầu hết rôbôt công nghiệp có bán trên thị trường hiện nay đều có một trong bốn loại cấu hình sau đây (hình 5.1):

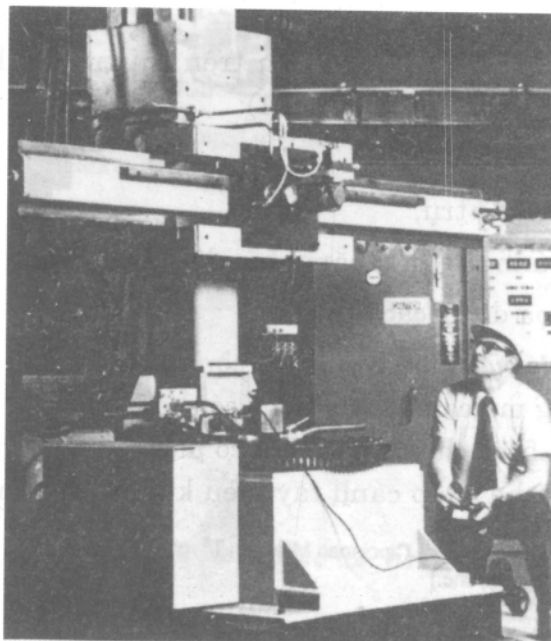
1. Cấu hình tọa độ cực,
2. Cấu hình tọa độ trụ,
3. Cấu hình cánh tay (nối bằng) bản lề,
4. Cấu hình tọa độ Đềcác.

1. Cấu hình tọa độ cực: Cấu hình này còn có tên là cấu hình "tọa độ cầu", do không gian hoạt động mà cánh tay của nó có thể di chuyển trong đó là một phần mặt cầu. Như ở hình 5.1a cho thấy, rôbôt có một đế quay và một điểm quay nhờ đó có thể nâng cao và hạ thấp cánh tay kiểu kính viễn vọng của nó. Hình 5.2 là ảnh chụp một rôbôt kiểu này.



Hình 5.2. Rôbôt theo cấu hình tọa độ cực: Xê-ri Unimate 2000 của Công ty Liên hợp Unimation.

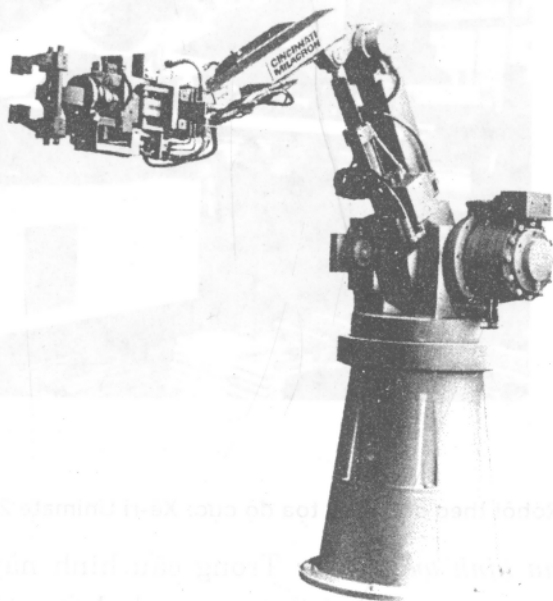
2. Cấu hình tọa độ trụ: Trong cấu hình này, thân rôbôt là một cột thẳng đứng, làm trụ quay cho cánh tay quanh đường tâm của cột. Cánh tay rôbôt gồm có một số thanh trượt vuông góc với nhau, cho phép nó có thể chuyển động lên xuống, ra vào so với thân như được minh họa ở hình 5.1b. Hình 5.3 là ảnh chụp một rôbôt kiểu này.



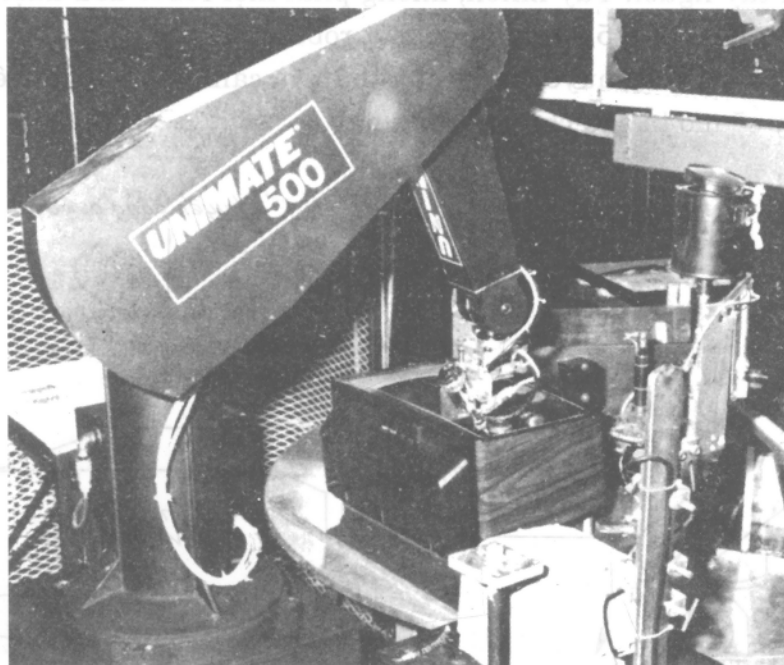
Hình 5.3. Rôbôt theo cấu hình tọa độ trụ , môđen Prab PC của Công ty liên hợp Prab Conveyors.

3. Cấu hình cánh tay nối bằng bản lề:

Cấu hình này tương tự như hình ảnh cánh tay người (hình 5.1c). Cánh tay gồm các đoạn thẳng nối với nhau bằng bản lề, tương tự như khớp vai, khuỷu tay và cổ tay người. Cánh tay rôbôt được lắp lên đế - đế này có thể quay được quanh trục đối xứng nó, khiến cho rôbôt có thể làm việc trong một không gian tựa cầu. Hình 5.4. và hình 5.5 là ảnh chụp hai rôbôt kiểu này.



Hình 5.4. Rôbôt theo cấu hình cánh tay bản lề có tên gọi Cincinnati Milacron của hãng cùng tên.



Hình 5.5. Rôbôt theo cấu hình cánh tay bản lề Unimation PUMA 500 của hãng Unimation.

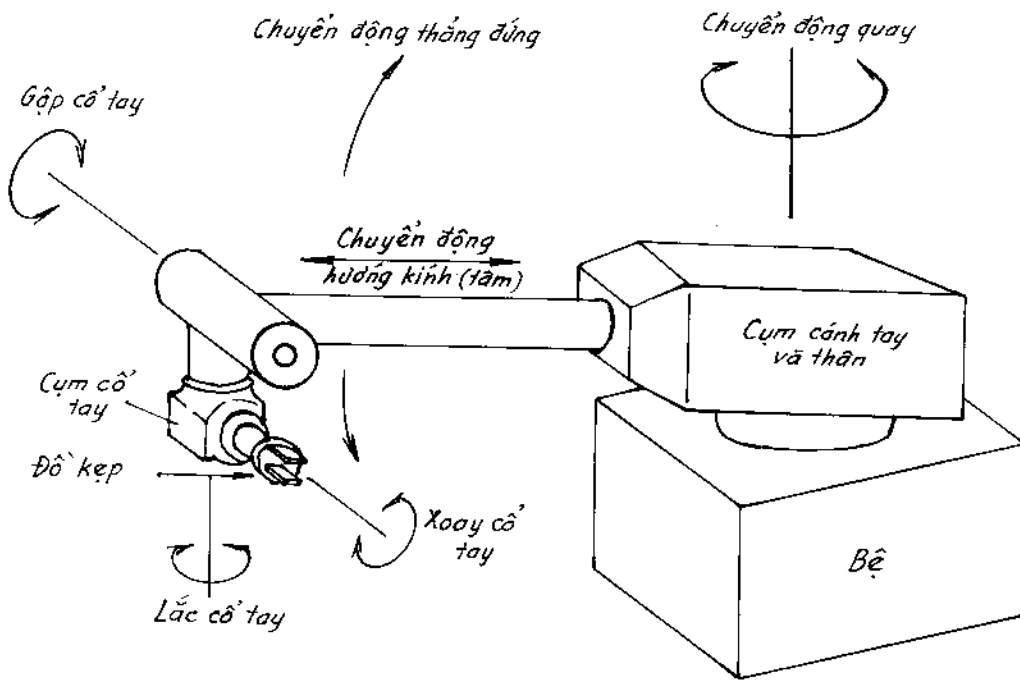
4. Cấu hình tọa độ Đềcác: Rôbôt được thiết kế theo cấu hình này gồm có ba thanh trượt vuông góc với nhau như ở hình 5.1d. Ba thanh trượt này lần lượt song song với các trục x , y , z trong hệ tọa độ Đềcác. Nhờ các chuyển động thích ứng của ba thanh trượt mà rôbôt có thể di chuyển cánh tay của nó tới mọi điểm trong không gian ba chiều của vật làm.

5.3. CÁC CHUYỂN ĐỘNG CƠ BẢN CỦA RÔBÔT CÔNG NGHIỆP

Dù được thiết kế theo cấu hình nào thì mục đích của rôbôt là thực hiện những tác vụ hữu ích. Để hoàn thành được các tác vụ ấy thì bộ phận chấp hành cuối cùng hay bàn tay, cần được gắn vào đầu cuối của cánh tay rôbôt. Chính bàn tay này là bộ phận làm cho rôbôt mục đích chung thích ứng với một tác vụ cụ thể. Để thực hiện một tác vụ, cánh tay rôbôt phải có khả năng chuyển động bàn tay của nó thông qua một dãy các chuyển động hoặc các vị trí, hoặc cả hai.

1. Sáu bậc tự do: Có sáu chuyển động cơ bản, hoặc sáu bậc tự do, khiến cho rôbôt có khả năng chuyển động cánh tay của nó thông qua một dãy các chuyển động cần thiết.

Sáu bậc tự do này dùng để mô phỏng sự đa dạng phong phú của chuyển động của cánh tay người. Tuy nhiên, không phải mọi rôbot đều được thiết kế có đủ cả sáu bậc tự do. Hình 5.6 minh họa một rôbot kiểu tọa độ cực, có sáu chuyển động cơ bản, trong đó ba chuyển động của thân và cánh tay, ba chuyển động của cổ tay. Sau đây sẽ mô tả sáu chuyển động này.



Hình 5.6. Sáu bậc tự do điển hình trong chuyển động của rôbot.

♦ **Chuyển động của thân và cánh tay:**

1. *Theo chiều đứng*: Chuyển động lên - xuống của cánh tay do quay toàn bộ cánh tay quanh trục nằm ngang hoặc do di chuyển cánh tay dọc theo thanh trượt thẳng đứng.
2. *Theo chiều hướng tâm*: kéo dài và thu ngắn cánh tay (chuyển động ra - vào)
3. *Theo vòng tròn*: Quay quanh trục thẳng đứng (quay trái quay phải của cánh tay)

♦ **Chuyển động của cổ tay:**

4. *Xoay cổ tay*: Chuyển động xoay cổ tay.
5. *Gập cổ tay*: Chuyển động lên - xuống của cổ tay, liên quan tới việc quay cổ tay quanh trục nằm ngang.
6. *Lắc cổ tay*: Lắc trái - lắc phải cổ tay quanh trục thẳng đứng.

Ngoài sáu chuyển động nên rèn, có thể còn có thêm chuyển động phụ, chẳng hạn chuyển động gây ra do đặt rôbôt lên rãnh trượt hay thanh dẫn hướng. Thanh dẫn hướng (thanh trượt) được lắp lên sàn hoặc rãnh trượt trên cao, nhờ vậy tạo cho một rôbôt - 6 trục truyền thống có thêm một bậc tự do thứ bảy. Bộ phận kẹp hàng (ngón tay) thường không được coi là chuyển động quanh một trục phụ.

2. Các hệ chuyển động: Giống như máy công cụ NC, rôbôt công nghiệp cũng có thể phân ra làm hai loại: P-T-P (điểm tới điểm) và đường bao vòng (còn được gọi là đường liên tục).

- Trong hệ P-T-P, chuyển động của rôbôt được điều khiển từ một điểm trong không gian tới một điểm khác. Mỗi điểm được lập trình vào bộ nhớ điều khiển của rôbôt rồi được phát lại trong suốt chu kỳ làm việc của nó. Không cần đến một sự chú ý cụ thể nào tới đường đi tiếp theo của rôbôt trong khi nó di chuyển từ điểm này tới điểm tiếp theo. Hoàn toàn có thể tạo cho rôbôt kiểu P-T-P khả năng thực hiện các dạng thao tác sản xuất nhất định như nạp tải lên và dỡ tải khỏi máy, các hoạt động "nhặt và đặt" vào vị trí, thao tác hàn điểm,...
- Trong hệ đường bao vòng (đường liên tục), rôbôt có thể chuyển động theo quỹ tích các điểm gần nhau tạo thành một đường cong liên tục trong không gian. Yêu cầu về bộ nhớ và về điều khiển lớn hơn nhiều so với trường hợp rôbôt P-T-P, bởi vì phải nhớ đầy đủ đường thẳng mà nó cần đi theo chứ không đơn thuần chỉ là các điểm mút mà nó cần lần lượt đi tới. Tuy nhiên, trong một số thao tác công nghiệp nhất định, việc điều khiển liên tục đôi với hành trình của chu kỳ làm việc thì chủ yếu là trong sử dụng rôbôt vào quá trình vận hành. Có thể kể ra ví dụ về các thao tác này như: sơn phun, hàn liên tục, gấp các vật thể đang di chuyển dọc theo băng chuyền,...

5.4. CÁC ĐẶC ĐIỂM KỸ THUẬT KHÁC

Bên cạnh cấu hình vật lý và các khả năng di chuyển cơ bản của nó, rôbôt công nghiệp còn có nhiều đặc điểm kỹ thuật khác, tạo nên năng lực và hiệu quả của nó trong việc thực hiện một nhiệm vụ được cho. Có thể nêu ra một số đặc điểm kỹ thuật quan trọng nhất sau đây:

1. Không gian hoạt động,
2. Độ chính xác vận động,
3. Tốc độ vận động,
4. Khả năng mang tải,
5. Kiểu hệ thống truyền động.

Sau đây chúng ta sẽ xem xét từng đặc điểm:

1. Không gian hoạt động: Thuật ngữ này được dùng để chỉ khoảng không gian mà rôbot có thể vận hành trong đó. Nói chính xác hơn, "không gian hoạt động" là vùng không gian mà đầu mút của cổ tay rôbot có thể thao tác được. Các nhà chế tạo rôbot đã lựa chọn chính sách xác định không gian hoạt động theo hướng đầu mút cổ tay mà không có gắn bàn tay hay dụng cụ khác vào đó.

Không gian hoạt động của một rôbot công nghiệp được xác định bởi cấu hình vật lý và kích thước của rôbot đó, cùng các giới hạn thao tác của cánh tay và khớp nối của nó. Không gian hoạt động của rôbot tọa độ Đềcác sẽ là khối lập phương, của rôbot tọa độ trụ sẽ là một khối trụ, của rôbot tọa độ cực sẽ là khối cầu, còn của rôbot với cánh tay nối bằng bản lề thì có đôi chút phi quy tắc - tằm với ngoài cùng nói chung tựa như một mặt cầu. Các nhà sản xuất rôbot thường đưa ra biểu đồ về không gian hoạt động của một mẫu rôbot cụ thể trong tài liệu tiếp thị của họ thông qua hình chiếu bằng và hình chiếu cạnh, với đầy đủ kích thước bao về hoạt động của rôbot đó.

2. Độ chính xác vận động: Độ chính xác mà theo đó rôbot có thể di chuyển đầu mút cổ tay của nó là một vấn đề được cân nhắc kỹ lưỡng nhất trong hầu hết các ứng dụng. Trong ngành rôbot học, độ chính xác hoạt động là một vấn đề phức tạp. Chúng ta sẽ chỉ mô tả nó theo ba thuộc tính sau đây:

- Độ phân giải không gian,
- Độ chuẩn xác,
- Khả năng tái lập (độ tái lập).

Ba thuộc tính đó nói chung được hiểu theo nghĩa đầu mút cổ tay không có gắn thêm phần tử chấp hành cuối nào nữa.

a) **Độ phân giải không gian:** Thuật ngữ này dùng để chỉ số gia nhỏ nhất của chuyển động mút cổ tay mà rôbot có thể điều khiển được. Số gia này được quyết định chủ yếu bởi độ phân giải điều khiển của rôbot, mà độ phân giải điều khiển này lại phụ thuộc vào hệ thống điều khiển vị trí của nó hoặc hệ thống đo phản hồi của nó, hoặc phụ thuộc cả hai. Thêm nữa, các sai số cơ khí trong các khớp nối của rôbot đều có xu hướng hạ thấp khả năng định vị cánh tay của nó tại nơi mong muốn. Độ phân giải không gian là tổng độ phân giải điều khiển với các sai số cơ khí. Các yếu tố xác định độ phân giải điều khiển là phạm vi (khoảng) chuyển động của cánh tay và dung lượng *bít* lưu trữ trong bộ nhớ điều khiển dành cho chuyển động đó. Hoạt động của cánh tay cần được chia ra thành các chuyển động dài hoặc chuyển động góc cơ bản của nó, và độ phân giải của mỗi bậc tự do thì được biểu diễn ra một cách riêng biệt. Sau đó, tổng số độ phân giải điều khiển sẽ là tổng vectơ của các vectơ thành phần. Để minh họa, chúng ta sẽ xem xét một ví dụ sau đây:

Ví dụ 5.1. Giả sử chúng ta muốn tìm độ phân giải không gian dùng cho một rôbot kiểu tọa độ Đềcác, có hai bậc tự do. Hai bậc tự do được thể hiện bởi hai

thanh trượt vuông góc. Mỗi thanh có khoảng trượt là 0,4 m, do vậy tạo cho rôbôt khoảng không gian hoạt động là một hình vuông phẳng, mỗi chiều 0,4 m. Giả thiết rằng bộ nhớ điều khiển của rôbôt có dung lượng nhớ 10-bit cho mỗi trục.

Để xác định độ phân giải điều khiển, trước hết ta phải xác định số gia của trục mà bộ nhớ điều khiển dành cho nó. Đối với bộ nhớ 10-bit, có cả thảy $2^{10} = 1024$ số số gia điều khiển (số khoảng con mà khoảng trượt 0,4 m có thể chia đều ra).

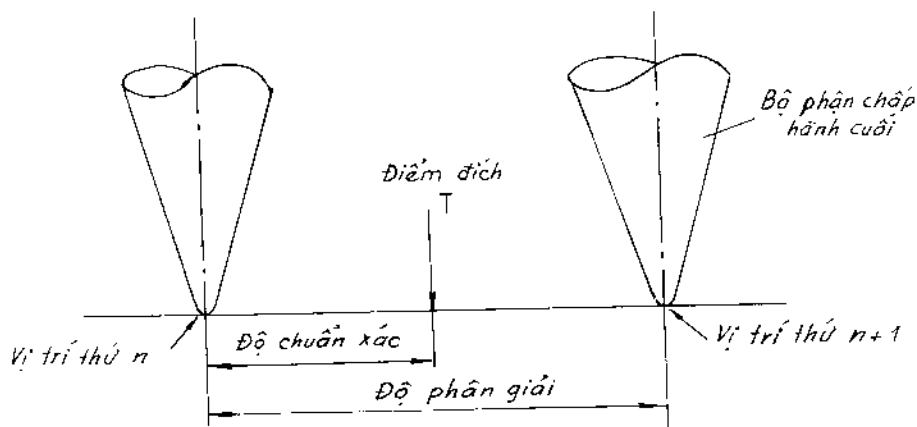
Như vậy độ phân giải có thể tìm được bằng cách chia khoảng trượt cho số số gia điều khiển, nghĩa là:

$$\text{Độ phân giải điều khiển} = \frac{0,4 \text{ m}}{1024} = 0,3906 \text{ mm.}$$

Do có hai thanh trượt vuông góc nên độ phân giải điều khiển của rôbôt này sẽ là một hình vuông phẳng mỗi cạnh 0,39 mm. Sai lệch cơ học nào cũng được cộng vào con số này để thu được độ phân giải không gian.

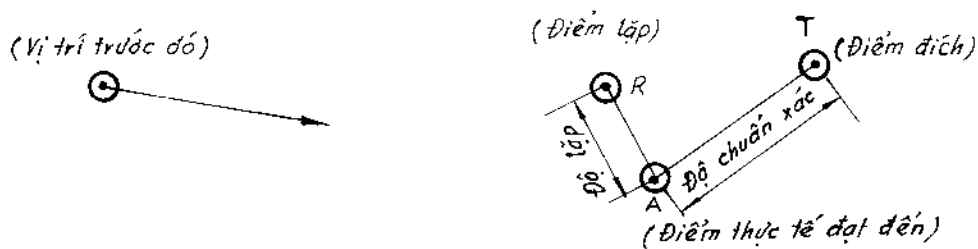
Qua ví dụ 5.1 ta thấy rằng độ phân giải không gian có thể cải thiện được bằng cách nâng cao dung lượng bit của bộ nhớ điều khiển của rôbôt. Đồng thời, với một dung lượng nhớ đã cho thì rôbôt lớn hơn sẽ có độ phân giải không gian tồi hơn so với rôbôt nhỏ. Trên thực tế, độ phân giải không gian sẽ kém hơn (thô hơn) so với độ phân giải điều khiển tính được trong ví dụ 5.1 vì còn có độ sai lệch (thiếu chính xác) cơ khí trong các thanh trượt nữa.

b) *Độ chuẩn xác*: Đó là khả năng của rôbôt định vị đầu mút cổ tay (hoặc dụng cụ gắn vào cổ tay) tại một điểm đích đã cho trong không gian hoạt động của nó. Độ chuẩn xác có liên quan mật thiết với độ phân giải không gian, vì khả năng đạt tới một điểm cụ thể trong không gian phụ thuộc vào khả năng chia chuyển động của khớp nối thành những số gia nhỏ. Theo mối quan hệ này, độ chuẩn xác của rôbôt sẽ là một nửa khoảng cách giữa hai điểm phân giải đứng kề nhau (xem minh họa hình 5.7). Độ chuẩn xác của rôbôt đồng thời còn phụ thuộc vào độ sai lệch cơ khí như độ võng của các chi tiết, bánh răng ăn khớp thiếu chính xác, v.v...



Hình 5.7. Minh họa độ chuẩn xác so với độ phân giải.

c) **Độ tái lập:** Đó là khả năng rôbôt định vị lại đầu mút cổ tay của nó về một điểm trong không gian mà trước nó đã được đặt tới. Tái lập khác với độ chuẩn xác. Để phân biệt hai khái niệm này, chúng ta hãy xét minh họa ở hình 5.8: giả sử thoát đầu rôbôt được lập trình để chuyển động tới điểm đích T. Do bị giới hạn bởi độ chuẩn xác của nó, rôbôt chỉ có thể đạt tới điểm A. Khoảng cách giữa T và A là *độ chuẩn xác*. Sau đó, rôbôt được lệnh trở lại điểm A này thì do bị giới hạn bởi khả năng tái lập, nó lại chỉ có thể đạt tới điểm R. Vậy khoảng giữa điểm R và điểm A chính là *độ tái lập* của rôbôt. Khi rôbôt được lệnh trở lại cùng một vị trí trong các chu kỳ thao tác liên tiếp, nó sẽ chẳng bao giờ trở lại điểm R mà hình thành một cụm vị trí quanh điểm A. Các lỗi tái lập đó tạo nên một biến ngẫu nhiên. Nói chung, độ tái lập nhỏ hơn độ chuẩn xác (do đó tốt hơn). Các sai lệch cơ khí trong cánh tay rôbôt và các phần tử tạo nên cổ tay của nó là nguồn gốc chủ yếu của lỗi tái lập.



Hình 5.8

3. Tốc độ vận động: Đó là tốc độ mà với nó, rôbôt có thể điều khiển phần tử chấp hành cuối tới mức tối đa vào khoảng 1,5 m/s. Hầu hết mọi rôbôt đều có sự điều chỉnh để thiết lập tốc độ tới giá trị mong muốn để thực hiện một tác vụ tương ứng. Tốc độ này được quy định bởi các nhân tố như trọng lượng vật cần di chuyển, khoảng cách di chuyển và độ chính xác định vị mà vật cần đạt được trong chu trình thao tác. Rõ ràng không thể di chuyển vật nặng nhanh như vật nhẹ do quán tính. Mặt khác, vật nặng cũng phải được dịch chuyển chậm hơn khi cần có độ chuẩn xác vị trí cao.

4. Khả năng mang tải: Các rôbôt có bán trên thị trường có khả năng mang tải trong phạm vi rất rộng, từ một vài kg đến trên 500 kg. Ví dụ rôbôt FC của Hãng Versatran có khả năng mang tải tối đa là 2000 bảng (mỗi bảng -lb, bằng 0,453 g), còn rôbôt PUMA của hãng Unimate có khả năng tải chỉ 2,5 bảng, tức là chưa đến 1,2 kg. Vấn đề khó khăn đối với những rôbôt chỉ để mang tải nhẹ là ở chỗ tải đó còn kể cả trọng lượng của phần tử chấp hành cuối. Chẳng hạn, nếu trọng lượng bộ kẹp của rôbôt PUMA 500 là 1 bảng thì khả năng mang tải hiệu dụng (có ích) chỉ còn 1,5 bảng.

5. Kiểu hệ thống truyền động: Có ba kiểu hệ thống truyền động cơ bản sau đây được dùng trong các rôbôt đang có ở thị trường:

1. Thủy lực,
 2. Động cơ điện,
 3. Khí nén.
- Rôbôt xêri 2000 của hãng Unimate (hình 5.1) và rôbôt T3 của Hãng Cincinnati Milacron (hình 5.4) là điển hình của rôbôt truyền động bằng thủy lực. Kiểu hệ truyền động này thường được dùng cho rôbôt lớn và nó làm tăng không gian cần thiết để lắp đặt rôbôt. Ưu điểm của nó là đơn giản về mặt cơ khí (thợ bảo dưỡng đã quen thuộc với hệ này) và tốc độ lớn, độ bền cao.
 - Rôbôt truyền động bằng động cơ điện (động cơ bước, dòng điện một chiều hoặc động cơ servo) không có ưu điểm về độ bền hoặc tốc độ của rôbôt truyền động bằng thủy lực, nhưng độ chuẩn xác và khả năng tái lập nói chung là tốt hơn. Do không có bộ phận tạo thủy lực nên không gian lắp đặt cần cho rôbôt loại này cũng ít hơn.
 - Rôbôt truyền động bằng khí nén nói chung kích thước nhỏ hơn và về mặt công nghệ ít phức tạp hơn so với hai loại nêu trên. Nó thường được dùng để thực hiện các thao tác "nhặt lên và đặt xuống" hoặc các nguyên công lắp lại nhanh và đơn giản.

5.5. LẬP TRÌNH CHO RÔBÔT CÔNG NGHIỆP

Có nhiều phương pháp lập trình cho rôbôt để nó thực hiện một chu kỳ làm việc được giao, nhưng tựu trung có thể chia làm bốn loại như sau:

1. Phương pháp thủ công,
2. Phương pháp duyệt suốt (Walkthrough),
3. Phương pháp dẫn suốt (Leadthrough),
4. Lập trình ngoại tuyến (Off-line).

1. Phương pháp thủ công: Thực ra phương pháp này không phải là lập trình theo đúng nghĩa của nó - nói đúng hơn là lắp đặt máy chứ không phải là lập trình. Đây là quy trình dùng cho những rôbôt đơn giản và cần đến các công việc lắp ráp các bộ phận cam, chuyển mạch, hãm dừng, rôle, v.v... trong bộ điều khiển của chúng. Đối với những rôbôt công nghệ thấp dùng cho các chu kỳ làm việc ngắn (chẳng hạn như thao tác "nhặt và đặt"), thì phương pháp lập trình thủ công đủ đáp ứng yêu cầu.

2. Phương pháp duyệt suốt: Theo phương pháp này, lập trình viên dùng tay di chuyển cánh tay và bàn tay rôbôt từ đầu đến cuối dãy chuyển động của chu kỳ làm việc. Từng chuyển động đều được ghi vào bộ nhớ để sau đó phát lại trong

quá trình sản xuất. Tốc độ chuyển động thường được điều khiển độc lập sao cho lập trình viên không phải lo nghĩ về thời gian chu kỳ trong quá trình duyệt suốt. Điều quan tâm chủ yếu là làm sao dãy vị trí được chính xác. Phương pháp duyệt suốt này thường thích hợp với các rôbot sơn phun và hàn hồ quang.

3. Phương pháp dẫn suốt: Phương pháp này có sử dụng một thiết bị điều khiển (tiếng Anh gọi là "Teach pendant") để truyền dẫn năng lượng rôbot trong suốt trình tự chuyển động của nó. Thiết bị này thường là một dụng cụ cầm tay nhỏ có các công tắc và đĩa số để điều khiển các chuyển động vật lý của rôbot. Từng chuyển động đều được ghi vào bộ nhớ để về sau phát lại trong suốt chu kỳ làm việc của nó. Phương pháp này rất thông dụng vì thuận tiện và dễ lập trình.

4. Lập trình ngoại tuyến: Lập trình ngoại tuyến cho rôbot cũng theo một cung cách tương tự với lập trình vật làm cho máy NC. Công việc lập trình ngoại tuyến ở đây thường được thực hiện trên đầu cuối (terminal) của máy tính. Sau khi chương trình được lập xong, nó liền được nhập vào bộ nhớ của rôbot để sử dụng trong quá trình làm việc. Ưu điểm của phương pháp lập trình ngoại tuyến là ở chỗ thời gian sản xuất của rôbot không bị mất mát do phải dừng để dạy cho nó một nhiệm vụ mới. Có thể thực hiện phương pháp này trong khi rôbot vẫn đang thực thi một nhiệm vụ cho trước, và điều đó có nghĩa là hiệu năng sử dụng rôbot và thiết bị mà nó phục vụ sẽ cao hơn.

Một ưu điểm nữa của lập trình ngoại tuyến là triển vọng tích hợp rôbot vào với cơ sở dữ liệu CAD/CAM của nhà máy. Trong các hệ thống sản xuất tương lai, lập trình rôbot sẽ do các hệ CAD/CAM tiên tiến thực hiện, cũng giống như công nghệ CAD/CAM hiện nay có thể tạo ra các chương trình vật làm NC vậy.

5.6. CÁC NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH RÔBOT CÔNG NGHIỆP

Các rôbot không điều khiển bằng máy tính không cần đến ngôn ngữ lập trình. Chúng chỉ được lập trình bằng phương pháp duyệt suốt hoặc phương pháp dẫn suốt và nếu là rôbot đơn giản hơn nữa thì bằng phương pháp thủ công như ở trên đã trình bày. Từ khi có máy tính ứng dụng vào điều khiển rôbot thì có ngay cơ hội và nhu cầu thiết kế một ngôn ngữ lập trình rôbot - hướng máy tính. Sau đây chúng ta sẽ xem xét hai trong số các ngôn ngữ này.

1. Ngôn ngữ VALTM: Ngôn ngữ VAL do Victor Sheinman phát triển, dùng cho rôbot PUMATM, một kiểu rôbot hợp ngữ của Hãng Unimation. Vì thế VAL là chữ viết tắt của cụm từ "Victor's Assembly Language". Về cơ bản nó dựa trên một ngôn ngữ ngoại tuyến, trong đó chương trình xác định trình tự chuyển động của rôbot có thể viết theo cách ngoại tuyến (off line), nhưng các vị trí điểm khác nhau dùng trong chu kỳ làm việc thì được xác định theo cách "dẫn suốt" một cách thuận tiện nhất.

Có thể chia các lệnh của VAL thành hai loại: lệnh giám sát và lệnh chương trình.

a) *Các lệnh giám sát (Monitor Commands)* là một tập lệnh quản trị dùng để điều khiển sự vận hành của hệ rôbôt. Chúng được sử dụng vào các chức năng sau đây:

- Chuẩn bị hệ thống để người dùng viết chương trình cho PUMA,
- Xác định các điểm trong không gian,
- Ra lệnh cho PUMA thực hiện một chương trình,
- Liệt kê chương trình lên màn hình CRT.

Bảng 5.1 giới thiệu một số lệnh giám sát quan trọng kèm theo mô tả và ví dụ cách vào các lệnh đó.

Bảng 5.1

Các lệnh giám sát thông dụng trong VAL

EDIT	Viết tắt là ED, dùng để tạo ra hoặc cải tiến chương trình được đặt tên trong lệnh. Ví dụ: EDIT TEST ED TOM
EXECUTE	Viết tắt là EX, dùng để ra lệnh cho rôbôt xử lý các tên chương trình. Người dùng có thể xác định chương trình sẽ được thực hiện bao nhiêu lần tùy ý bằng cách đưa ra số lần sau tên chương trình. Ví dụ: EX TEST EX TEST, 5
SPED	Viết tắt là SP, dùng để xác định tốc độ của tất cả chuyển động tuần tự của rôbôt dưới sự điều khiển của chương trình. lệnh này thường đứng trước lệnh EXECUTE. Ví dụ: SPEED 50 SP30
HERE	Dùng để xác định vị trí hiện thời của rôbôt bằng một ký hiệu do người dùng xác định. Ví dụ: HERE A HERE PT1
Người sử dụng có thể di chuyển rôbôt đến vị trí mong muốn bằng cách sử dụng thiết bị điều khiển vốn được dùng trong phương pháp "dẫn suốt" đã nói ở trên. Khi rôbôt đã ở vị trí mong muốn, người dùng xác định lấy vị trí đó bằng lệnh HERE. Màn hình CRT hiển thị các vị trí tương ứng với sáu trục của PUMA. Người dùng sau đó sẽ ấn nút CR (Carriage Return) để tiếp tục.	

b) *Các lệnh chương trình (Program Instructions)* là một tập lệnh dùng để viết chương trình cho rôbôt. Chương trình viết bằng ngôn ngữ VAL nhằm điều khiển trình tự chuyển động của rôbôt PUMA. Mỗi lệnh thường tương ứng với một chuyển động của cánh tay hoặc cổ tay. Sau đây là một số nhóm lệnh chương trình:

- Di chuyển tới điểm;
- Di chuyển tới một điểm nằm trong một chuyển động đường thẳng;
- Mở bộ kẹp;
- Khép bộ kẹp.

Các lệnh lập trình được nhập vào bộ nhớ để tạo nên chương trình bằng cách trước tiên sử dụng lệnh EDIT (thuộc nhóm lệnh giám sát). Nhờ vậy hệ thống được chuẩn bị để nhận các lệnh trong nhóm lệnh lập trình theo một trình tự thích hợp. Bảng 5.2 giới thiệu một số lệnh chương trình quan trọng, có mô tả và nêu ví dụ sử dụng từng lệnh tương ứng.

Bảng 5.2**Các lệnh lập trình thông dụng của ngôn ngữ VAL**

MOVE	Di chuyển rôbôt tới vị trí và hướng được xác định bởi ký hiệu. <i>Ví dụ:</i> MOVE A
MOVES	Di chuyển rôbôt dọc theo tia đường thẳng tới vị trí và hướng đã xác định bởi ký hiệu. <i>Ví dụ:</i> MOVES A
APPRO	Di chuyển phần tử chấp hành cuối hoặc dụng cụ tới vị trí đã xác định bởi ký hiệu, nhưng dịch vị nó dọc theo trục z của dụng cụ bởi một khoảng cách đã cho, tính theo mm. <i>Ví dụ:</i> APPRO A, 50 Kết quả dụng cụ sẽ được di chuyển quá 50 mm theo chiều z của dụng cụ, so với điểm A (vì thế được gọi là dịch vị - offset)
APPROS	Tương tự như lệnh APPRO ở trên, ngoại trừ rằng đó là sự dịch chuyển tới vùng phụ cận điểm đã cho dọc theo quỹ đạo đường thẳng. <i>Ví dụ:</i> APPROS A, 50
DEPART	Di chuyển dụng cụ một khoảng đã cho dọc theo trục z hiện thời của nó. <i>Ví dụ:</i> DEPART 50 Kết quả dụng cụ sẽ được di chuyển trở về, tính từ vị trí hiện thời một khoảng 50 mm.
OPENI và CLOSEI	Ra lệnh cho các van hơi điều khiển hãy nhận tín hiệu để mở hoặc đóng bộ kẹp ngay tức khắc (I - Immediately). <i>Ví dụ:</i> OPENI CLOSEI
EXIT	Ra khỏi chương trình và điều khiển; trở về mode giám sát. EXIT phải được viết tắt bằng chữ E. <i>Ví dụ:</i> E

Các lệnh trong bảng 5.1 và bảng 5.2 chỉ là một số trong nhiều lệnh của VAL. Khi mua rôbôt PUMA của Hãng Unimation, khách hàng sẽ được cung cấp tài liệu hướng dẫn (User's guide to VAL), trong đó có đầy đủ bộ lệnh của ngôn ngữ này. Ví dụ 5.2 sẽ minh họa cách sử dụng một số lệnh của VAL trong một chương trình cụ thể.

Ví dụ 5.2. Xử lý một thao tác "nhặt và đặt", trong đó rôbôt được lệnh nhặt một vật làm từ băng chuyển này (điểm A) rồi đặt sang băng chuyển khác (điểm

B). Chương trình VAL phục vụ cho chu kỳ làm việc này được trình bày ở hình 5.9. Hình 5.10 cho thấy các vị trí của rôbôt PUMA đối với điểm A và điểm B trong chương trình. Đoạn liệt kê chương trình cung cấp các vị trí tọa độ x, y, z của PUMA (khớp 1,2 và 3) cùng ba vị trí của khớp cổ tay (khớp 4, 5 và 6) đối với điểm A và điểm B.

- LISTP PICK
- PROGRAM PICK
 1. APPRO A, 50.00
 2. MOVE\$
 3. CLOSEI 0.00
 4. DEPART 50.00
 5. APPRO B, 50.00
 6. MOVE\$B
 7. OPENI 0.00
 8. DEPART 50.00
- END

Hình 5.9. Đoạn chương trình rôbôt dùng cho ví dụ 5.2, viết bằng ngôn ngữ VAL của hãng Unimation.

- LISTL

	X/JT1	Y/JT2	Z/JT3	O/JT4	A/JT5	T/JT6
A	-543.94	292.31	-370.00	-104.249	85.638	-179.956
- LISTL B

	X/JT1	Y/JT2	Z/JT3	O/JT4	A/JT5	T/JT6
B	-411.56	-355.41	-269.13	-104.480	85.622	179.819

Hình 5.10. Liệt kê các vị trí khớp nối của rôbôt Unimate PUMA 600 trong ví dụ 5.2.

2. Ngôn ngữ MCL: MCL là chữ viết tắt của Machine Control Language do Hãng Mc. Donnell-Douglas Coporation, theo hợp đồng của hãng này ký với ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing) của không lực Hoa Kỳ. Đây là ngôn ngữ dựa trên ngôn ngữ APT NC, nhưng được thiết kế để điều khiển một trạm công tác (chế tạo cắt gọt) hoàn chỉnh, trong đó có thể có cả rôbôt. MCL là một ngôn ngữ mở rộng của APT, trong đó có thêm các tùy chọn và các đặc điểm cần thiết để lập trình ngoại tuyến của một trạm công tác⁽¹⁾ có rôbôt.

Các từ khóa được mở rộng thêm để bổ sung các khả năng phụ cho MCL. Đó là những khả năng hiển thị, kiểm tra, và điều khiển tín hiệu tới (và từ) các thiết bị khác nhau tạo nên trạm công tác có rôbôt. Một số từ khóa này được giới thiệu

⁽¹⁾ Trạm công tác ở đây được hiểu theo nghĩa một đơn vị gia công gồm một máy kèm theo một thiết bị phụ trợ khác.

ở bảng 5.3. Đồng thời MCL còn cho phép người dùng viết các lệnh MACRO, thuận tiện cho các ứng dụng chuyên biệt.

Bảng 5.3

Một số từ khóa lập trình trong ngôn ngữ MCL

DEVICE	Kích hoạt các thiết bị trong trạm công tác.
SEND	Làm cho một tín hiệu ra (output signal) được gửi tới nơi mong muốn.
RECEIV	Giống lệnh SEND nhưng ở đây là làm cho một tín hiệu vào do nơi khác gửi đến được tiếp nhận.
WORKPT	Để xác định một mũi dao tinh vi (điểm công tác).
ABORT	Dừng (treo) toàn bộ hoạt động của tác vụ.
TASK	Cho phép chương trình xác định những đoạn nào đó của nó như là những tác vụ mà sau đó có thể gọi ra để xử lý một cách riêng rẽ hay kết hợp với các tác vụ khác.
REGION	Để xác định một quỹ đạo hai chiều khép kín dùng cho gia công khả kiến.
LOCATE	Lệnh này được dùng với một hệ gia công khả kiến (vision processing) để phát hiện và chỉ ra một quỹ đạo đã xác định trong vùng thấy được (thị trường), và để xác định vị trí và hướng của quỹ đạo.

Sau khi chương trình MCL được viết xong, nó sẽ được biên dịch để tạo ra CLFILE làm tệp ra (output). Phạm vi xác định của CLFILE đã được mở rộng để thích ứng với các đặc điểm mới của MCL - những đặc điểm đã làm cho MCL vượt ra ngoài khuôn khổ dữ liệu vị trí dao cắt truyền thống trong APT. Những mở rộng nói trên gồm các khả năng sau đây:

- Định nghĩa các thiết bị khác nhau trong trạm công tác, cùng các tác vụ do các thiết bị đó thực hiện,
- Các khuôn khổ định trước về tham chiếu có trong các máy móc và thiết bị trong trạm công tác (trạm cắt gọt),
- Các khuôn khổ do người dùng xác định về tham chiếu mà ta có thể dùng để xác định hình học của vật làm,
- Nhận biết và tiếp nhận vật làm trong phạm vi trạm cắt gọt.

MCL thể hiện một sự mở rộng quan trọng của ngôn ngữ APT, là ngôn ngữ có thể dùng để lập trình ngoại tuyến cho các trạm cắt gọt có rôbôt.

5.7. PHẦN TỬ CHẤP HÀNH CUỐI

Trong công nghệ rôbôt, phần tử chấp hành cuối là một công cụ được gắn vào cổ tay rôbôt để thực hiện một tác vụ cụ thể. Tác vụ đó có thể là nâng chuyển vật làm, hàn điểm, sơn phun hay bất kỳ chức năng nào trong vô vàn chức năng có thể có. Sự phong phú về chức năng này chỉ còn phụ thuộc vào tài trí và óc sáng tạo của những nhà thiết kế rôbôt là chính, và một phần nào đó là do vấn đề kinh tế mà thôi. Phần tử chấp hành cuối là một công cụ mục đích chuyên dùng, cho phép rôbôt thực hiện một công việc cụ thể. Nó thường được bên sở hữu hoặc bên bán rôbôt thiết kế tùy biến theo công việc đó. Hầu hết các nhà sản

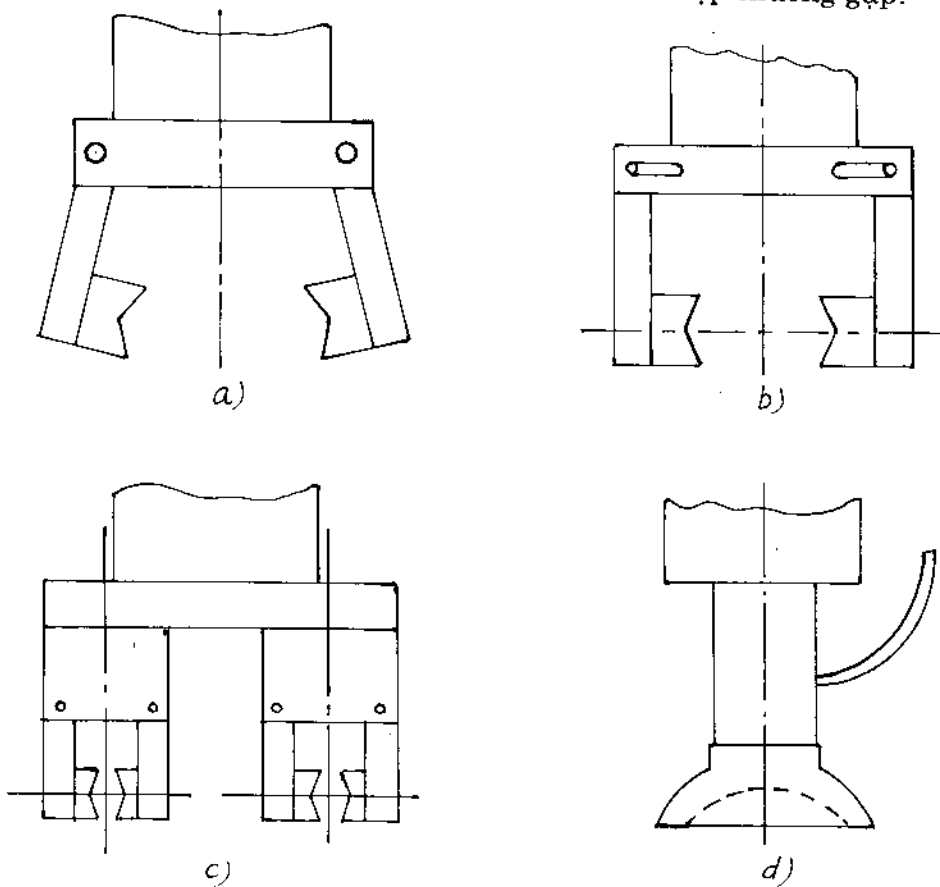
xuất đều có bộ phận nhận chuyên thiết kế và chế tạo các phần tử chấp hành cuối hoặc cung cấp tư vấn cho khách hàng của mình về thiết kế phần tử này.

Xét về mặt cấu tạo, chúng ta có thể chia phần tử chấp hành cuối thành hai loại: đồ kẹp và dụng cụ.

1. Đồ kẹp: Đồ kẹp dùng để kẹp vật làm (trong các nguyên công nhặt và đặt, đưa vật làm lên máy hoặc lắp ráp), hoặc để kẹp dụng cụ. Có rất nhiều cách thiết kế đồ kẹp, nhưng để thiết kế một cách hợp lý nhất thì phải căn cứ vào vật làm hay cái mà nó cần kẹp. Sau đây là một số phương pháp kẹp thông dụng nhất được dùng trong đồ kẹp của rôbôt:

- Đồ kẹp cơ khí, trong đó vật cần kẹp được giữ nhờ ma sát hoặc cấu hình vật lý của đồ kẹp,
- Phễu hút (còn được gọi là phễu chân không), dùng cho vật thể phẳng,
- Đồ kẹp từ tính, dùng cho vật thể bằng sắt thép hoặc gang,
- Móc treo, dùng để nâng vật thể khỏi băng chuyền,
- Gầu hoặc xẻng, dùng cho chất lỏng, vật liệu dạng bột, viên, hạt.

Hình 5.11 trình bày một số mẫu thiết kế đồ kẹp thường gặp.



Hình 5.11. Một số mẫu thiết kế đồ kẹp:

a) đồ kẹp tác động bản lề; b) đồ kẹp tác động trượt; c) đồ kẹp đôi; d) phễu hút.

2. Dụng cụ: Có một số không nhiều về các ứng dụng mà trong đó một đồ kẹp được dùng để kẹp chặt một dụng cụ rồi sử dụng dụng cụ này trong suốt chu trình làm việc. Còn trong đa số ứng dụng, nơi mà rôbot điều khiển một dụng cụ (không qua đồ kẹp) trong suốt chu trình, thì dụng cụ đó trực tiếp được gắn chặt vào cổ tay của rôbot và trở thành phần tử chấp hành cuối. Ví dụ:

- Súng hàn điểm,
- Dụng cụ hàn hồ quang (và cơ cấu cấp dây hàn),
- Súng sơn phun,
- Trục khoan,
- Đá mài, bàn chải,
- Đèn sấy,...

Ngoài ra, có thể thiết kế thêm cơ cấu tháo lắp nhanh để gắn vào một số trong các dụng cụ nêu trên để dễ dàng thay đổi sang dụng cụ khác.

5.8. ĐIỀU KHIỂN TRẠM CÔNG TÁC VÀ KHÓA LIÊN ĐỘNG

5.8.1. Điều khiển trạm công tác

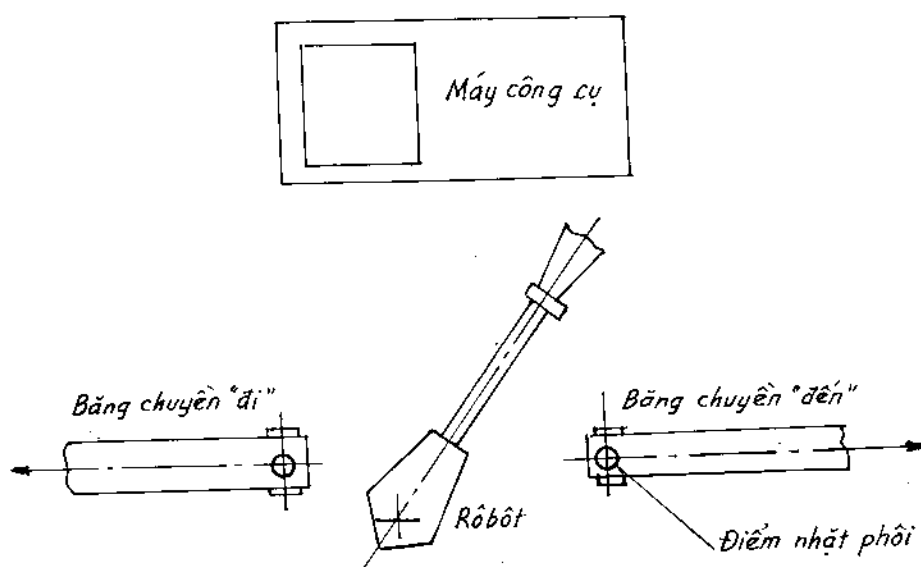
Các rôbot công nghiệp thường làm việc với các đối tượng khác trong trạm như thiết bị gia công, vật làm, băng chuyển, và đôi khi cả với người vận hành nữa. Với một trạm công tác có rôbot, nhất thiết phải có một phương tiện để điều phối tất cả các hoạt động đang diễn ra trong đó. Một số trong các hoạt động này xảy ra theo cách tuần tự, trong khi số khác lại xảy ra đồng thời. Để các hoạt động được điều phối một cách chính xác và xảy ra theo đúng trình tự thì phương tiện đó chính là bộ điều khiển (còn có tên là bộ điều khiển trạm công tác). Thường thì bộ điều khiển này được đặt ngay trong rôbot và chịu toàn bộ trách nhiệm điều hòa các hoạt động của các bộ phận cấu thành trạm gia công mà rôbot phục vụ. Để minh họa một số vấn đề mà bộ điều khiển phải giải quyết, sau đây chúng ta sẽ xem xét một ví dụ đơn giản về cấp phối cho máy công cụ.

Ví dụ 5.3. Một trạm công tác gồm có các bộ phận cấu thành sau đây: rôbot, máy công cụ vận hành theo một chu trình bán tự động, hai băng chuyển trong đó một băng đưa phôi đến, băng kia đưa thành phẩm đi. Trạm được bố trí như ở hình 5.12. Chu trình làm việc gồm có các hoạt động như sau:

1. Băng chuyển "đến" có nhiệm vụ phân phối phôi cắt tới một vị trí cố định,
2. Rôbot nhặt phôi ra khỏi băng chuyển rồi cấp cho máy công cụ,
3. Máy công cụ tiến hành gia công cắt gọt trên phôi,
4. Rôbot lấy thành phẩm ra khỏi máy công cụ rồi đặt lên băng chuyển "đi",

5. Băng chuyên "đi" đưa thành phẩm ra khỏi trạm, còn rôbôt thì trở về tư thế sẵn sàng cạnh băng chuyên "đến".

Như trên đã mô tả, hầu hết các hoạt động của chu trình làm việc đều xảy ra đồng thời. Bộ điều khiển của trạm công tác phải đảm bảo rằng một số bước nhất định nào đó phải được hoàn tất trước khi một số bước khác được bắt đầu. Chẳng hạn, máy công cụ phải gia công xong vật làm trước khi rôbôt chạm tới và cặp chặt lấy nó để lấy ra khỏi máy. Tương tự như vậy, chu kỳ cắt gọt chưa được phép bắt đầu chừng nào rôbôt chưa hoàn tất việc cấp phôi cho máy và rút tay về. Rôbôt cũng chưa được phép nhặt phôi ra khỏi băng chuyên "đến" chừng nào tay của nó chưa chạm tới phôi để kẹp chặt.



Hình 5.12. Bố trí làm việc cho trạm công tác trong ví dụ 5.3.

Qua ví dụ 5.3, ta thấy mục đích của bộ điều khiển là đảm bảo sao cho hoạt động của các thành tố trong trạm xảy ra theo đúng trình tự và từng bước được hoàn tất trước khi bước tiếp theo được bắt đầu.

Mặc dù hầu hết các hoạt động xảy ra theo cách tuần tự, tuy nhiên cũng có một số thiết bị thực hiện các chức năng của chúng một cách đồng thời. Chẳng hạn, các băng chuyên cứ tiếp tục đưa phôi đến và chuyển thành phẩm đi trong khi máy công cụ vẫn đang vận hành. Hai trong số các bài tập cuối chương yêu cầu bạn đọc tìm cách cải thiện những gì có thể được trong chu trình làm việc ở ví dụ 5.3 nhằm nâng cao năng suất.

Ví dụ 5.3 cho ta thấy một số chức năng mà bộ điều khiển của trạm công tác phải thực hiện, đó là:

1. Điều khiển trình tự các hoạt động trong chu trình làm việc,

2. Điều khiển các hoạt động xảy ra đồng thời,

3. Ra quyết định hoạt động tiếp theo dựa trên các tín hiệu nhận được.

Ngoài ra, đối với những trạm công tác phức tạp hơn có thể bộ điều khiển còn cần thêm một số chức năng sau đây:

4. Ra các quyết định logic,

5. Thực hiện các phép tính toán,

6. Xử lý các sự cố đặc biệt như mẻ dao, hỏng máy,...

7. Thực hiện các chu trình bất thường như thay dao định kỳ.

Để có thể thực hiện các chức năng nói trên, bộ điều khiển phải nhận được tín hiệu từ các thành phần trong trạm gửi tới, và phải truyền thông các tín hiệu ấy tới các thành phần khác của trạm. Các tín hiệu đó đều được thực hiện nhờ khóa liên động và cảm biến.

5.8.2. Khóa liên động

Khóa liên động là một phương tiện riêng của điều khiển trạm công tác, có tác dụng ngăn ngừa trình tự của chu trình làm việc cứ tiếp tục nếu một hoặc một nhóm điều kiện nào đó chưa được thỏa mãn. Trong một trạm công tác có rôbôt, tồn tại hai loại khóa liên động: khóa "ra" và khóa "vào". *Khóa ra* là một tín hiệu được phát ra từ bộ điều khiển để đưa tới một máy (hay thiết bị) ngoài, nhằm làm máy vận hành hay không vận hành. Chẳng hạn, ngăn không cho một máy công cụ khởi sự gia công chừng nào bộ điều khiển chưa ra lệnh cho nó. *Khóa vào* là một tín hiệu được đưa đến bộ điều khiển từ một máy (hay thiết bị) ngoài, nhằm quyết định liệu trình tự của chu kỳ làm việc sẽ có được tiếp tục hay không. Ví dụ, ngăn không cho chu trình làm việc được tiếp tục chừng nào máy phát tín hiệu rằng nó chưa gia công xong một vật làm.

5.9. CÁC BỘ CẢM BIẾN RÔBÔT

Đối với một số ứng dụng có rôbôt tham gia, kiểu điều khiển trạm công tác dùng khóa liên động nói ở trên là chưa đủ. Rôbôt phải đảm trách nhiều cảm nhận và nhiều khả năng giống con người nhằm thực thi nhiệm vụ theo cách tốt nhất. Những cảm nhận và khả năng đó bao gồm thị giác và sự phối hợp giữa thị giác và xúc giác (mắt và tay), giữa xúc giác và thính giác. Do đó, chúng ta sẽ chia cảm biến dùng trong rôbôt thành ba loại sau đây:

1. Cảm biến thị giác,

2. Cảm biến xúc giác và cận xúc giác,

3. Cảm biến thính giác.

5.9.1. Cảm biến thị giác

Đây là một trong những lĩnh vực rất được quan tâm trong nghiên cứu rôbôt học. Các hệ hiển thị được máy tính hóa sẽ là một công nghệ quan trọng trong các nhà máy tự động hóa trong tương lai. Thị giác của rôbôt được tạo ra nhờ một camera truyền hình, một nguồn sáng vừa đủ và một máy tính được lập trình để xử lý dữ liệu về hình ảnh. Camera thường được lắp lên rôbôt hoặc một vị trí cố định phía trên rôbôt sao cho thị trường của nó bao quát được mọi hoạt động của rôbôt. Phần mềm máy tính cho phép hệ thống truyền hình nhận biết được sự hiện diện của một đối tượng cùng vị trí và chiều hướng của nó. Khả năng nhìn thấy cho phép rôbôt thực hiện các loại thao tác sau đây:

- Nhặt ra các vật làm đang nằm lộn xộn trên băng chuyền,
- Nhận biết các vật làm cụ thể đang lẫn lộn với các vật thể khác,
- Thực hiện các việc kiểm tra bằng thị giác,
- Thực hiện các nguyên công lắp ráp đòi hỏi sự căn chỉnh.

Tất cả các thao tác nói trên đều đã được thực hiện thành công trong phòng nghiên cứu thí nghiệm. Vấn đề chỉ còn là thời điểm và khả năng tài chính trước khi đưa các cảm biến thị giác vào ứng dụng rộng rãi trong ngành rôbôt học.

5.9.2. Cảm biến xúc giác và cận xúc giác

• *Cảm biến xúc giác* đem lại cho rôbôt khả năng phản ứng lại các lực tiếp xúc giữa nó với các đối tượng trong quá trình làm việc. Có thể chia cảm biến xúc giác làm hai loại:

1. Cảm biến tiếp xúc,
2. Cảm biến ứng suất (còn được gọi là cảm biến lực).

Cảm biến tiếp xúc chỉ được dùng để cho biết rằng có xảy ra tiếp xúc với một vật thể nào đó không. Một vi mạch đơn giản có thể phục vụ cho mục đích của một cảm biến tiếp xúc. Còn *cảm biến ứng suất* là công cụ đo độ lớn của lực tiếp xúc. Các thiết bị đo biến dạng thường được dùng trong cảm biến đo lực.

Rôbôt với khả năng cảm nhận xúc giác thường được dùng nhiều nhất trong các nguyên công lắp ráp và kiểm tra. Trong lắp ráp, rôbôt có thể thực hiện các thao tác căn chỉnh và kết nối những bộ phận mỏng manh tinh xảo. Trong kiểm tra, nhờ khả năng xúc giác của nó, rôbôt có thể thực hiện các phép đo kích thước cùng các hoạt động đo lường khác.

• *Cảm biến cận xúc giác* dùng để nhận biết khi một đối tượng ở gần một đối tượng khác. Khi lắp lên rôbôt, nó thường được đặt gần hoặc ngay tại phần tử chấp hành cuối. Có thể dùng thiết bị cận xúc giác kiểu quang học, bộ dò cận xúc

giác kiểu đồng xoáy, cảm biến từ trường hoặc các thiết bị khác để tạo ra khả năng cảm nhận này.

Trong ngành rôbôt học, cảm biến cận xúc giác có thể giúp phát hiện sự hiện diện hay khiếm diện của một vật làm hay một đối tượng nào đó. Nó cũng khá hữu hiệu trong việc phòng ngừa tổn thương cho người công nhân cùng làm việc với rôbôt trong nhà máy.

5.9.3. Cảm biến thính giác

Một lĩnh vực nghiên cứu khác của ngành rôbôt học là cảm nhận âm thanh hoặc lập trình âm thanh. Có thể định nghĩa lập trình âm thanh là sự truyền thông các lệnh bằng miệng cho rôbôt hoặc cho máy (lập trình âm thanh còn được dùng trong lập trình vật làm NC mà chúng ta đã biết ở mục 3.7). Bộ điều khiển của rôbôt được trang bị một hệ nhận dạng tiếng nói. Hệ này phân tích âm thanh từ đầu vào rồi so sánh với một bộ từ mẫu được trữ sẵn. Khi âm thanh đưa vào khớp với một từ mẫu trữ trong máy thì rôbôt sẽ thực hiện một thao tác tương ứng với từ đó.

Cảm biến thính giác giúp tăng nhanh thủ tục lập trình trong công tác lập trình rôbôt, giống như trong lập trình NC. Đồng thời nó cũng rất hữu hiệu khi được sử dụng trong môi trường làm việc đặc biệt nguy hiểm để thực thi các thao tác đơn độc như bảo trì và sửa chữa. Khi làm việc trong môi trường như thế, rôbôt thường được đặt tại vị trí nguy hiểm và nhận lệnh từ xa để thực hiện những công việc bảo trì, sửa chữa đặc biệt theo cách tuần tự.

Trên đây là một số loại cảm biến thường được dùng trong rôbôt. Để đi sâu hơn về lĩnh vực máy, bạn đọc có thể tham khảo trong các tài liệu chuyên ngành về cảm biến và rôbôt học.

5.10. ĐỘNG HỌC VÀ ĐỘNG LỰC HỌC RÔBÔT

5.10.1. Mở đầu

Động học cánh tay rôbôt liên quan tới việc nghiên cứu hình học của chuyển động cánh tay rôbôt đối với hệ tọa độ quy chiếu cố định mà không xét tới lực (hoặc mômen) gây ra chuyển động ấy. Nói cách khác, động học rôbôt giải quyết việc mô tả theo lối phân tích sự di chuyển của nó trong không gian, với tư cách là một hàm của thời gian - đặc biệt là quan hệ giữa khoảng không gian biến thiên của khớp nối với vị trí và phương chiều của bộ phận chấp hành cuối.

Có hai bài toán cơ bản: Bài toán động học thuận (hay còn gọi là bài toán động học trực tiếp) và bài toán động học nghịch. Nếu đã biết vị trí tất cả các

khớp nối và tất cả các khâu của cánh tay rôbôt thì có thể tính ra vị trí của đầu mút cánh tay đó trong không gian. Đây được gọi là bài toán động học trực tiếp (thuận). Còn khi đã cho biết vị trí và phương chiều mong muốn của điểm mút cánh tay rôbôt trong không gian, cần xác định vị trí thích hợp của các khâu và khớp của nó thì đó được gọi là bài toán động học ngược.

Các phép toán đại số ma trận và giải tích vectơ thường được dùng để mô tả và thể hiện vị trí các khâu của cánh tay rôbôt so với một hệ quy chiếu cố định. Do các khâu tạo nên cánh tay rôbôt có thể quay hay dịch chuyển (hoặc cả hai) đối với hệ tọa độ quy chiếu (hệ tọa độ thế giới thực), vì thế một hệ tọa độ gắn liền với khớp sẽ được thiết lập dựa theo trục bản lề của mỗi khâu. Nói chung bài toán động học thuận rất cuộc là tìm ra ma trận dịch chuyển thể hiện mối quan hệ giữa tọa độ của khớp nối so với hệ tọa độ quy chiếu cố định.

Các rôbôt dựa trên máy tính thường được điều khiển trợ động (servo) trong không gian động của khớp nối, còn các vật thể mà rôbôt thao tác trên đó thì thường được xác định trong hệ tọa độ vật làm hay thế giới thực. Để điều khiển vị trí và phương chiều của bộ phận chấp hành cuối gắn vào cổ tay rôbôt nhằm đạt tới một đối tượng mong muốn, thì cần giải bài toán động học ngược để thu được góc khớp nối tương ứng. Nói cách khác, khi đã biết vị trí, phương chiều của bộ phận chấp hành cuối gắn trên cánh tay sáu trục, và đã biết các thông số về khâu và khớp của nó, thì chúng ta sẽ có nhu cầu tìm ra các góc tương ứng của khớp nối sao cho bộ phận chấp hành cuối được định vị như mong muốn.

5.10.2. Bài toán cơ bản: Phép dịch chuyển và phép quay

Phép dịch chuyển một vectơ từ hệ tọa độ này sang hệ tọa độ khác thường được thực hiện bằng cách lấy ma trận thể hiện các dịch chuyển tuyến tính của hai hệ tọa độ ấy nhân với ba trục chính.

Phép quay được thực hiện bởi các ma trận quay trong hệ tọa độ điều hòa.

Các ma trận thực hiện các dịch chuyển tuyến tính hoặc các phép quay một góc θ quanh một trong ba trục x, y, z và đã được trình bày trong [5].

Các ma trận dịch chuyển được sử dụng ở đây là $T_{1w}, T_{2w}, T_{3w}, T_{4w}$. Để dịch chuyển một điểm P , ta có:

$$P' = TP.$$

với P và P' là vectơ cột:
$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \text{ và } \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Ví dụ 5.4. Giả sử có vectơ $A = 5i + 2j + 4k$ trong không gian. Hãy tìm vectơ mới tạo ra do dịch chuyển A một lượng $2i + 2j + 2k$, quay quanh trục X một góc -90° , rồi quay quanh trục z một góc $+90^\circ$.

- Ma trận của phép quay quanh trục Z :

$$T_{zo} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Ma trận của phép quay quanh trục X :

$$T_{xo} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Ma trận của phép dịch chuyển trong không gian:

$$T_{to} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

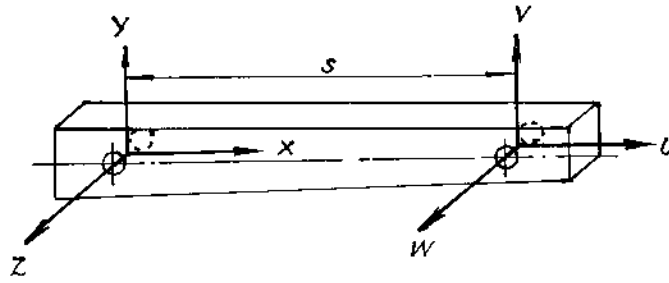
- Ma trận của vectơ mới tạo ra:

$$\begin{aligned} A' &= T_{zo} T_{xo} T_{to} A = \\ &= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5 \\ 2 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -6 \\ 7 \\ -4 \\ 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

- Vậy vectơ sau khi chuyển đổi sẽ là: $A' = -6i + 7j - 4k$.

5.10.3. Các hệ tọa độ của rôbôt

Xét cánh tay dưới của rôbôt như ở hình 5.13. Chúng ta sẽ thiết lập hai hệ tọa độ cho cánh tay này: một hệ liên quan với khớp vai và hệ kia liên quan với khớp khuỷu tay, lần lượt được gọi là $X - Y - Z$ và $U - V - W$ như được thể hiện hình 5.13. Chúng ta sẽ tìm cách tính ma trận chuyển đổi $[L]$, là ma trận dịch chuyển vị trí của một điểm từ hệ tọa độ này sang hệ tọa độ kia.



Hình 5.13. Cánh tay dưới của rôbôt.

Quan sát hình 5.13, ta thấy phép chuyển đổi này chính là phép dịch chuyển tuyến tính. Khoảng giữa hai gốc tọa độ là s . Dạng sinh của một ma trận dịch chuyển là:

$$T_{to} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta x \\ 0 & 1 & 0 & \Delta y \\ 0 & 0 & 1 & \Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này $\Delta x = s$, $\Delta y = \Delta z = 0$, do vậy ma trận dịch chuyển từ $U - V - W$ tới $X - Y - Z$ sẽ là

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & s \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

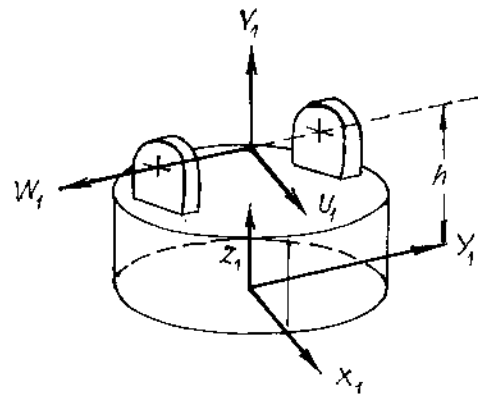
Nói cách khác, một điểm P trong tọa độ $U - V - W$ có thể được dịch chuyển tới tọa độ $X - Y - Z$ như sau:

$$P_{x-y-z} = T P_{u-v-w}$$

Chẳng hạn, nếu P_{u-v-w} là

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ thì } P_{x-y-z} \text{ sẽ là:}$$

$$P_{x-y-z} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & s \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+s \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$



Hình 5.14. Bộ rôbôt.

Một phép chuyển đổi quan trọng khác cũng thường xảy ra tại thất lưng rôbôt như được thể hiện ở hình 5.14. Chúng ta hãy thiết lập hai hệ tọa độ cho thân rôbôt và đặt tên cho hai hệ đó là

$(X - Y - Z)_1$ và $(U - V - W)_1$. Nghiên cứu hình 5.14, ta thấy rằng mỗi quan hệ giữa $(X - Y - Z)_1$ và $(U - V - W)_1$ gồm có hai phép chuyển đổi, đó là: (1) - dịch chuyển một lượng h dọc trục Z_1 và (2). Quay 90° quanh trục X_1 . Dựa theo kết quả trình bày ở phần trên, ta thiết lập các ma trận sau đây:

$$T_{x_0} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad T_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ma trận chuyển đổi T sẽ là kết quả phép nhân hai ma trận nói trên, tức là:

$$T = T_{x_0} T_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Làm thế nào để xác nhận phép chuyển đổi trên là đúng? Chúng ta biết rằng, định thức của phép chuyển đổi một vật thể cứng cho kết quả là 1. Và định thức của T là $\det [T]$

Rõ ràng $\det [T] = 0 - (-1) = 1$. Ta cũng biết rằng nếu $\det [x] < > 1$ thì phép chuyển đổi đó bị biến dạng, còn nếu $\det [x] = -1$ thì chứng tỏ phép chuyển đổi đó bị sai.

5.10.4. Các công thức sinh trong phép chuyển đổi tọa độ

Ở trên chúng ta vừa xây dựng một số hệ tọa độ cho các phần tử của rôbôt. Sau đây sẽ xét tới một hệ rôbôt hoàn chỉnh. Để làm việc đó, chúng ta sử dụng hai phép biểu diễn ma trận sinh thể hiện hai kiểu ma trận:

- L là ma trận khâu, thể hiện vị trí của các khớp nối trên một vật thể.
- J là ma trận khớp, thể hiện vị trí tương đối hoặc chiều, hướng giữa các khớp với nhau,

trong đó bắt buộc:

L phải là một ma trận dịch chuyển;

J có thể là một ma trận dịch chuyển hoặc là một ma trận dịch chuyển quay.

Dạng tổng quát nhất của phép chuyển đổi tọa độ từ đầu cuối dụng cụ (end - of - tool) tới một hệ tọa độ toàn cục (global) là:

$$O = T L_B J_w L_1 J_S L_2 J_E L_3 J_P L_4 J_R L_5 J_Y L_{TOOL}, \quad (5.1)$$

trong đó X_G, Y_G, Z_G và X_T, Y_T, Z_T lần lượt là phép biểu diễn hệ tọa độ toàn cục và phép biểu diễn hệ tọa độ dụng cụ;

T - ma trận chuyển đổi từ tọa độ nền (bệ đỡ) tới tọa độ toàn cục;

L_B - ma trận chuyển đổi của khâu bệ - thân cho biết khớp thứ nhất (khớp thắt lưng) ở đâu;

J_W - ma trận chuyển đổi của khớp thắt lưng;

L_1 - ma trận chuyển đổi của khâu thắt lưng - vai, cho biết khớp thứ hai (khớp vai) ở đâu;

J_S - ma trận chuyển đổi của khớp vai;

L_2 - ma trận chuyển đổi của khâu cánh tay dưới, cho biết khớp thứ ba (khớp khuỷu tay) ở đâu;

J_E - ma trận chuyển đổi của khớp khuỷu tay;

L_3 - ma trận chuyển đổi khâu cánh tay trên, cho biết khớp thứ tư (khớp đầu cổ tay) ở đâu;

J_P - ma trận chuyển đổi khớp đầu cổ tay;

L_4 - ma trận chuyển đổi của khâu đầu cổ tay, cho biết khớp cuộn (lăn) ở đâu;

J_R - ma trận chuyển đổi của khớp cuộn (lăn);

L_5 - ma trận chuyển đổi của khâu cuộn - vẫy, cho biết khớp vẫy ở đâu;

J_Y - ma trận chuyển đổi của khớp vẫy;

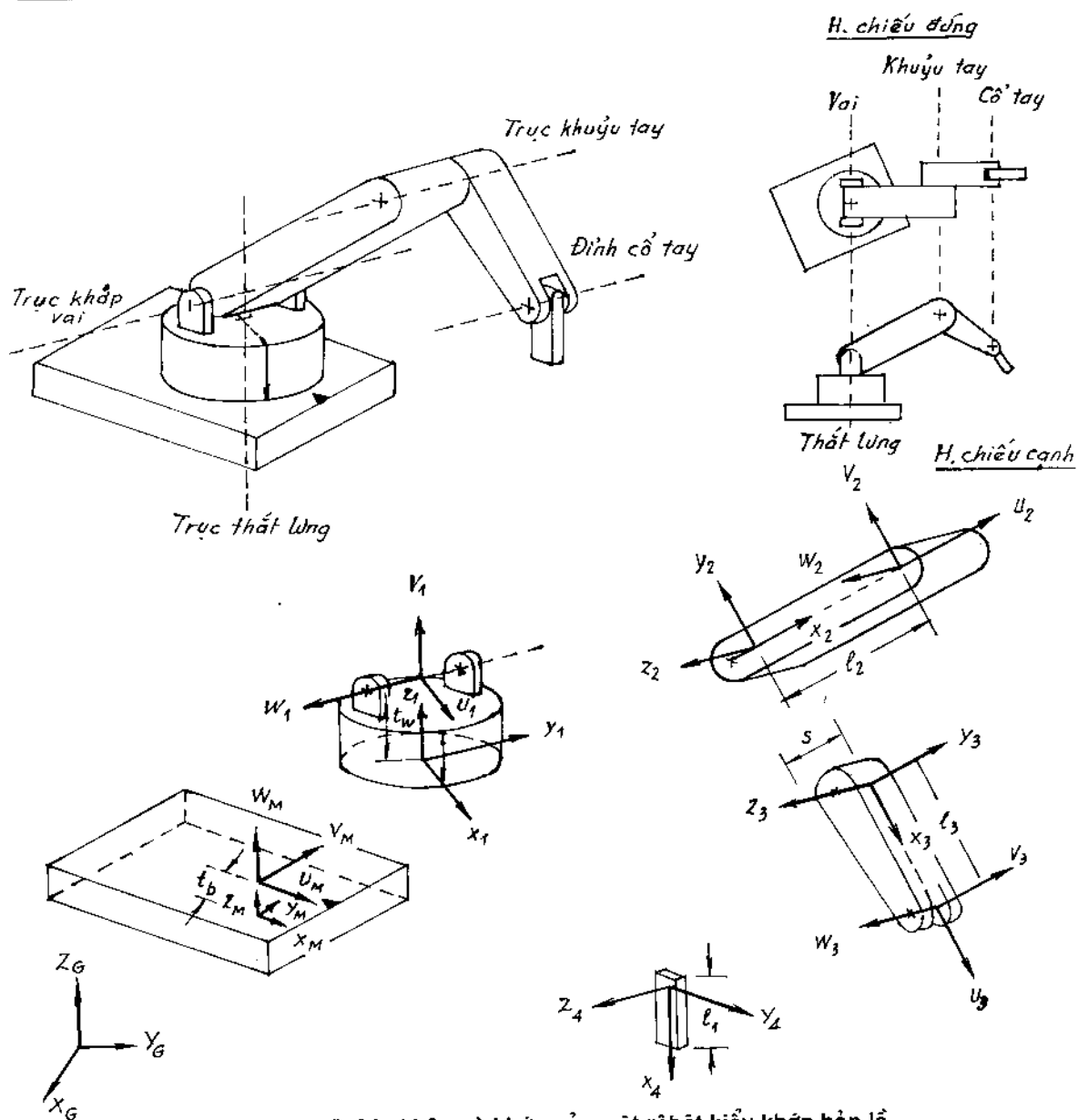
L_{TOOL} - ma trận chuyển đổi của khâu đầu cuối dụng cụ (end-of-tool) cho biết điểm cuối dụng cụ ở đâu.

Để thiết lập các hệ tọa độ cho rôbôt, cần tuân thủ các quy tắc sau đây:

1. Luôn luôn sử dụng hệ tọa độ theo quy tắc bàn tay phải;
2. Các trục Z và W phải được liên kết với trục chuyển động;
3. Xây dựng hai hệ tọa độ cho từng vật thể (khâu);
4. Xây dựng hai hệ tọa độ cho từng khớp.

Hình 5.15 giới thiệu mô hình một rôbôt kiểu khớp với bốn khâu cứng (vật thể cứng) riêng biệt: bệ đỡ, thân (thắt lưng), cánh tay dưới và cánh tay trên. Các phép biểu diễn tọa độ cũng được chỉ ra trên hình 5.15. Căn cứ vào dạng tổng quát của phép chuyển đổi tọa độ và vào cấu hình của rôbôt đã cho, ta có các ma trận chuyển đổi như sau:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_t \\ 0 & 1 & 0 & y_t \\ 0 & 0 & 1 & y_t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad L_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & t_b \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Hình 5.15. Các khâu và khớp của một rôbôt kiểu khớp bản lề.

$$J_W = \begin{bmatrix} c\alpha & -s\alpha & 0 & 0 \\ s\alpha & c\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad L_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & t_w \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$J_S = \begin{bmatrix} c\beta & -s\beta & 0 & 0 \\ s\beta & c\beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad L_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \ell_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$J_E = \begin{bmatrix} c\gamma & -s\gamma & 0 & 0 \\ s\gamma & c\gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -s \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad L_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$J_P = \begin{bmatrix} c\eta & -s\eta & 0 & 0 \\ s\eta & c\eta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad L_{TOOL} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ý nghĩa của các ký hiệu được dùng ở đây như sau:

$$\begin{array}{llll} c\alpha = \cos\alpha & c\beta = \cos\beta & cr = \cos r & c\eta = \cos\eta \\ s\alpha = \sin\alpha & s\beta = \sin\beta & sr = \sin r & s\eta = \sin\eta \end{array}$$

α - góc quay của khớp thắt lưng;

β - góc quay của khớp vai;

γ - góc quay của khớp khuỷu tay;

x_t - độ dịch chuyển X giữa bộ đỡ và gốc toàn cục;

y_t - độ dịch chuyển Y giữa bộ đỡ và gốc toàn cục;

z_t - độ dịch chuyển Z giữa bộ đỡ và gốc toàn cục;

t_b - chiều dày bộ đỡ;

t_w - chiều dày thắt lưng;

l_2 - chiều dài cánh tay dưới;

l_3 - chiều dài cánh tay trên;

s - phần chia theo trục z tại khớp khuỷu tay;

l_t - chiều dài dụng cụ

η - góc quay của khớp đầu cổ tay.

Ma trận chuyển đổi từ hệ tọa độ đầu mút dụng cụ tới hệ tọa độ toàn cục, cuối cùng sẽ là:

$$O = T L_B J_w J_1 L_2 J_E L_3 J_P L_{TOOL}$$

Ví dụ 5.5. Sử dụng rôbôt như ở hình 5.15. Giả sử khớp thắt lưng quay 90° , khớp vai quay 90° , khớp khuỷu tay quay 0° , độ dịch chuyển X, Y, Z giữa bộ đỡ và gốc toàn cục là 0, 0, 0, cho chiều dày bộ đỡ là 5 in, chiều dày thắt lưng là 10 in, phần chia theo trục Z là 2 in, chiều dài cánh tay dưới là 12 in và chiều dài cánh tay trên là 8 in; đồng thời cho vị trí một điểm có tọa độ (5, 5, 5) đối với hệ tọa độ (U_3, V_3, W_3). Tìm vị trí của điểm đó so với hệ tọa độ toàn cục.

Với dữ liệu đã cho, ta có các ma trận chuyển đổi như sau:

$$[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[L_B] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[J_W] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[L_1] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[J_S] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[L_2] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[J_E] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[L_3] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[J_P] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[L_{TOOL}] = \begin{bmatrix} 5 \\ 5 \\ 5 \\ 1 \end{bmatrix}; \quad [O] = \begin{bmatrix} -21 \\ -5 \\ 18 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Chú ý: Thực hiện phép nhân ma trận lần lượt từ phải sang trái. Kết quả cho thấy điểm đã cho sẽ có vị trí mới trong hệ tọa độ toàn cục là $(-21, -5, 18)$.

5.10.5. Động lực học cánh tay rôbôt

Động lực học cánh tay rôbôt mặt khác lại có liên quan với vấn đề xây dựng các phương trình mô tả chuyển động của nó. Đặc biệt, động lực học liên quan với việc sử dụng thông tin về tải trọng tại một cánh tay rôbôt để điều chỉnh hoạt động servo (servo) nhằm đạt tới hiệu năng công tác tối ưu. Thông tin nói trên bao gồm quán tính, ma sát, trọng lượng, tốc độ và gia tốc. Các phương trình động lực học của chuyển động của một cánh tay rôbôt là một tập hợp phương trình toán học mô tả cách ứng xử của bộ điều khiển. Việc xây dựng phương trình toán học như vậy sẽ tạo cơ sở cho phép mô phỏng trên máy tính về chuyển động của cánh tay rôbôt, cho việc xây dựng các phương trình điều khiển thích hợp đối với một cánh tay rôbôt, và cho việc đánh giá về cấu trúc và thiết kế động học của rôbôt.

Trong mục này chúng ta sẽ xem xét vấn đề động lực học của cánh tay rôbôt kiểu $\theta - r$ như ở hình 5.16. Cánh tay rôbôt kiểu này gồm có ba bộ phận: thân với chiều dài cố định, bộ phận kéo dài được và bộ phận kẹp hàng. Gọi khối lượng của bộ phận thân là m_1 , của bộ phận kéo dài được cộng với tải trọng là m_2 . Tọa độ Đề các của khối lượng m_1 là:

$$x_1 = r_1 \cos \theta, \quad (5.2)$$

$$y_1 = r_1 \sin \theta. \quad (5.3)$$

Tốc độ trong hệ tọa độ Đề các có được bằng cách lấy đạo hàm theo thời gian hai phương trình (5.2) và (5.3):

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_1 &= -r_1 \sin \theta \dot{\theta} \\ \dot{y}_1 &= r_1 \cos \theta \dot{\theta} \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

Môđun của vectơ tốc độ được biểu diễn dưới dạng:

$$\begin{aligned} V_1^2 &= \dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2 = r_1^2 \sin^2 \theta \dot{\theta}^2 + r_1^2 \cos^2 \theta \dot{\theta}^2 = \\ &= r_1^2 \dot{\theta}^2 (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) = r_1^2 \dot{\theta}^2 \end{aligned} \quad (5.5)$$

Động năng của m_1 là:

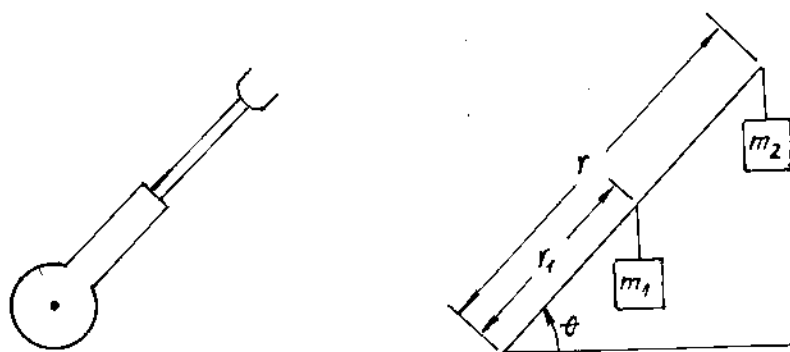
$$K_1 = 0,5 m_1 (r_1^2 \dot{\theta}^2) \quad (5.6)$$

Tương tự, động năng của m_2 là:

$$K_2 = 0,5 m_2 (\dot{r}^2 + r^2 \dot{\theta}^2) \quad (5.7)$$

Tổng động năng của cánh tay rôbôt là:

$$K = K_1 + K_2 = 0,5 m_1 (r_1^2 \dot{\theta}^2) + 0,5 m_2 (\dot{r}^2 + r^2 \dot{\theta}^2). \quad (5.8)$$



Hình 5.16. Sơ đồ cánh tay rôbôt kiểu $\theta - r$.

Thế năng là:

$$P = m_1 g r_1 \sin \theta + m_2 g r \sin \theta, \quad (5.9)$$

trong đó g - gia tốc trọng trường.

Năng lượng Lagrăng trong trường hợp này là:

$$L = 0,5 m_1 (r_1^2 \dot{\theta}^2) + 0,5 m_2 (\dot{r}^2 - r^2 \dot{\theta}^2) - m_1 g r_1 \sin \theta - m_2 g r \sin \theta \quad (5.10)$$

Mômen xoắn do bộ khối động quay tạo ra là:

$$T_0 = m_1 m_1 r_1^2 \ddot{\theta} + m_2 r^2 \ddot{\theta} + 2 m_2 r \dot{r} \dot{\theta} + g \cos \theta (m_1 r_1 + m_2 r_2) \quad (5.11)$$

Lực đo bộ khối động tịnh tiến tạo ra là:

$$F_r = m_2 \ddot{r} - m_2 r \dot{\theta}^2 + m_2 g \sin \theta \quad (5.12)$$

Như vậy chúng ta đã thiết lập xong một số phương trình động lực học đối với cánh tay kiểu $\theta - r$. Các thông tin về thực trạng động lực học của một cánh tay rôbot là rất cần thiết cho một trong những ứng dụng sau đây:

- *Thiết kế cánh tay rôbot*: Người thiết kế cánh tay rôbot thường muốn thu được các số liệu về hình học của cánh tay cần thiết kể cùng các ước lượng về khối lượng, tải trọng, v.v... cũng như muốn mô phỏng hiệu năng động lực của cánh tay đó.
- *Lập sơ đồ quỹ đạo*: Các kỹ thuật điều khiển quỹ đạo (đường đi) cơ bản giúp cho người lập trình rôbot một công cụ đắc lực để lập quỹ đạo mong muốn cho rôbot. Tuy nhiên, khi rôbot chuyển động, lấy đà và tăng tốc thì những hiệu ứng động lực học có thể phát sinh khiến cho quỹ đạo của nó lệch khỏi sơ đồ đã lập. Mô phỏng quỹ đạo trên cơ sở xem xét mô hình động lực học thường được dùng vào việc đánh giá trường hợp xấu nhất của những sai lệch quỹ đạo ở những tốc độ cao.
- *Điều khiển thời gian thực*: Chúng ta biết rằng không một lựa chọn đơn lẻ nào về các lợi ích của servo (servo) đều là đúng đắn để đem đến một hiệu năng tốt nhất của rôbot. Với mô hình động lực học của cánh tay, chúng ta hoàn toàn có thể đạt tới một sự điều khiển tối ưu cho vấn đề này, bởi vì lúc đó chúng ta có thể mô tả tương tác của các khớp nối với nhau.

Tóm lại, với kiến thức về động học và động lực học, người ta có thể điều khiển bộ khối động cánh tay để thực hiện một tác vụ mong muốn theo một quỹ đạo mong muốn. Việc lập sơ đồ quỹ đạo và điều khiển chuyển động là những vấn đề khá thú vị và quan trọng vì đây là những vấn đề liên quan tới cấp độ tự động và thông minh của rôbot.

5.11. KHẢ NĂNG NHÌN THẤY CỦA MÁY TÍNH

Khả năng nhìn thấy của máy tính (computer vision) là phần không thể thiếu được trong một hệ thống có rôbôt thông minh. Giống như với con người, khả năng nhìn thấy (khả kiến) trao cho rôbôt một cơ chế cảm nhận phức tạp, cho phép máy tính đáp ứng lại những thay đổi trong môi trường của nó theo một phương cách linh hoạt và thông minh. Việc sử dụng khả năng nhìn thấy và các hệ thống cảm nhận khác được kích thích bởi nhu cầu ngày càng tăng về việc nâng cao tính linh hoạt và về mở rộng lĩnh vực ứng dụng của các hệ thống có rôbôt tham gia. Dẫu rằng các cảm nhận lực, tiếp xúc, hoặc cận tiếp xúc đều đóng một vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu năng công tác của rôbôt, nhưng khả năng nhìn thấy vẫn được coi là lợi thế mạnh nhất trong các khả năng nhận biết của rôbôt.

Có thể định nghĩa khả năng nhìn thấy của rôbôt là quá trình trích xuất, mô tả đặc điểm và thông dịch thông tin từ các hình ảnh của thế giới ba chiều. Quá trình đó nói chung cũng có thể chia nhỏ thành sáu lĩnh vực chủ yếu:

1. Cảm nhận,
2. Tiền xử lý,
3. Phân đoạn,
4. Miêu tả,
5. Nhận dạng,
6. Thông dịch.

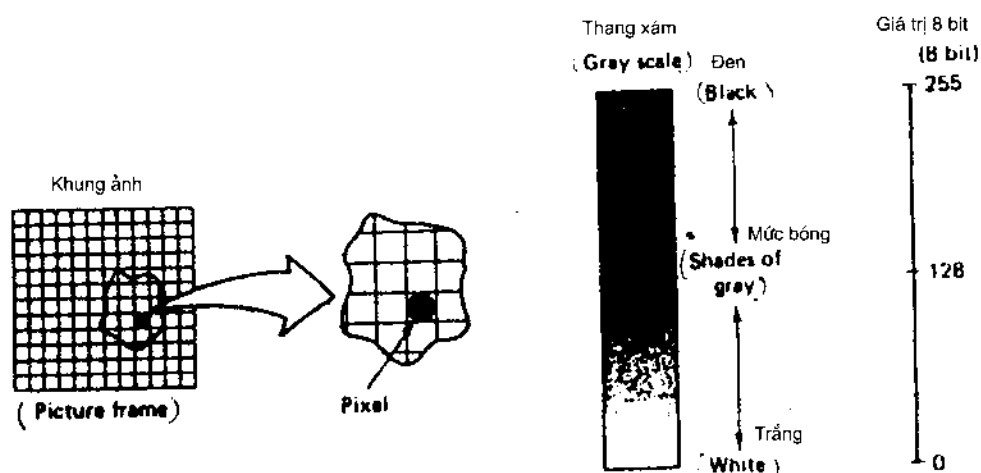
Để thuận tiện hơn, sáu lĩnh vực nêu trên lại được gộp lại thành nhóm theo độ phức tạp có liên quan khi thực thi chúng. Người ta có thể xem xét ba mức xử lý: khả kiến mức thấp, mức trung bình và mức cao. Mặc dù không có ranh giới rõ ràng giữa ba mức nói trên, nhưng chúng cũng cho ta một cái sườn hữu ích để phân loại các quá trình khác nhau vốn gắn liền với các bộ phận cấu thành của một hệ thống máy khả kiến.

Trong mục này, khả năng nhìn thấy (khả kiến) của rôbôt được chia ra thành ba nhiệm vụ cơ bản: chuyển đổi hình ảnh, phân tích hình ảnh và hiểu rõ (nhận thức) hình ảnh. Chuyển đổi hình ảnh liên quan tới việc chuyển đổi các hình ảnh dưới dạng ánh sáng (quang ảnh) thành các tín hiệu điện tử mà máy tính có thể sử dụng được. Một khi quang ảnh được chuyển đổi sang hình ảnh điện tử thì có thể phân tích nó để trích xuất thông tin hình ảnh thành các cạnh, các vùng, các biên giới, màu sắc và mẫu kết cấu của đối tượng (hình ảnh) đó. Quá trình này được gọi là phân tích hình ảnh. Quá trình cuối cùng và cũng là quá trình khó khăn nhất trong khả năng nhìn thấy của rôbôt là ở chỗ một khi hình ảnh đã được phân tích thì một hệ thống khả kiến phải thông dịch được hình ảnh ấy thể hiện gì về mặt thông tin liên quan đến môi trường của nó. Đây được gọi là "hiểu rõ hình ảnh", hay "nhận thức hình ảnh".

5.11.1. Phép chuyển đổi hình ảnh

Chuyển đổi hình ảnh là quá trình số hóa về mặt điện tử các hình ảnh ánh sáng (quang ảnh) bằng cách sử dụng các thiết bị ảnh. Một thiết bị ảnh được đặt ở đầu đối diện của một hệ khả kiến, hệ này hoạt động như là một bộ biến năng (transducer) hình ảnh nhằm chuyển đổi quang năng thành điện năng. Ở con người, thiết bị ảnh là con mắt. Còn đối với một hệ khả kiến thì thiết bị ảnh là một camera, ma trận điốt quang (photodiode array), ma trận thiết bị nhớ CCD (Charge-Coupled Device), hoặc ma trận thiết bị nhớ CID (Charge-Injection Device).

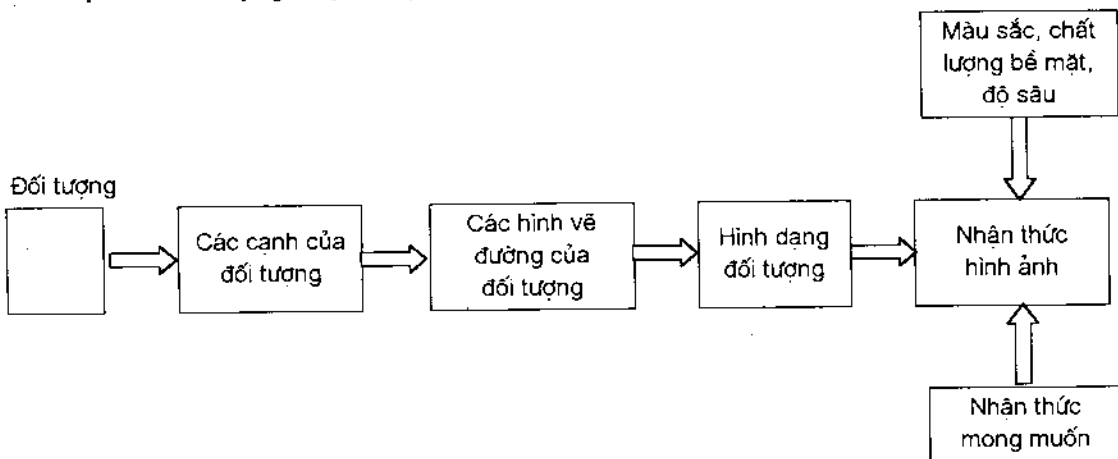
Đầu ra của thiết bị ảnh là một tín hiệu analog liên tục, tỷ lệ với lượng ánh sáng phản chiếu từ hình ảnh (đối tượng). Để hình ảnh phân tích được bằng máy tính, tín hiệu analog phải được chuyển đổi và lưu trữ ở dạng số. Đến đây, một ma trận ảnh chữ nhật được chia thành các vùng nhỏ li ti, gọi là các yếu tố hình ảnh (pixel). Hình 5.17 minh họa ý tưởng nói trên. Với ma trận điốt quang hoặc ma trận thiết bị nhớ CCD thì số pixel sẽ bằng số điốt quang hoặc số thiết bị nhớ CCD. Cách sắp xếp các pixel cho ta một lưới gồm các mẫu để phục vụ cho thiết bị ADC (Analog - to - Digital Converter). Tại mỗi pixel, tín hiệu analog được lấy mẫu và chuyển đổi thành giá trị số. Với ADC loại 8 bit, giá trị của pixel sẽ được chuyển đổi thành một trong các số từ 0 đến 255 (0 tương ứng với màu trắng, 255 tương ứng với màu đen). Mỗi mức bóng (shade) khác nhau của thang xám được thể hiện bởi một giá trị nằm giữa hai biên 0 và 255 này. Khi các pixel đã được chuyển đổi thành các giá trị tương ứng thì chúng được lưu trữ trong một ma trận nhớ, gọi là ma trận ảnh.



Hình 5.17. Một khung ảnh được chia thành các pixel, để chuyển sang các giá trị của thang xám (gray - scale).

5.11.2. Phân tích hình ảnh

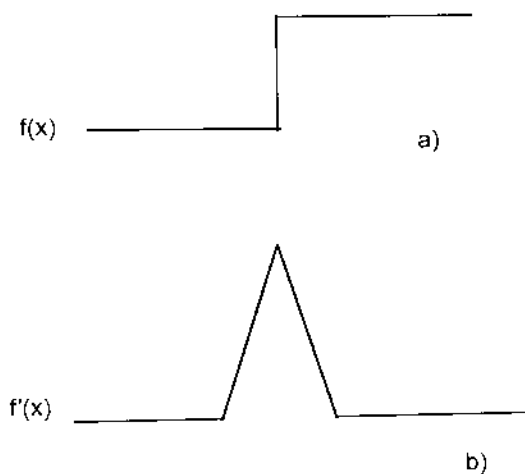
Một máy tính cần phải định vị các cạnh của một đối tượng nhằm xây dựng nên các hình vẽ của đối tượng ấy trong một bối cảnh nhất định. Các hình vẽ về đường thẳng cho ta cơ sở để hiểu hình ảnh, vì chúng xác định hình dáng của các đối tượng cấu thành bối cảnh. Do vậy lý do cơ bản phải tìm ra các cạnh là ở chỗ chúng dẫn đến các hình vẽ đường thẳng, mà các hình vẽ đường thẳng lại dẫn đến các hình vẽ hình dáng, từ đó dẫn đến hiểu rõ hình ảnh. Hình 5.18 mô tả trình tự của tác động dây chuyền này.



Hình 5.18. Các cạnh đưa đến các hình vẽ đường, các hình vẽ đường đưa đến các hình vẽ hình dáng, từ đó đưa đến hiểu rõ (nhận thức) hình ảnh.

1. Phát hiện các cạnh:

Thường cạnh được biểu diễn dưới dạng các điểm mà sự chênh lệch về giá trị của mức xám trong một ma trận hình ảnh đã được làm trơn (suôn) là lớn nhất. Để được sáng tỏ, hãy xét hình 5.19, trong đó hình 5.19a là hàm mật độ của mức xám và hình 5.19b là đạo hàm của hàm mật độ. Từ phép tính vi phân đồ thị, chúng ta biết rằng độ nghiêng của một cạnh nhảy bậc sẽ tiến tới vô hạn như được minh họa trên hình vẽ. Bằng cách vận dụng ý tưởng này, tất cả những gì chúng ta phải làm là tính toán đạo hàm cấp một giữa các giá trị lân cận nhau



Hình 5.19. Một bước nhảy lý tưởng (a) có đạo hàm bậc nhất tiến tới vô hạn (b).

chúng ta phải làm là tính toán đạo hàm cấp một giữa các giá trị lân cận nhau

của thang xám mà ta thường gọi là *gradient*. Phương pháp này được gọi là phép lấy vi phân pixel.

Một mạch vi sai pixel phải vận hành trên ma trận hình ảnh mức xám được lưu trữ trong bộ nhớ (RAM). Đến đây, một câu hỏi hiển nhiên được đặt ra là lấy vi phân một hình ảnh số như thế nào? Nhân tử Roberts cho ta một phép xấp xỉ khá tốt về đạo hàm bậc nhất - hoặc gradient, của một hình ảnh số. Nhân tử Roberts được xác định như sau:

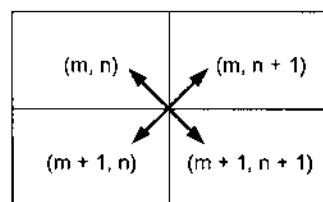
$$R(m, n) = \{[i(m+1, n+1) - i(m, n)]^2 + [i(m, n+1) - i(m+1, n)]^2\}^{1/2} \quad (5.13)$$

trong đó $i(m, n)$ mật độ ảnh của pixel (m, n) .

Như được minh họa ở hình 5.20, toán tử được áp vào các pixel đường chéo trong cửa sổ 2×2 của một ma trận ảnh đơn lẻ. Để cụ thể hãy xét ví dụ 5.6.

Ví dụ 5.6. Hãy thiết lập ma trận gradient, nếu đã biết ma trận ảnh như sau:

$$\begin{bmatrix} 9 & 9 & 9 & 3 \\ 9 & 7 & 5 & 3 \\ 9 & 5 & 4 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$



Hình 5.20. Một cửa sổ 2×2 cần thiết cho nhân tử Roberts.

Bằng cách áp dụng nhân tử Roberts vào cửa sổ pixel 2×2 trong ma trận đã cho, ta thu được ma trận gradient sau đây:

$$\begin{bmatrix} 2.0 & 4.5 & 6.3 & x \\ 4.5 & 3.0 & 2.2 & x \\ 6.3 & 2.2 & 1.0 & x \\ x & x & x & x \end{bmatrix}$$

2. Tạo ngưỡng: Chức năng của tạo ngưỡng là để quyết định xem những phần tử nào của ma trận ảnh đã lấy vi phân sẽ được cân nhắc là những cạnh hay không? Các cạnh được tìm ra bằng cách áp dụng nhân tử Roberts vào từng giá trị mật độ rồi so sánh độ xấp xỉ gradient thu được, $R(m, n)$, với một mức ngưỡng, T . Một cạnh được coi là hiện hữu nếu gradient lớn hơn T . Không cần nói ai cũng biết việc lựa chọn mức ngưỡng T là rất quan trọng. Trong quá trình tạo ngưỡng, ma trận đã lấy vi phân (gradient) được hoán chuyển thành ma trận hình ảnh kiểu nhị phân như sau:

Nếu giá trị của nhân tử Roberts vượt quá mức ngưỡng đối với một pixel đã cho, thì phần tử của ma trận đó được gán giá trị 1; ngược lại sẽ được gán giá trị 0.

Ví dụ 5.7: Sử dụng ma trận gradient thu được ở ví dụ 5.6, hãy thiết lập ma trận nhị phân, nếu mức ngưỡng được lấy là 4.

Giá trị một pixel được lấy là 1 nếu giá trị nhân tử Roberts lớn hơn 4, ngược lại sẽ được lấy là 0. Do vậy ta có:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & x \\ 1 & 0 & 0 & x \\ 1 & 0 & 0 & x \\ x & x & x & x \end{bmatrix}$$

Các đường thẳng sẽ được nhận biết từ ma trận nhị phân đã được tạo ngưỡng này. Một số phương pháp thông dụng để tìm các đường từ ma trận đỉnh - cạnh là: ghi vết, so khớp mô hình và so khớp mẫu.

5.11.3. Nhận thức hình ảnh

Nhiệm vụ cuối cùng của bài toán khả kiến của rôbôt là thông dịch thông tin thu được qua quá trình phân tích hình ảnh. Đây được gọi là "nhận thức hình ảnh" hay "*năng lực tri giác của máy*".

Phần lớn các nghiên cứu về nhận thức hình ảnh tập trung vào "thế giới khối". Thế giới khối (khối) cho rằng các hình ảnh thế giới thực có thể phá vỡ ra và mô tả bằng các solid chữ nhật và tam giác 2 - D. Một số chương trình nhận thức hình ảnh trên cơ sở trí tuệ nhân tạo (AI - based) - là những chương trình có thể thông dịch các hình ảnh thế giới thực, đã được viết thành công dưới quan điểm thế giới khối này.

BÀI TẬP CHƯƠNG 5

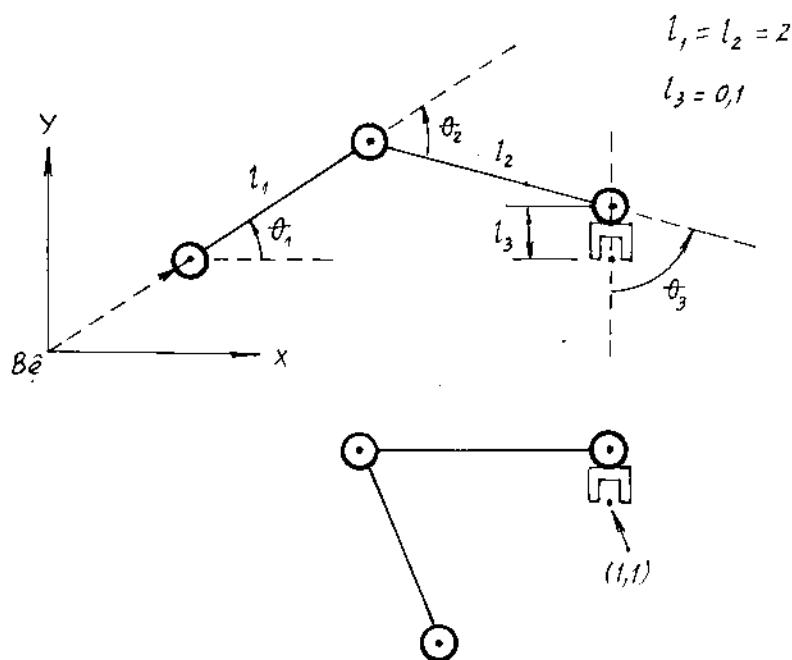
- 5.1. Một trong các trục của rôbôt là một cánh tay kiểu kính viễn vọng, có khoảng hoạt động là 0,7 m. Bộ nhớ điều khiển của rôbôt có dung lượng nhớ 12-bit dành cho trục này. Hãy xác định độ phân giải điều khiển của rôbôt đối với trục đó.
- 5.2. Cánh tay kiểu kính viễn vọng của một rôbôt công nghiệp có chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng nhờ quay quanh một trục nằm ngang. Phạm vi quay được là 120° . Rôbôt có dung lượng nhớ 12-bit dành cho trục chuyển động này. Hãy xác định độ phân giải điều khiển của rôbôt dành cho trục đó, tính theo độ.
- 5.3. Giả sử trong bài tập 5.2, khi cánh tay kiểu kính viễn vọng của rôbôt duỗi hết, thì chiều dài đo được 1,1 m tính từ điểm quay. hãy xác định độ phân giải điều khiển của rôbôt tại vị trí duỗi hết này, tính theo đơn vị chiều dài.
- 5.4. Như bài tập 5.1, nhưng a) dùng dung lượng nhớ 8-bit; b) dùng dung lượng nhớ 16-bit.
- 5.5. Một rôbôt lớn, tọa độ Đềcác, vận hành bằng thủy lực, có một thanh trượt vuông góc, có tổng phạm vi hoạt động là 1,2 m. Theo thuyết minh kỹ thuật về độ chính xác chuyển động của rôbôt thì nó có độ phân giải điều khiển đối với thanh trượt này là 0,5 mm. Hãy xác định số bit nhớ mà bộ nhớ điều khiển của rôbôt cần phải có để đảm bảo độ chính xác đã cho.
- 5.6. Sử dụng các từ khóa lập trình của ngôn ngữ VAL cho ở bảng 5.2, hãy viết một chương trình để điều khiển rôbôt nhặt các vật làm từ một vị trí cố định trên băng chuyền (dùng cơ cấu dùng cơ khí để định vị vật làm tại một vị trí đã cho) rồi đặt các vật làm đó vào hộp các-tông cao 127 mm. Mỗi hộp đựng hai vật làm. Các hộp rỗng được đưa đến rôbôt trên một băng chuyền kiểu chạy - dừng. Sau đó băng chuyền chạy qua máy đóng nắp và gắn dấu niêm phong. Trước khi bắt tay viết chương trình, hãy vẽ phác hình chiếu bằng của trạm gia công. Giả sử một rôbôt kiểu PUMA (hình 5.5) được dùng trong trạm này.

(Ghi chú: Tất nhiên trong chương trình sẽ không thể xác định mọi vị trí được sử dụng. Tuy nhiên bạn cần chỉ rõ và đặt tên các điểm này trong

bản vẽ phác nói trên, tựa như đang viết hướng dẫn chương trình cho kỹ thuật viên của mình để sau đó kỹ thuật viên bắt tay vào công việc).

- 5.7.** Hãy viết chữ cái đầu tiên của họ và tên bạn ở dạng hình chữ nhật lớn trên một tờ giấy khổ rộng 150 mm. Sử dụng các lệnh của ngôn ngữ VAL cho ở bảng 5.2, hãy viết một chương trình để di chuyển bút viết (bút này được gắn lên rôbôt thay cho bộ phận chấp hành cuối) từ vị trí không (vị trí đứng yên) đến mặt giấy rồi viết hai chữ cái đó ra. Để làm được như vậy, trước hết phải xác định các góc và các điểm mút trên chữ cái rồi đặt tên cho các vị trí đó, sao cho có thể dẫn hướng rôbôt từ một vị trí sang vị trí tiếp theo.
- 5.8.** Hãy lập danh sách gồm các khóa liên động và cảm biến khác nhau cần cho chu trình làm việc của một trạm công tác như trong bài tập 5.6, nhằm vận hành suôn sẻ theo đúng trình tự. Đối với từng mục trong danh sách, cần chỉ ra mục nào có thể gây ra hoạt động sai chức năng nhất nếu khóa liên động hoặc cảm biến trong mục đó không được sử dụng.
- 5.9.** Hãy thiết kế lại mặt bằng trạm công tác cho trong ví dụ 5.3, sao cho khoảng di chuyển cần thiết của rôbôt được rút ngắn lại. Chiến lược thực hiện là khoảng di chuyển càng ngắn có nghĩa là thời gian thực hiện một chu kỳ càng ngắn. Vẽ phác bản bố trí mặt bằng của trạm, cho thấy những cải tiến mà bạn có thể làm đối với cách bố trí thiết bị ở hình 5.12. Có thể bổ sung trang thiết bị mới (bàn để dụng cụ và vật làm, v.v...) và bố trí lại những gì hiện có nhưng không được bỏ bớt trang thiết bị nào. Với bản bố trí mặt bằng mới của bạn, hãy giải thích chu kỳ làm việc theo cách tuần tự bước nọ tiếp bước kia mà ví dụ 5.3 đã dùng.
- 5.10.** Nếu như trong ví dụ 5.3 có sử dụng một bộ đồ kẹp đôi (có thể đồng thời giữ một phôi và một thành phẩm) thì thời gian thực hiện một chu kỳ có thể giảm đi rất nhiều. Hãy trình bày trình tự các hoạt động trong một chu kỳ làm việc của một trạm công tác có rôbôt với bộ kẹp đôi. Sử dụng cách mô tả chu kỳ làm việc theo các bước như ví dụ 5.3 đã thực hiện.
- 5.11.** Hình 5.21 là sơ đồ một rôbôt SCARA.
- Tìm ma trận chuyển đổi điều hòa liên hệ vị trí và chiều, hướng của đồ kẹp với bộ.
 - Cho $\theta_3 = 0$, hãy tìm θ_1 và θ_2 để định vị đồ kẹp tại tọa độ (1,1).
 - Giả sử muốn định vị đồ kẹp tại (1,1) với phương chiều của nó là thẳng đứng như ở hình 5.21. Hãy thiết lập các phương trình cần thiết để tìm các góc θ_1 , θ_2 , θ_3 .

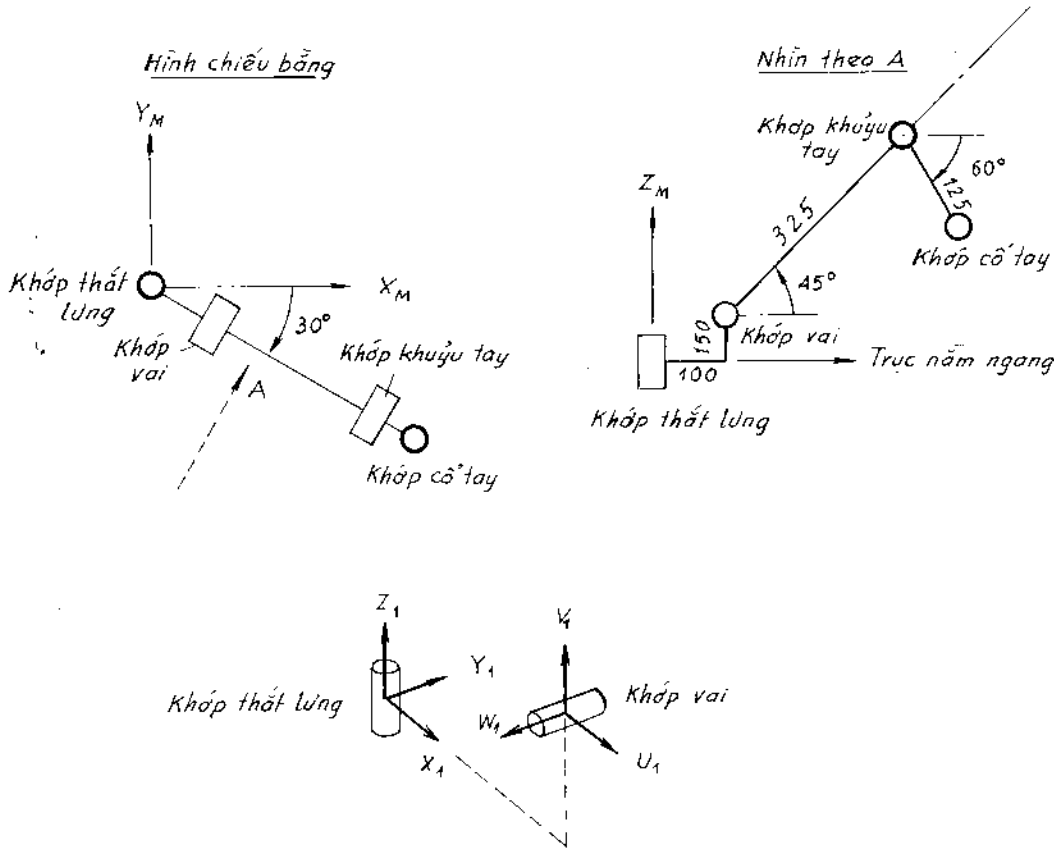
Ghi chú: SCARA là rôbôt phối hợp cánh tay khớp bản lề với rôbôt tọa độ trục. Nó là kiểu rôbôt rất thông dụng hiện nay. SCARA có trên ba trục và thường được dùng trong lắp ráp điện tử.



Hình 5.21. Sơ đồ rôbôt SCARA.

5.12. Một rôbôt kiểu khớp bản lề có trục khớp thất lưng theo chiều thẳng đứng, trục khớp vai theo chiều nằm ngang, và trục khuỷu tay cũng nằm ngang như ở hình 5.22. Trục khớp vai cao hơn 150 mm theo chiều thẳng đứng và xa hơn 100 mm theo chiều nằm ngang so với trục khớp thất lưng. Khoảng cách giữa trục khớp vai và trục khuỷu tay là 325 mm, giữa trục khuỷu tay và trục cổ tay là 125 mm. Giới hạn quay quanh trục Z_M của liên kết trục thất lưng so với trục X_M là $\pm 90^\circ$. Giới hạn chuyển động quay lên tính từ đường nằm ngang của liên kết trục vai là từ $0^\circ \div +90^\circ$. Giới hạn góc quay của liên kết trục khuỷu tay so với đường tâm nối vai với khuỷu tay là $\pm 135^\circ$.

- Tính toán các tọa độ $X_M - Y_M - Z_M$ của tâm cổ tay cho trường hợp vị trí rôbôt như ở hình 5.22.
- Phác thảo bao ngoài của không gian làm việc của rôbôt này.
- Thiết lập ma trận chuyển đổi thể hiện tư thế tương đối của các trục thất lưng và trục vai, sử dụng các hệ tọa độ X, Y, Z và $U_1 - V_1 - Z_1$ như ở hình 5.22.

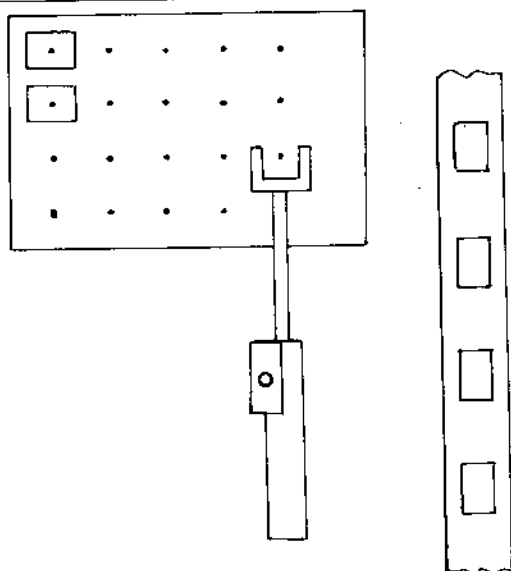


Hình 5.22. Sơ đồ robot kiểu khớp bản lề.

5.13. Yêu cầu lập các bản đặc tả cho việc lựa chọn robot dùng trong hai ứng dụng khác nhau sau đây: Ở bước sơ bộ, bạn cần đề xuất hệ dẫn động, kiểu điều khiển và các khả năng lập trình. Cho biết các lựa chọn của bạn và giải thích ngắn gọn về các lựa chọn đó.

- Ứng dụng thứ nhất: Đặt vào và lấy hộp mẫu ra khỏi băng mẫu. Trọng lượng trung bình mỗi hộp khoảng 1,4 kg. Các hộp được đặt trên bảy lớp, mỗi lớp 20 hộp.
- Ứng dụng thứ hai: Sơn phun vỏ xe ô tô con trong phòng sơn đóng kín. Trong sơn có chứa vật liệu dễ bắt lửa.

5.14. Một robot tọa độ trụ được chọn để nhặt các hộp 100×100 mm từ băng chuyền rồi đặt các hộp đó lên một tấm nâng hàng như ở hình 5.23. Xác định bậc tự do mà cổ tay cần có để thực thi nhiệm vụ này.



Hình 5.23. Rôbôt nhặt và đặt dùng cho bài tập 5.14.

Chương 6

CÁC ỨNG DỤNG CỦA RÔBÔT

6.1. NHỮNG CÂN NHẮC CHỦ YẾU KHI ỨNG DỤNG RÔBÔT

6.1.1. Các đặc điểm ứng dụng chủ yếu

Trong công nghiệp, rôbôt được ứng dụng khi gặp những điều kiện sau đây:

1. Làm việc trong điều kiện nguy hiểm hoặc không thuận tiện: Khi làm việc ở nơi nguy hiểm, hay có hại cho sức khoẻ như nhiệt độ cao, có chất độc, chất phóng xạ, hoặc vị trí làm việc không thuận lợi và không thoải mái thì nên sử dụng rôbôt để thay thế con người. Các thao tác trong lò nung, lò luyện kim, xưởng đúc, sơn phun, v.v..., đều thuộc loại này.

2. Công việc lặp đi lặp lại: nếu chu kỳ làm việc gồm một trình tự thao tác cố định cho mọi chu kỳ, thì nên dùng rôbôt rồi lập trình cho nó thực hiện trình tự thao tác ấy. Đặc biệt nên dùng khi nơi thao tác lại chật chội, con người khó xoay xở. Các thao tác "nhặt lên đặt xuống" và nạp phôi cho máy là những ví dụ cụ thể cho loại công việc này.

3. Công việc nâng - chuyển khó khăn: Nếu vật làm hoặc công cụ quá nặng đối với người thợ để đưa lên máy cũng nên dùng rôbôt để thay thế. Hiện những rôbôt loại này có thể nâng - chuyển vật nặng hàng trăm kg, thậm chí đến nửa tấn.

4. Công việc kéo dài trong nhiều ca: Sử dụng rôbôt trong trường hợp này sẽ tiết kiệm được nhiều lao động, do đó dù đầu tư ban đầu lớn cũng nhanh hoàn vốn. Công việc đúc phun chất dẻo hoặc các công việc gia công cần thực hiện liên tục thuộc vào nhóm này.

6.1.2. Lựa chọn phạm vi ứng dụng đúng đắn

Không phải mọi trường hợp trang bị rôbôt đều có hiệu quả. Đã có nhiều trường hợp mua sắm sai, trang bị không đúng chỗ, gây nên e ngại cho người

đứng máy, nhất là ở những nơi lần đầu tiên rôbot được đưa vào sử dụng. Ứng dụng rôbot hợp lý phải rơi vào bốn trường hợp nêu trên, đồng thời phải đảm bảo tính kinh tế, thể hiện qua tăng năng suất hoặc giảm giá thành sản phẩm. Sau đây là một số chỉ tiêu để tham khảo khi cân nhắc việc trang bị rôbot:

1. Cần những thao tác đơn giản lặp đi lặp lại,
2. Mỗi chu kỳ kéo dài trên 5 giây,
3. Có thể đưa vật làm đến vị trí hoặc theo hướng thích hợp,
4. Vật làm không nặng quá 500 kg,
5. Không đòi hỏi kiểm tra chất lượng kèm theo,
6. Có thể thay thế một đến hai người trong 24 giờ,
7. Không thường xuyên thay đổi hay thiết lập lại.

6.1.3. Phạm vi ứng dụng của rôbot công nghiệp

Rôbot công nghiệp được ứng dụng rất đa dạng trong nhiều lĩnh vực sản xuất. Tuy nhiên xét về mặt tổ chức, có thể tóm tắt thành bảy loại sau đây:

1. Nâng - chuyển vật liệu,
2. Cấp liệu lên máy,
3. Hàn,
4. Phun phủ,
5. Các thao tác gia công,
6. Lắp ráp,
7. Kiểm tra chất lượng.

Sau đây chúng ta sẽ lần lượt xem xét bảy loại nói trên.

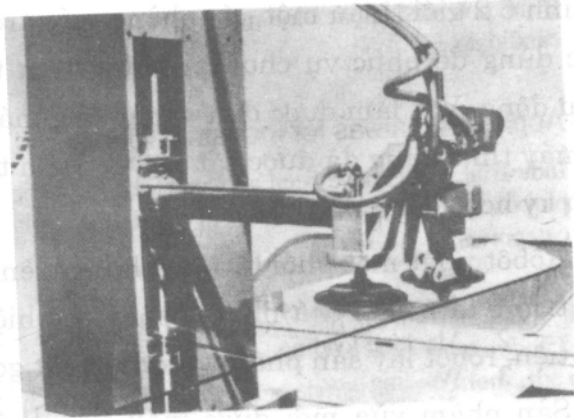
6.2. RÔBOT NÂNG - CHUYỂN VẬT LIỆU

Ở loại này, rôbot được dùng để đưa vật làm từ nơi này sang nơi khác. Trong một số trường hợp nó còn có thể chỉnh hướng di chuyển của vật làm. Những công việc mà rôbot loại này có thể làm là:

1. Các thao tác "nhặt lên đặt xuống" đơn giản,
2. Chuyển vật làm từ băng tải này sang băng tải khác (chủ yếu là thao tác "nhặt lên đặt xuống"),
3. Các thao tác xếp hàng vào khay. Ở đây rôbot nhặt hàng từ băng tải rồi đặt vào khay theo một khuôn mẫu hay theo trình tự cần thiết,
4. Các thao tác xếp chồng, tựa như thao tác xếp hàng vào khay nói trên,

5. Nhặt hàng từ băng tải rồi xếp vào hòm hoặc hộp cactông (tựa như thao tác xếp hàng vào khay),
6. Các thao tác dỡ hàng khỏi khay rồi đặt lên băng tải.

Nói chung các thao tác nâng - chuyển vật liệu thường thuộc loại dễ và đơn giản nhất trong các ứng dụng của rôbôt (chẳng hạn nâng lên đặt xuống, chuyển hàng từ băng tải này sang băng tải khác). Rôbôt dùng cho trường hợp này thường ít phức tạp về mặt công nghệ. Tuy nhiên trong trường hợp xếp hàng vào hoặc dỡ hàng ra khỏi khay, hộp,..., thì hơi phức tạp hơn.



Hình 6.1. Rôbôt đang xếp kính cửa ô tô.

Chẳng hạn, trong việc xếp hàng lên khay, từng vật phải được đặt đúng vị trí của nó trong khay theo lớp (vì thường mỗi khay có nhiều lớp hàng chồng lên nhau). Lúc này rôbôt cần được lập trình trước để thực hiện đúng thao tác, trừ trường hợp rôbôt được máy tính điều khiển. Hình 6.1 giới thiệu một rôbôt nâng - chuyển vật liệu, nó đang xếp kính cửa ô tô bằng đồ kẹp chân không.

6.3. RÔBÔT CẤP LIỆU LÊN MÁY

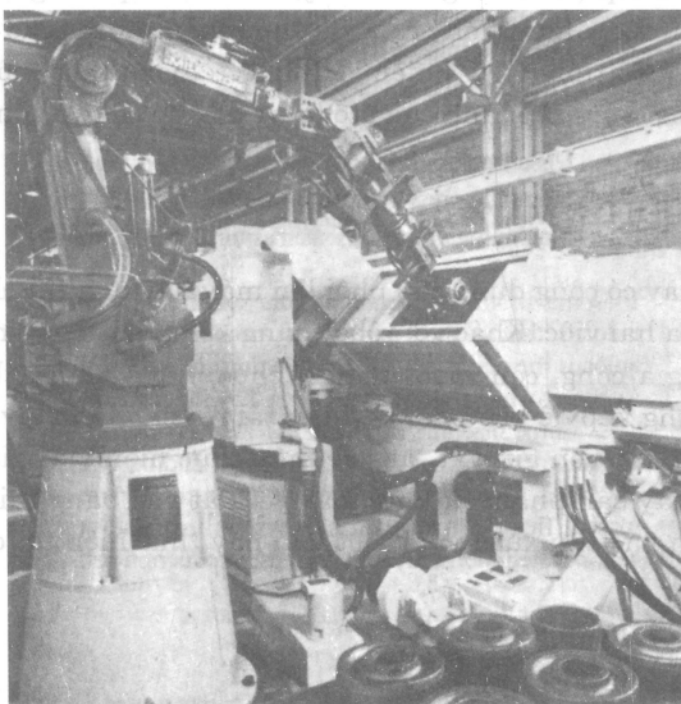
Rôbôt loại này có công dụng cấp phôi lên máy hay đưa thành phẩm ra khỏi máy, hoặc kiêm cả hai việc. Khác với rôbôt nâng - chuyển, ở đây nó làm việc trực tiếp với thiết bị gia công, còn rôbôt nâng - chuyển thì không. Ứng dụng điển hình của nó là dùng kẹp để kẹp phôi từ băng tải rồi nạp lên máy công cụ. Trong một số trường hợp, nó còn giữ vật làm để máy thực hiện việc gia công. Khi gia công xong, rôbôt lấy sản phẩm ra khỏi máy rồi đặt vào băng tải để chở đi. Sau đây là một số lĩnh vực sản xuất mà rôbôt loại này thực hiện tốt chức năng cung cấp và dỡ liệu:

1. Đúc theo khuôn mẫu (kim loại),
2. Đúc phun (chất dẻo),
3. Lò nung,
4. Đột dập,
5. Các nguyên công cắt gọt như tiện, phay,...

Trong đúc kim loại và đúc chất dẻo, rôbôt chỉ làm công việc dỡ sản phẩm khỏi khuôn. Trong gia công cắt gọt, rôbôt thực hiện cả hai công việc nạp phôi lên máy và đưa sản phẩm ra khỏi máy. Còn trong đột dập thì rôbôt giữ vật làm để máy gia công.

Hình 6.2 giới thiệu một góc phòng máy trong đó rôbôt Cincinnati Milacron T³ được dùng để phục vụ cho hai trung tâm tiện và một trạm kiểm tra chất lượng tự động. Vật làm được đưa vào phòng máy ở dạng phôi đúc và khi ra khỏi phòng máy thì ở dạng đã được cắt gọt và kiểm tra chất lượng xong. Trình tự của một chu kỳ hoạt động như sau:

1. Rôbôt nhặt một phôi từ khay hàng trên băng tải lên rồi đưa phôi đó vào trung tâm tiện thứ nhất (không thể hiện ở hình 6.2). Từ phía sau máy tiện, rôbôt lấy sản phẩm vừa được cắt gọt ra rồi cấp phôi mới cho máy.
2. Sản phẩm vừa mới được máy tiện thứ nhất cắt gọt xong được rôbôt chuyển tới trạm đo tự động. Nếu kích thước sản phẩm nằm trong phạm vi dung sai cho phép thì rôbôt sẽ chuyển sản phẩm đó tới trung tâm tiện thứ hai để chuẩn bị nạp lên máy.



Hình 6.2. Rôbôt Cincinnati Milacron T³ phục vụ việc cấp liệu và lấy sản phẩm trên máy.

3. Sản phẩm cắt gọt xong trên máy tiện thứ hai được lấy đi và sản phẩm vừa qua đo lường từ trạm đo tự động được nạp lên máy tiện này. Việc lấy sản phẩm ra và nạp vật làm vào được thực hiện phía sau máy như ở hình 6.2.

4. Rôbôt lấy sản phẩm vừa gia công xong trên máy tiện thứ hai để đưa tới trạm đo tự động. Nếu sản phẩm đạt kích thước yêu cầu, nó được đặt lên khay đựng hàng.

Đến đây rôbôt lại chuẩn bị nhận một phôi đúc để bắt đầu một chu kỳ làm việc mới. Cái hay ở đây là rôbôt thực hiện nạp phôi và lấy vật làm ra từ phía sau mỗi máy, khiến cho phía trước máy được thông thoáng, tạo thuận lợi cho việc thay dao, điều khiển và quan sát kiểm tra hoạt động của máy.

6.4. RÔBÔT HÀN

Hàn là lĩnh vực ứng dụng rất quan trọng của rôbôt công nghiệp. Sau đây chúng ta xem xét hai loại: hàn điểm và hàn hồ quang.

6.4.1. Hàn điểm

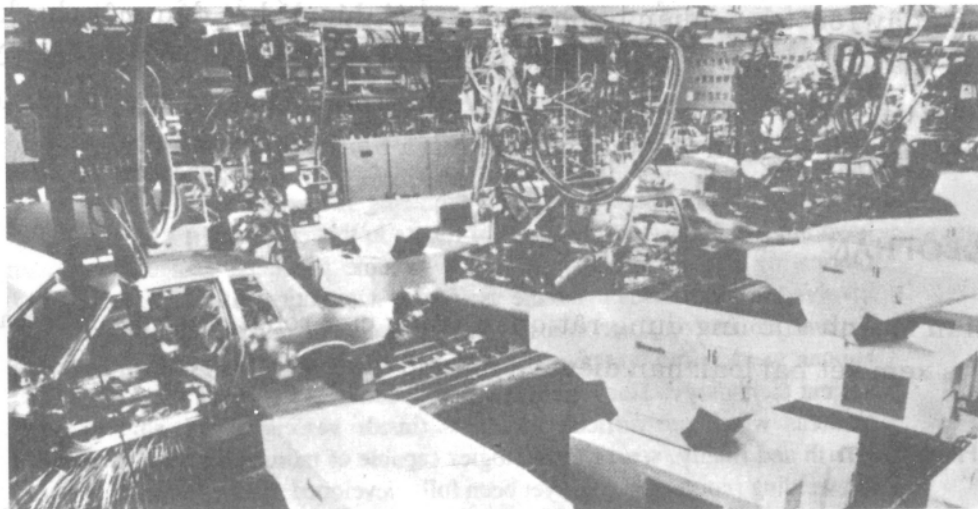
Hàn điểm là quy trình làm nóng chảy hai tấm kim loại cần hàn với nhau tại những điểm định trước bằng cách cho dòng điện cường độ cao chạy qua những điểm đó. Quy trình này được thực hiện nhờ cặp điện cực ép hai tấm cần hàn với nhau và dẫn dòng điện tới điểm tiếp xúc. Thường cặp điện cực là hai cái kẹp, có thể dễ dàng lắp vào cổ tay rôbôt để đóng vai trò dụng cụ chấp hành cuối. Khi dùng "súng hàn" làm bộ phận điện cực - như đôi khi người ta vẫn gọi, thì rôbôt sẽ tiến hành hàn điểm theo trình tự sau đây:

1. Định vị súng hàn tại vị trí mong muốn trên hai tấm nối cần hàn (sau khi hai tấm này đã được cố định với nhau).
2. Ép hai điện cực lên hai tấm nối cần hàn.
3. Vừa hàn vừa ép trong khi đưa dòng điện vào để đốt nóng và nung chảy kim loại tại hai mặt tiếp xúc.
4. Ngừng hàn và làm nguội. Hai điện cực được mở ra trong khoảng thời gian đủ để làm nguội và chuẩn bị hàn điểm tiếp theo (thường làm nguội cưỡng bức bằng dòng nước hồi lưu).

Đây được coi là trình tự mẫu mực dùng cho rôbôt kiểu điểm - tới điểm (P-T-P).

Hàn điểm đã trở thành một trong những lĩnh vực ứng dụng rộng rãi nhất đối với rôbôt công nghiệp, đặc biệt là trong ngành công nghiệp ô tô. Vào những

năm cuối thập niên 1960, rôbôt hàn điểm đã được trang bị cho Hãng Sản xuất ô tô môden Vega, và ngày nay hầu hết các hãng chế tạo ô tô đều dùng rôbôt hàn điểm để hàn vỏ xe. Người ta ước tính có trên 1200 rôbôt kiểu này đang hoạt động, không chỉ trong sản xuất vỏ ô tô mà cả trong sản xuất khung xe máy, xe đạp, nắp máy kéo, v.v... Hình 6.3 giới thiệu một dây chuyền hàn thân ô tô, trong đó việc hàn điểm được thực hiện tự động nhờ rôbôt Unimate môden 4000.



Hình 6.3. Rôbôt Unimate môden 4000 đang hàn điểm trong dây chuyền lắp ráp ô tô.

6.4.2. Hàn hồ quang

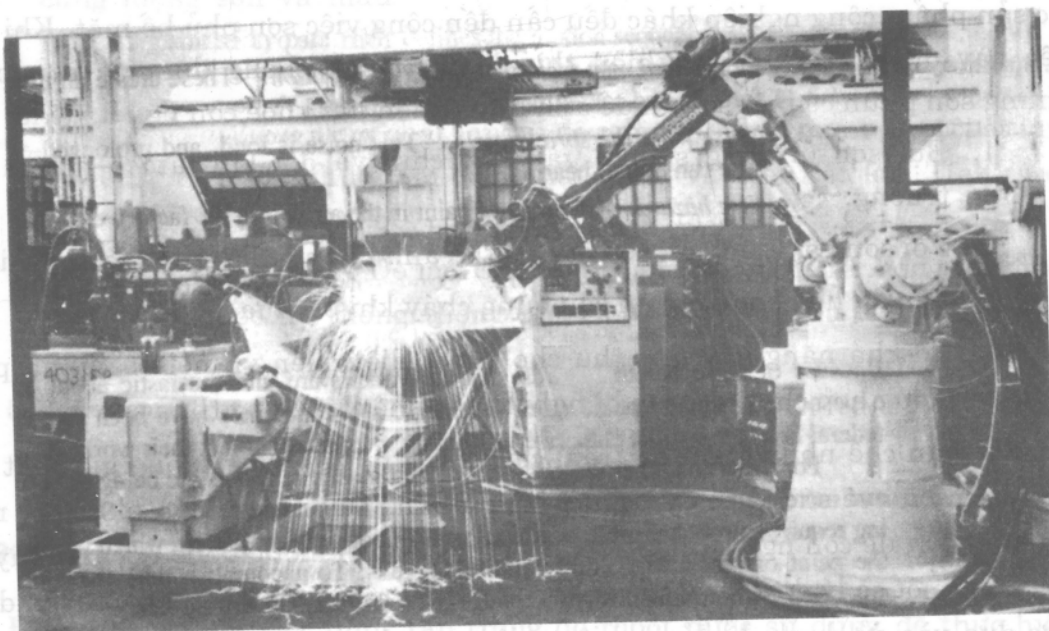
Rôbôt công nghiệp có tính năng thao tác theo đường liên tục có thể đảm nhiệm việc hàn hồ quang không gián đoạn. Trước đây việc hàn hồ quang liên tục này do thợ hàn đảm nhiệm. Người thợ thường xuyên phải làm việc trong điều kiện nóng bức, chật chội hoặc vướng víu, đôi khi còn nguy hiểm nữa. Tuy nhiên nếu để rôbôt đảm nhiệm công việc này thì cũng có những vấn đề trở ngại, ảnh hưởng tới hiệu quả của nó vì những lý do sau đây:

- Thứ nhất, sản phẩm được hàn hồ quang thường có dung khối nhỏ, do đó nếu áp dụng tự động hóa (trong đó gồm cả dùng rôbôt) thì rất khó đạt được hiệu quả kinh tế.
- Thứ hai, các chi tiết hàn thường có kích cỡ khác nhau, rôbôt hàn không thể xoay xở thích nghi như người thợ hàn được.
- Thứ ba, thợ hàn thường được yêu cầu tác nghiệp trong những vị trí hay thiết bị khó tiếp cận như thùng thép, bể chứa, khoang tàu, v.v..
- Cuối cùng, hiện chưa có những bộ cảm biến tốt theo dõi giám sát những thay đổi khác nhau trong quy trình hàn.

Vì những lý do nêu trên nên rôbôt hàn hồ quang vẫn chỉ mới được ứng dụng để hàn những vật có dung khối lớn hoặc trung bình, là những sản phẩm dễ xử lý và sự thay đổi kích thước của chúng có thể quản lý được. Một trạm hàn hồ quang tự động điển hình gồm có những bộ phận sau đây:

1. Một rôbôt có khả năng điều khiển đường hàn liên tục.
2. Một bộ hàn, gồm có dụng cụ hàn, nguồn điện và hệ thống cấp dây hàn.
3. Một bộ phận điều khiển vật hàn, có tác dụng gá kẹp các chi tiết cần hàn và định vị chúng lại để hàn.

Để phối hợp việc cấp que hàn với điện áp hàn nhờ chuyển động của cánh tay rôbôt, cần có bộ điều khiển đặt tại trạm hàn. Đồng thời hoạt động của bộ phận điều khiển vật hàn cũng cần được phối hợp chặt chẽ nhờ bộ điều khiển của trạm. Hình 6.4 giới thiệu một trạm hàn hồ quang thuộc loại này. Trong thực tế cũng có những trạm hàn hồ quang tự động gồm hai bộ điều khiển vật hàn, sao cho người vận hành có thể đóng mở bộ điều khiển này trong khi rôbôt đang hàn tại bộ điều khiển kia.



Hình 6.4. Rôbôt Cincinnati Milacron T³ trong một trạm hàn hồ quang tự động.

So với hàn thủ công, hàn tự động do rôbôt thực hiện có những ưu điểm sau đây:

1. Năng suất cao,
2. An toàn hơn,
3. Mỗi hàn đều và đồng nhất hơn.

Có một số yếu tố làm cho hàn tự động do rôbot thực hiện đạt năng suất cao. Thứ nhất, nếu là con người thì thời gian cho phóng hồ quang để hàn, trung bình chỉ đạt 20-30% thời gian hàn nói chung, trong khi dùng rôbot có thể đạt tới 60 - 70%. Thứ hai là bộ phận điều khiển vật hàn làm đóng mở việc hàn được nhanh hơn, nếu trạm có hai bộ phận này thì càng nhanh hơn nữa. Thứ ba là giảm sự mệt mỏi do công việc hàn gây ra. Khi hàn thủ công, người thợ phải phối hợp hoạt động giữa mắt và tay trong điều kiện làm việc gò bó nên rất chóng mệt mỏi, phải ngừng tay thường xuyên để nghỉ, trong khi rôbot thì không biết "mệt". Cuối cùng, một trạm hàn thủ công cần có hai người, một thợ hàn và một người phụ việc để ghép nối các chi tiết cần hàn, trong khi trạm hàn tự động có rôbot chỉ cần một người. Tuy nhiên cần nhớ rằng, trạm hàn tự động có rôbot vẫn cần một người vận hành để thực hiện quy trình hàn.

6.5. RÔBOT PHUN PHỦ BỀ MẶT

Nhiều sản phẩm có rất đông người tiêu thụ như ô tô, máy kéo và hầu hết các sản phẩm công nghiệp khác đều cần đến công việc sơn phủ bề mặt. Khi công việc này do người thợ thực hiện thì phương pháp thông dụng là sơn phun. Nhưng sơn phun có một số vấn đề ảnh hưởng đến sức khoẻ con người, đó là:

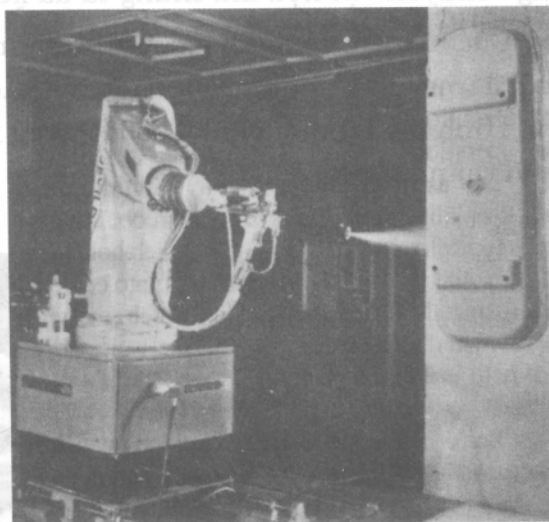
1. Bụi sơn (ở dạng sương) gây khó chịu và đôi khi làm ô nhiễm môi trường.
2. Vòi sơn gây tiếng ồn kéo dài, có thể ảnh hưởng tới thính giác người thợ.
3. Dễ gây hỏa hoạn do bụi sơn bùng cháy khi bắt lửa.
4. Có khả năng gây ung thư cho người điều khiển vì một số thành phần trong hợp chất của sơn bị nghi là tác nhân gây ung thư.

Để hạn chế những vấn đề trên, cần trang bị hệ thống thông gió thật chu đáo nhằm bảo vệ sức khoẻ cho người công nhân. Tuy nhiên biện pháp tốt nhất vẫn là không để con người phải tiếp xúc trực tiếp với môi trường độc hại này. Vì thế (và vì một số lý do khác), ngày càng có nhiều rôbot công nghiệp chuyên dùng được đưa vào sử dụng để đảm nhiệm việc sơn phun cùng các công việc có liên quan. Việc sơn phun đòi hỏi rôbot có khả năng thực hiện một mô hình chuyển động trơn tru, khiến cho sơn - hoặc lưu chất nói chung, được phun đều lên bề mặt cần sơn mà không bị trôi. Để đạt được yêu cầu đó, rôbot được trang bị một bộ điều khiển đường đi liên tục, ở đây vòi phun sơn sẽ là bộ phận chấp hành cuối. Phương pháp duyệt suốt (walkthrough) thường được dùng để dạy cho rôbot, mà người dạy chính là người vận hành kiêm lập trình viên. Người đó sẽ dùng tay dẫn dắt vòi phun của rôbot đi theo đường đi mong muốn. Bằng cách này, trình tự chuyển động và tốc độ tương ứng trong một chu kỳ làm việc của rôbot sẽ được

xác định. Khi làm việc, rôbôt sẽ lặp đi lặp lại chu kỳ này để thực hiện nhiệm vụ được giao. Hình 6.5 giới thiệu một rôbôt sơn thường gặp.

Sử dụng rôbôt trong các nguyên công phun phủ có những ưu điểm sau đây:

1. *An toàn*: Tránh được những nguy hiểm ảnh hưởng đến sức của người thợ sơn.
2. *Sơn phủ đều*: Một khi chương trình đã được thiết lập, rôbôt sẽ phun sơn (hoặc chất phủ nào khác) lên bề mặt cần sơn với cùng tốc độ, cùng lượng sơn và mẫu sơn như nhau trong mỗi chu kỳ.
3. *Tiết kiệm vật liệu*: Tính chất lặp lại đều đặn và nhất quán của rôbôt làm cho công việc sơn phủ giảm được thất thoát vật liệu rất lớn. Tính ra có thể tiết kiệm được 10 - 50% chất sơn phủ bề mặt.
4. *Tiết kiệm năng lượng*: Do môi trường độc hại không ảnh hưởng tới rôbôt nên giảm được hệ thống thông gió, nhờ vậy giảm được chi phí năng lượng.
5. *Năng suất cao*: Rôbôt sơn nhanh hơn thợ sơn, lại có thể làm việc liên tục ba ca trong một ngày.



Hình 6.5. Một rôbôt sơn phun đang làm việc.

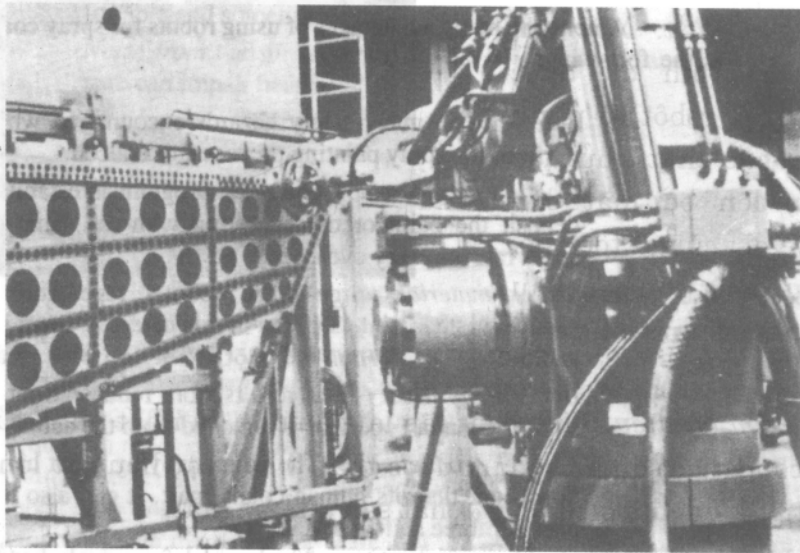
6.6. RÔBÔT THỰC HIỆN CÁC THAO TÁC GIA CÔNG

Đây là loại công việc phức tạp trong đó rôbôt được sử dụng để thực hiện một số công việc gia công chế tạo chứ không phải là hàn hay sơn phun. Các thao tác về lắp ráp hoặc dò khuyết tật cũng không thuộc loại công việc này mà sẽ được đề cập ở mục sau.

Cũng giống như các công việc hàn và phun phủ, các thao tác gia công được thực hiện nhờ một công cụ chuyên dùng gắn vào cổ tay rôbôt, với tư cách là bộ phận chấp hành cuối của rôbôt đó. Bộ phận chấp hành cuối thường là một trục chính để lắp và làm quay một dụng cụ, chẳng hạn như mũi khoan. Rôbôt có nhiệm vụ đưa dụng cụ cắt tiếp xúc với vật làm đứng yên trong quy trình gia

công. Trong một số trường hợp khác, cánh tay của rôbôt được dùng để cặp vật làm rồi chuyển vật làm đó tiếp xúc với dụng cụ cắt được bắt chặt tại một vị trí cố định. ở đây, tính chất công việc phân nào giống với công việc của rôbôt nâng - chuyển vật liệu mà chúng ta đã xét tới ở mục 6.2.

Các nguyên công khoan, tán đinh, mài, đánh bóng, quấn dây (điện) và cắt bằng tia nước là những công việc mà các rôbôt công nghiệp đã được giao thực hiện. Hình 6.6 trình bày một rôbôt đang tiến hành khoan lỗ trên tấm panen tạo thành thân máy bay.



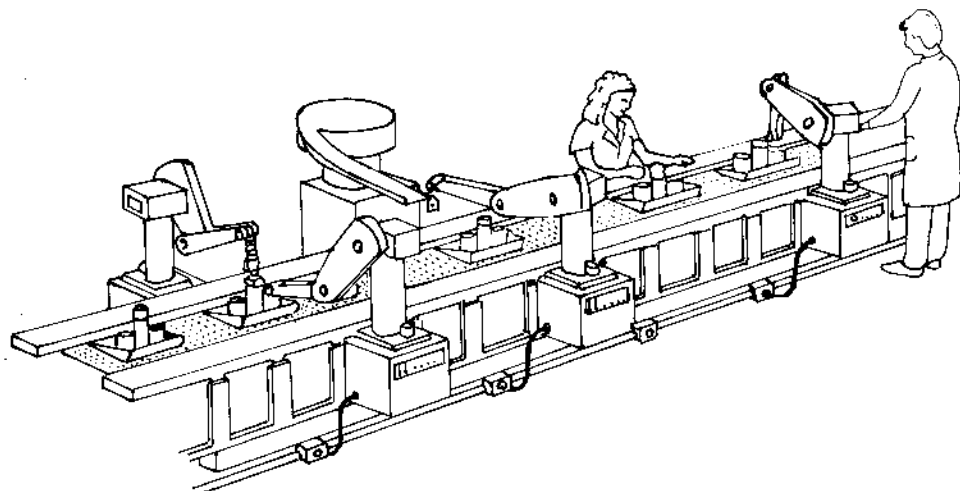
Hình 6.6. Rôbôt Cincinnati Milacron T³ đang thực hiện một thao tác gia công.

6.7. RÔBÔT LẮP RÁP

Các nguyên công lắp ráp được xem là một lĩnh vực đầy tiềm năng cho các ứng dụng rôbôt, trong đó lắp ráp theo quy mô từng lô tỏ ra có nhiều hứa hẹn nhất do tính kinh tế và khả năng công nghệ mà rôbôt có. Còn lắp ráp theo quy mô hàng khối lớn thì giải pháp kinh tế nhất thuộc về các trạm tự động cố định, ở đó trang thiết bị được thiết kế riêng cho việc sản xuất một loại sản phẩm cụ thể. Vì trong sản xuất hàng khối lớn, rôbôt tỏ ra quá chậm trong khi một trong những thuộc tính quan trọng nhất của nó là có thể lập trình được (để thay đổi) thì lại rất khó phát huy. Trong lắp ráp theo lô, có nhiều phương án sản phẩm và đòi hỏi đối với từng sản phẩm thì thấp hơn nhiều so với trong sản xuất hàng khối. Do vậy dây chuyền lắp ráp trong sản xuất theo lô nhất định phải có khả năng đáp ứng với các phương án sản phẩm này cùng các chuyển đổi dây chuyền tương

ứng cần có. Cái cơ bản mà sản xuất theo lô cần có là một hệ thống lắp ráp mềm dẻo. Nó còn có tên là hệ thống lắp ráp thích nghi, khả lập trình - và cùng với tay máy (rôbôt), là thành phần quan trọng trong hệ thống này.

Một hệ lắp ráp thích nghi khả lập trình kết hợp với tay máy và thiết bị nâng chuyển vật liệu truyền thống (băng chuyền, thiết bị cấp phát vật làm,...) được mô tả ở hình 6.7. Mặc dù chức năng là lắp ráp, nhưng ở đây rôbôt cũng phải thực hiện được các thao tác nâng chuyển vật làm. Vì thế rôbôt lắp ráp cần có cả hai khả năng này. Tại một số vị trí trong dây chuyền lắp ráp có để sẵn chông chỉ tiết trên bề đồ, rôbôt phải lần lượt lấy từng chi tiết đó theo thứ tự từ trên xuống dưới để phục vụ cho việc lắp. Muốn vậy cần có sự điều chỉnh và kỹ năng khéo léo, mà rôbôt công nghiệp khó có thể làm được. Vì vậy yêu cầu này sẽ được giao cho người thợ thực hiện. Hình 6.7 thể hiện một hệ thống lắp ráp thích nghi khả lập trình, trong đó có sự tham gia của người công nhân.

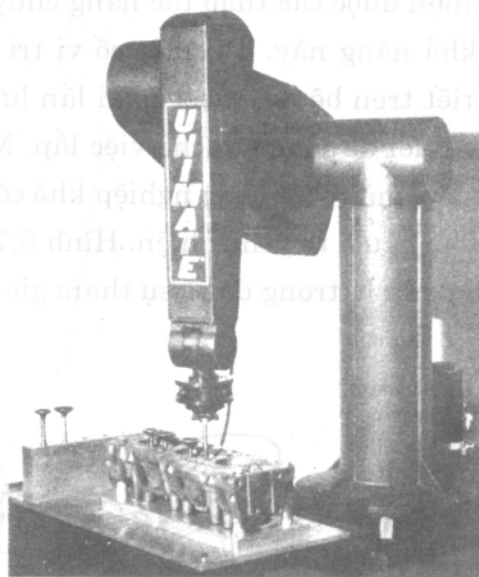


Hình 6.7. Mô hình một hệ thống lắp ráp thích nghi khả lập trình có sử dụng rôbôt công nghiệp.

Đặc điểm nổi bật của rôbôt công nghiệp khiến nó trở thành một bộ phận không thể thiếu trong dây chuyền của một hệ lắp ráp thích nghi khả lập trình là nhờ ở tính khả lập trình và tự thích nghi vốn có của nó. Tính khả lập trình nhằm đáp ứng yêu cầu thực hiện chu kỳ chuyển động tương đối phức tạp trong nguyên công lắp ráp. Mặt khác, hệ thống này phải có khả năng lưu trữ nhiều bộ chương trình phục vụ nhiều phương án khác nhau về sản phẩm cần lắp ráp trên dây chuyền. Theo ý nghĩa đó, hệ thống cần có khả năng tự thích nghi với những thay đổi trong phương án sản phẩm. Hệ thống lắp ráp cần có tính tự thích nghi còn nhằm mục đích thích ứng với những thay đổi về môi trường. Những thay đổi này bao gồm:

- Thay đổi về vị trí và hướng đi của các bộ phận cần lắp ráp,
- Các chi tiết có sai sót và vượt quá phạm vi dung sai,
- Mức độ hoàn tất hiện thời của cụm lắp ghép (để lắp thành bộ phận lớn hơn),
- Phát hiện sự can thiệp vô cơ của vật thể hay của con người vào khối lượng công việc của rôbôt.

Rôbôt PUMA (máy vận năng khả lập trình, dùng trong lắp ghép) do Hãng Unimation chế tạo, được thiết kế nhằm thực hiện nhiều chức năng, mà một trong các chức năng chính của nó là lắp ráp. Đây là rôbôt tương đối nhỏ (không gian hoạt động chỉ xấp xỉ không gian mà một người thợ cần có) với khả năng tải tương đối thấp. Hình 6.8 giới thiệu một mẫu rôbôt PUMA đang thực hiện việc lồng ghép chi tiết vào vị trí mong muốn.



Hình 6.8. Rôbôt PUMA 500 đang lồng ghép chi tiết vào vị trí yêu cầu.

6.8. RÔBÔT KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG

Cũng giống như công việc lắp ráp, kiểm tra chất lượng là một lĩnh vực khá mới mẻ để ứng dụng rôbôt công nghiệp. Trước đây công việc này đòi hỏi rất nhiều công sức con người, với những thao tác đơn điệu, nhàm chán, mất nhiều thời gian và cũng chỉ có thể thực hiện theo cách chọn mẫu chứ không thể thực hiện trên tất cả đám đông sản phẩm. Do tầm quan trọng về chất lượng chế tạo không ngừng tăng cao nên người ta có xu hướng tự động hóa quy trình kiểm tra chất lượng và phần đầu dùng máy để kiểm tra 100% sản phẩm thay vì công nhân kiểm tra theo lối chọn mẫu như trước đây. Và rôbôt công nghiệp sẽ đóng một vai trò rất quan trọng trong lĩnh vực tự động hóa này.

Rôbôt có cảm biến quang học, có bộ dò cơ hoặc có các thiết bị đo khác, có thể lập trình để thực hiện việc kiểm tra kích thước hoặc các hình thức kiểm tra khác theo yêu cầu.

Một ví dụ điển hình là tại nhà máy lắp ráp của hãng Ford Motor, bốn rôbôt Cincinnati Milacron T³ được sử dụng trong một hệ kiểm tra tự động để kiểm tra chất lượng thân ô tô. Hệ này có thể kiểm tra 5-6 chiếc/giờ, trong khi đó nếu dùng người để kiểm tra thì mỗi ca chỉ được 1-2 chiếc mà thôi. Các rôbôt này dùng đầu dò điện tử làm bộ phận chấp hành cuối. Các đầu dò đó có thể thực hiện gần 150 phép kiểm kích thước trên cánh cửa, khung cửa và lỗ cửa sau. Các phép kiểm tra này rất quan trọng vì lỗ cửa phải thật khít với khung và cánh cửa. Dù rằng hệ thống kiểm tra nói trên đã góp phần nâng cao năng suất của hãng lên rất cao, nhưng người ta vẫn coi kết quả nâng cao chất lượng mà nó mang lại mới là thành tựu chủ yếu.

Chương 7

CÔNG NGHỆ NHÓM

7.1. MỞ ĐẦU

Công nghệ nhóm là một quy tắc sắp xếp, trong đó những vật làm (chi tiết gia công) tương tự nhau được chọn ra và sắp xếp thành nhóm để lợi dụng sự tương đồng đó vào việc thiết kế và chế tạo nhằm đạt được hiệu quả cao hơn. Những vật làm tương tự nhau sẽ được sắp xếp thành một "họ" vật làm. Ví dụ một nhà máy sản xuất một vạn vật làm khác nhau có thể sắp xếp thành 50 hoặc 60 họ, mỗi họ có chung một hay một số nét tương đồng trong thiết kế và chế tạo. Do đó việc gia công các thành viên (vật làm) trong cùng một họ cũng có những nét tương đồng, và nhờ vậy đem lại hiệu quả cao trong sản xuất, chế tạo. Những hiệu quả đạt được thể hiện ở dạng rút ngắn thời gian chuẩn bị, tiến độ sản xuất tốt hơn, kiểm soát dụng cụ được cải thiện hơn và sử dụng được các quy trình công nghệ tiêu chuẩn hóa. Ở những nhà máy có áp dụng công nghệ nhóm thì trang - thiết bị sản xuất đều được sắp xếp thành từng nhóm, hay trạm công tác, nhằm tạo cho dòng chảy sản xuất và nâng - chuyển vật liệu được thuận lợi hơn.

Trong thiết kế sản phẩm, việc nhóm các chi tiết thành từng họ cũng đem lại nhiều lợi ích. Chẳng hạn, một kỹ sư thiết kế được giao nhiệm vụ thiết kế một chi tiết máy mới, người đó hoặc là phải bắt đầu từ con số không hoặc là chọn một bản vẽ thiết kế chi tiết có sẵn trong cặp hồ sơ rồi thực hiện những thay đổi cần thiết cho phù hợp với các yêu cầu của chi tiết mới đó. Vấn đề là ở chỗ tìm ra một bản thiết kế có nét tương đồng sẽ khá khó khăn và mất thời gian, nếu không ứng dụng công nghệ nhóm. Với một phòng thiết kế lớn, có hàng ngàn bản vẽ trong nhiều cặp hồ sơ thì không có phương pháp có tính hệ thống nào để xác định đúng vị trí bản vẽ cần tìm. Do vậy có thể người thiết kế sẽ quyết định rằng bắt tay thiết kế chi tiết từ đầu có khi lại dễ hơn. Một quyết định như thế có thể xảy ra nhiều lần và ở nhiều người trong công ty, dẫn đến tiêu phí nhiều thời gian quý báu vào việc đã tạo ra những bản vẽ giống hoàn toàn hoặc gần như giống hoàn toàn bản vẽ đã có. Nhưng nếu công nghệ nhóm đã được áp dụng trước đó để có sẵn một hệ thống thiết kế có thể dùng lại (khả truy) thì sẽ loại trừ được sự lãng phí thời gian này, vì người thiết kế đã nhanh chóng tìm ra bản vẽ

cần tìm. Tiến hành một thay đổi đơn giản trong bản vẽ đã có sẽ tốn ít thời gian hơn nhiều so với thiết kế lại từ đầu. Hệ thiết kế - có thể dùng lại (khả truy) nói trên là biểu hiện của nguyên tắc công nghệ nhóm được ứng dụng vào công tác thiết kế. Để có được một hệ như vậy, cần có một số hình thức phân loại và đánh mã vật làm.

Phân loại và đánh mã vật làm gắn liền với việc chỉ ra các nét tương đồng giữa các vật làm, với việc liên kết những nét tương đồng ấy vào một hệ thống ghi mã. Các nét tương đồng này gồm có hai loại: tương đồng về *thuộc tính thiết kế* (như hình dáng và kích thước) và tương đồng về *thuộc tính chế tạo* (như trình tự các bước gia công để tạo ra chi tiết). Mặc dù các bước gia công cần thiết để chế tạo một chi tiết thường tương quan với các thuộc tính thiết kế của chi tiết đó, tuy nhiên không phải bao giờ cũng như vậy. Cho nên thường phải có các hệ phân loại và đánh mã vật làm để đáp ứng những khác nhau giữa thiết kế và chế tạo của cùng một chi tiết.

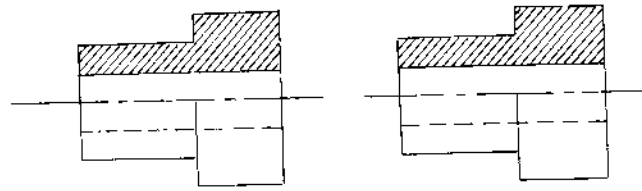
Một hệ phân loại và đánh mã vật làm không những cần cho một hệ thiết kế khả truy mà nó còn được dùng trong lập quy trình công nghệ có máy tính trợ giúp (viết tắt là CAPP : Computer - Aided Proces Planning). CAPP gắn liền với việc tạo sinh tự động một bản quy trình công nghệ để gia công vật làm. Bản quy trình công nghệ được lập ra nhờ nhận ra những thuộc tính riêng của chi tiết đó và thể hiện những thuộc tính này vào các nguyên công chế tạo tương ứng.

Chương này sẽ nói về công nghệ nhóm và về chủ đề phân loại và đánh mã vật làm. Chương tiếp theo được dành cho chủ đề lập quy trình công nghệ có máy tính trợ giúp cùng một số vấn đề liên quan. Công nghệ nhóm cũng như phân loại và đánh mã vật làm đều dựa trên khái niệm họ chi tiết gia công (vật làm).

7.2. HỌ VẬT LÀM

Một *họ vật làm* là một tập hợp các chi tiết gia công tương đồng với nhau, hoặc là về hình dáng và kích thước, hoặc là về các bước gia công cần thiết để chế tạo ra chúng. Trong một họ, các vật làm có thể khác nhau nhưng các nét tương đồng của chúng đều đủ gần gũi để coi chúng là những thành viên trong cùng một họ. Hình 7.1 và hình 7.2 giới thiệu hai họ vật làm được hình thành theo quan điểm này. Hai vật làm ở hình 7.1 xét về mặt thiết kế thì giống nhau nhưng về mặt chế tạo thì rất khác nhau. Các vật làm ở hình 7.2 thì ngược lại, chúng cũng một họ về mặt chế tạo nhưng không cùng một họ về mặt thiết kế. Khái niệm họ vật làm là trọng tâm của các hệ thiết kế khả truy và các hệ lập quy trình công nghệ có máy tính trợ giúp. Việc nhóm các vật làm thành những họ với nhau còn mang lại một ưu điểm quan trọng về chế tạo nữa, như sẽ được minh họa ở hình 7.3, hình 7.4. Hình 7.3 trình bày mặt bằng bố trí theo loại gia công dùng cho sản xuất theo lô tại một phân xưởng máy công cụ. Ở đây các máy

được bố trí theo chức năng: công đoạn tiện, công đoạn phay, rồi đến công đoạn khoan, v.v... Trong quá trình gia công cắt gọt một chi tiết, vật làm để tạo ra chi tiết ấy phải được di chuyển giữa các công đoạn, thậm chí trong cùng một công đoạn cũng phải chuyển đi chuyển lại nhiều lần. Điều đó làm cho công việc nâng - chuyển tăng lên rất nhiều, kho trung chuyển lớn, công việc tháo dỡ và gá lắp nhiều hơn mức cần thiết, thời gian hướng dẫn gia công lâu hơn và chi phí cao hơn.



Chi tiết 1: 100000 cái/năm

Dung sai $\pm 0,045$

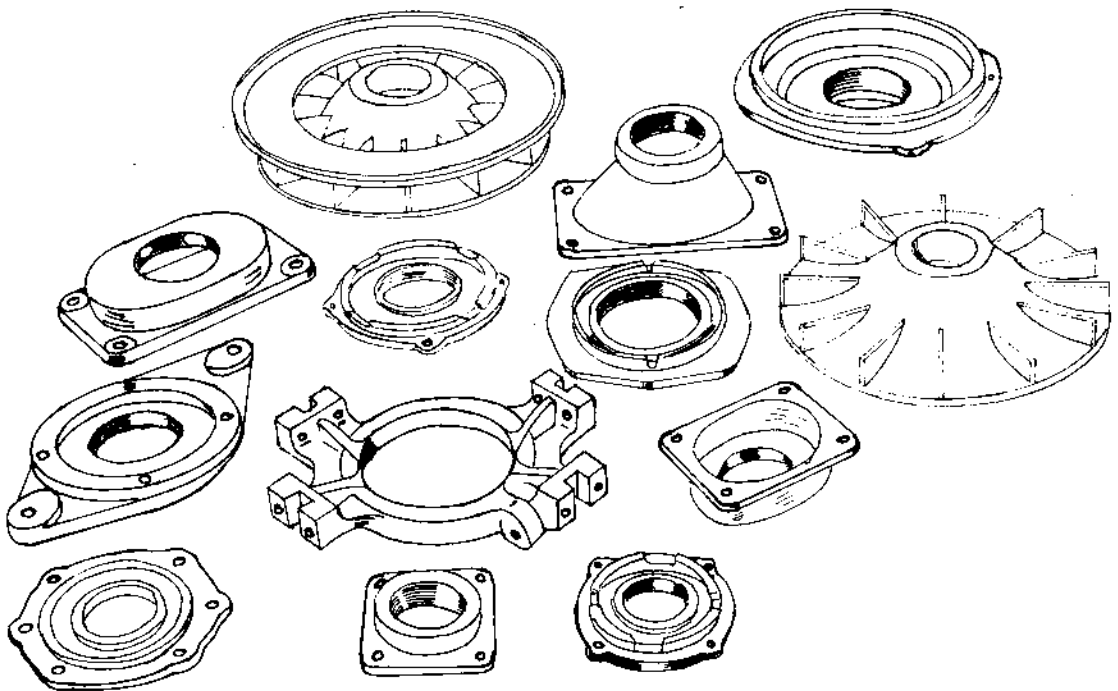
Thép cacbon kết cấu

Chi tiết 2: 100 cái/năm

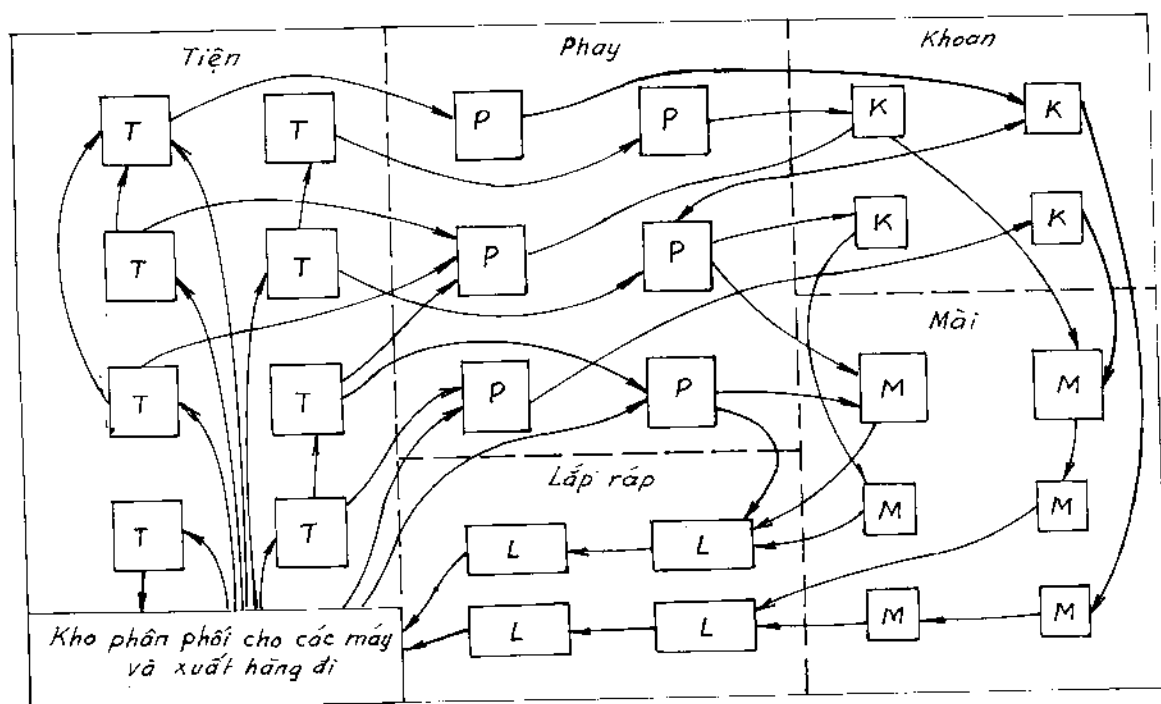
Dung sai $\pm 0,030$

Thép hợp kim

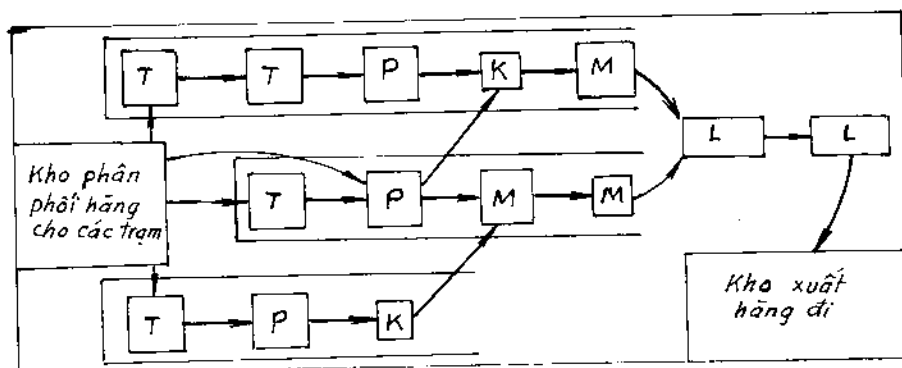
Hình 7.1. Hai vật làm giống nhau về hình dáng và kích thước nhưng khác nhau về yêu cầu chế tạo - Do vậy đây là họ thiết kế.



Hình 7.2. Mười ba vật làm tương tự nhau về yêu cầu chế tạo nhưng khác nhau về các thuộc tính thiết kế - Do vậy đây là họ chế tạo.



Hình 7.3. Mặt bằng bố trí theo loại gia công (T – tiện, P – phay, K – khoan, L – lắp ráp).



Hình 7.4. Mặt bằng bố trí theo công nghệ nhóm (ý nghĩa các ký hiệu như ở hình 7.3).

Hình 7.4 giới thiệu một phân xưởng giả sử có khả năng sản xuất tương đương, nhưng máy móc được bố trí thành từng trạm (phòng). Mỗi trạm (phòng) chỉ chuyên chế tạo một họ vật làm cụ thể. Ưu điểm thu được ở đây là: công việc nâng chuyển giảm, thời gian gá lắp thấp hơn, kho trung chuyển ít hơn, mặt bằng phân xưởng nhỏ hơn và thời gian hướng dẫn gia công ngắn hơn. Một số phòng máy có thể thiết kế theo dạng sản xuất dây chuyền, có băng tải vận chuyển vật làm giữa các máy trong phòng.

Chỉ có một trở ngại lớn nhất khi chuyển đổi từ một phân xưởng sản xuất theo lối truyền thống sang sản xuất theo công nghệ nhóm là vấn đề sắp xếp vật

làm theo họ. Có ba phương pháp chính để giải quyết vấn đề này. Cả ba phương pháp đều tốn nhiều thời gian và liên quan với việc phân tích nhiều dữ liệu đòi hỏi người phân tích phải được đào tạo thích đáng. Ba phương pháp đó là.

- Kiểm duyệt bằng mắt,
- Phân tích lưu trình sản xuất,
- Phân loại và đánh mã vật làm.

1. Duyệt bằng mắt là phương pháp ít phức tạp và đỡ tốn kém nhất. Bằng cách nhìn vào thực thể hoặc ảnh chụp của từng vật làm rồi phân loại chúng thành từng nhóm có đặc điểm giống nhau. Nói chung phương pháp này được coi là kém chính xác nhất trong ba phương pháp.

2. Phân tích lưu trình sản xuất là phương pháp nhận diện các họ vật làm cùng nhóm máy công cụ kèm theo, bằng cách phân tích bản thiết kế quy trình công nghệ của từng vật làm. Qua đó, các vật làm có cùng trình tự gia công và cùng lộ trình đi qua các máy cắt gọt sẽ được gộp chung vào một nhóm. Nhược điểm của phương pháp này là nó mặc nhiên chấp nhận các bản quy trình công nghệ hiện có mà không cần cân nhắc xem chúng còn có thể cải tiến được nữa hay không. Phương pháp này do J.L. Burbidge (người Anh) đề xuất nhưng có vẻ không được ứng dụng rộng rãi bên ngoài nước Anh.

3. Phân loại và đánh mã vật làm là phương pháp tốn nhiều thời gian và phức tạp nhất trong ba phương pháp. Tuy nhiên nó thường được áp dụng hơn cả và nói chung được xem là mạnh nhất so với hai phương pháp còn lại.

7.3. PHÂN LOẠI VÀ ĐÁNH MÃ VẬT LÀM

Phương pháp này đòi hỏi phải xem xét thuộc tính thiết kế hoặc thuộc tính chế tạo (hoặc cả hai) của từng vật làm để nhóm chúng thành từng họ riêng. Các thuộc tính của vật làm được định danh một cách đơn nhất thông qua một mã số. Có thể tiến hành cách phân loại và đánh mã này trên toàn bộ danh sách gồm các vật làm cần dùng của hãng, hoặc có thể sử dụng một quy trình chọn mẫu để thiết lập các họ vật làm. Ví dụ có thể xem xét các vật làm do phân xưởng sản xuất ra tại một giai đoạn nào đó để chỉ ra từng họ của chúng. Điều đáng ngại đối với mọi thủ tục lấy mẫu là ở chỗ rủi ro gặp phải do mẫu được chọn có thể không đại diện cho đám đông. Tuy nhiên sự rủi ro này cũng đáng chấp nhận nếu so với khối lượng công việc khổng lồ phải làm để đánh mã tất cả các vật làm của công ty.

Nhiều hệ thống phân loại và đánh mã vật làm đã được triển khai tại nhiều nước, và cũng đã có những hệ thống mang tính thương mại đang được chào bán trên thị trường. Nhưng cũng cần lưu ý rằng không có một hệ thống nào được coi là phổ quát vì nó có thể phù hợp với công ty này song lại không phù hợp với thực tế sản xuất của công ty khác. Mục 7.4 sẽ giới thiệu một số hệ thống quen thuộc

nhất để minh họa, còn mục đích của mục này là giải thích cấu trúc tổng thể của các hệ phân loại và đánh mã vật làm nói chung.

7.3.1. Hệ thống thiết kế và hệ thống chế tạo

Các hệ thống phân loại và đánh mã vật làm được chia thành ba loại:

1. Hệ dựa trên thuộc tính thiết kế,
2. Hệ dựa trên thuộc tính chế tạo,
3. Hệ dựa trên cả hai thuộc tính thiết kế và chế tạo.

Loại hệ thống thứ nhất có lợi cho việc xúc tiến tiêu chuẩn hóa thiết kế. Loại hệ thống thứ hai được dùng cho lập quy trình công nghệ có máy tính trợ giúp, thiết kế dao và các chức năng sản xuất có liên quan. Loại hệ thống thứ ba thể hiện sự cố gắng kết hợp các chức năng và các ưu điểm của cả hai loại trên vào làm một. Bảng 7.1 giới thiệu một số thuộc tính thiết kế và chế tạo thường được xét đến trong một hệ thống phân loại. Rõ ràng có một sự gối đầu hai thuộc tính thiết kế và chế tạo của vật làm.

Bảng 7.1

Các thuộc tính thiết kế và chế tạo thường được xét đến trong một hệ thống phân loại

Thuộc tính thiết kế	Thuộc tính chế tạo
1. Hình dáng cơ bản bên ngoài	1. Gia công cắt gọt nhiều
2. Hình dáng cổ bản bên trong	2. Các nguyên công phụ
3. Tỷ số chiều dài/đường kính	3. Các kích thước chính
4. Loại vật liệu	4. Tỷ số chiều dài/đường kính
5. Chức năng của vật làm (chi tiết)	5. Gia công tinh bề mặt (độ bóng)
6. Các kích thước chính	6. Máy công cụ
7. Các kích thước phụ	7. Trình tự các nguyên công
8. Dung sai	8. Thời gian sản xuất
9. gia công tinh bề mặt (độ bóng)	9. Kích thước (cỡ) lô sản xuất
	10. Sản lượng hàng năm
	11. Dụng cụ gá kẹp cần thiết
	12. Dụng cụ cắt

7.3.2. Cấu trúc của hệ thống đánh mã vật làm

Lược đồ cấu trúc một hệ đánh mã vật làm gồm có một dãy các ký hiệu thể hiện thuộc tính thiết kế hoặc chế tạo, hoặc cả hai. Các ký hiệu này có thể toàn là chữ số, toàn là chữ cái hoặc phối hợp giữa chữ số và chữ cái. Tuy nhiên, hầu hết các hệ thống phân loại và hệ thống đánh mã thông dụng nhất đều chỉ dùng chữ số. Có ba cấu trúc mã cơ bản được dùng trong các ứng dụng công nghệ nhóm, đó là:

1. Cấu trúc kiểu phân cấp,
2. Cấu trúc kiểu dây xích,
3. Cấu trúc lai ghép (phối hợp hai kiểu cấu trúc nêu trên).

Trong cấu trúc *kiểu phân cấp*, sự diễn dịch về một ký hiệu đứng sau là phụ thuộc vào giá trị của ký hiệu đứng trước nó. Cấu trúc này còn có các tên gọi khác là cấu trúc *đơn mã* và cấu trúc *cây*. Cấu trúc kiểu phân cấp tương đối chặt chẽ, cô đọng, cần ít chữ số mà lại mang nhiều thông tin về vật làm.

Trong cấu trúc *kiểu dây xích*, sự diễn dịch của mỗi ký hiệu trong dãy là cố định và không phụ thuộc vào giá trị của chữ số đứng trước. Bởi vậy nó còn có tên gọi khác là *cấu trúc đa mã*. Nhược điểm của cấu trúc này là nó có khuynh hướng khá dài. Nhưng mặt khác, việc sử dụng cấu trúc đa mã lại cho phép định danh tương đối thuận tiện về thuộc tính riêng của vật làm. Điều đó sẽ có lợi trong việc nhận ra các vật làm có cùng yêu cầu gia công giống nhau.

Để minh họa sự khác nhau giữa cấu trúc kiểu phân cấp và kiểu dây xích, hãy xem xét một mã hai số, chẳng hạn 15 hoặc 25. Giả sử chữ số đầu đại diện cho hình dáng chung của vật làm. Ký hiệu 1 có nghĩa rằng vật làm hình tròn, số 2 là hình chữ nhật phẳng. Trong cấu trúc kiểu phân cấp, sự diễn dịch của chữ số thứ hai sẽ phụ thuộc vào giá trị của chữ số thứ nhất: nếu đứng sau chữ số 1 thì chữ số 5 thể hiện tỷ số chiều dài/đường kính, nếu đứng sau chữ số 2 thì chữ số 5 thể hiện chiều dài tổng. Còn trong cấu trúc kiểu dây xích, chữ số 5 đều được hiểu như nhau, bất kể nó đứng sau chữ số nào. Chẳng hạn, nó có thể được hiểu là chiều dài tổng, bất kể vật làm là hình tròn hay chữ nhật.

Hầu hết các hệ thống đánh mã vật làm thương mại dùng trong công nghiệp đều là hệ *lai ghép*. Mục đích của cấu trúc lai ghép là nhằm đạt được những đặc điểm tốt nhất của cấu trúc đơn mã và đa mã. Mã lai ghép nói chung được xây dựng thành một dãy gồm các đa mã ngắn. Trong mỗi đa mã ngắn đó thì các chữ số là độc lập với nhau, nhưng một hoặc một số ký hiệu trong toàn bộ mã số lại được dùng để phân loại đám đông vật làm thành các nhóm, giống như trong cấu trúc kiểu phân cấp. Cách đánh mã kiểu lai ghép này có vẻ phục vụ tốt nhất cho cả hai, về thiết kế cũng như về chế tạo.

7.4. MỘT SỐ HỆ THỐNG PHÂN LOẠI VÀ ĐÁNH MÃ VẬT LÀM

Khi muốn có một hệ thống phân loại và đánh mã vật làm, các công ty thường chọn cách mua một thương phẩm có sẵn thay vì tự làm lấy. Để mua một hệ thống như thế, nên cân nhắc đến các yếu tố sau đây:

- *Mục tiêu:* hệ sẽ được dùng cho thiết kế khả truy hay cho chế tạo họ vật làm, hay cho cả hai?
- *Phạm vi áp dụng:* những đơn vị (phòng, phân xưởng,...) nào trong công ty sẽ áp dụng nó? Các đơn vị đó có những yêu cầu riêng gì? Những thông tin nào cần được đánh mã? Lượng sản phẩm cần đánh mã là bao nhiêu? Vật làm, quá trình gia công, dụng cụ cắt, v.v... phức tạp đến đâu?
- *Chi phí và thời gian:* Cần cân nhắc chi phí cài đặt, đào tạo và bảo trì hệ thống mà công ty sẽ mua. Có cần thuê tư vấn không, nếu có thì chi phí

là bao nhiêu? Cần bao nhiêu thời gian để cài đặt hệ thống và đào tạo đội ngũ vận hành và bảo trì? Mất chừng bao lâu thì hệ thống đem lại lợi ích rõ ràng?

- *Độ thích nghi với các hệ thống khác:* Hệ thống định mua có thể sẵn sàng thích nghi với hệ thống máy tính và cơ sở dữ liệu sẵn có của công ty không? Nó có thể tích hợp ngay được với các thủ tục hiện có của công ty như quy trình công nghệ, lập trình NC, tiến độ sản xuất, v.v... không?
- *Các vấn đề về quản lý:* Điều quan trọng là những người lãnh đạo được biết và nhiệt tình ủng hộ hệ thống cần mua. Đồng thời có vấn đề gì về sự đồng thuận không? Liệu các phòng ban, phân xưởng liên quan có hợp tác và nhiệt tình ủng hộ không?

Sau đây chúng ta sẽ giới thiệu ba hệ thống phân loại và đánh mã vật làm mà những người ưa thích công nghệ nhóm đã quen biết rộng rãi, đó là:

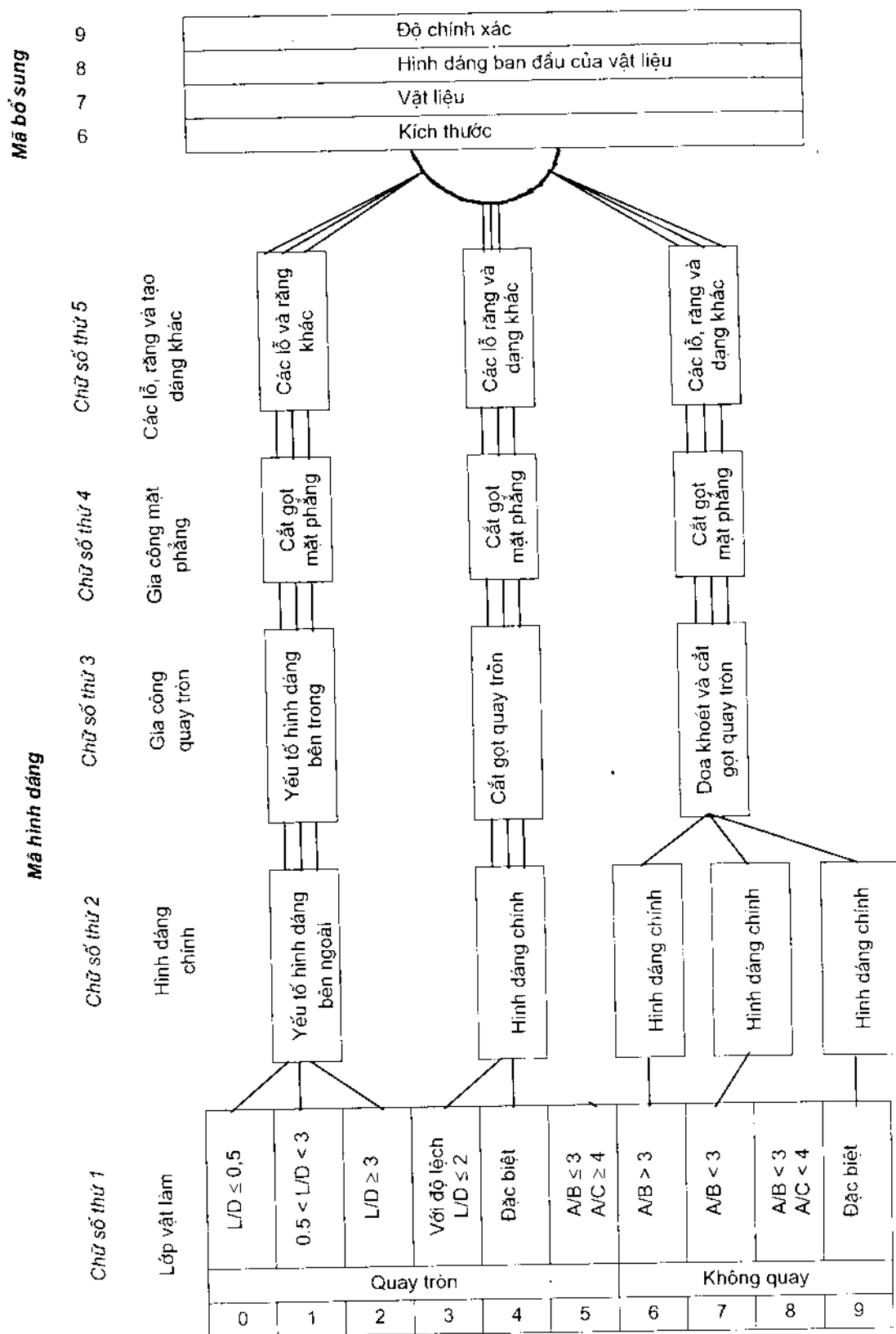
1. Hệ Opitz,
2. Hệ MICLASS,
3. Hệ CODE.

1. Hệ thống phân loại Opitz: Hệ này do M.Opitz ở Trường ĐH Tổng hợp Aachen, CHLB Đức thiết kế. Đây là bước đi tiên phong trong lĩnh vực công nghệ nhóm và có lẽ là một trong những hệ thống nổi tiếng nhất trong lĩnh vực này.

Opitz sử dụng dãy ký hiệu sau đây để đánh mã:

12345 6789 ABCD

Mã cơ bản gồm chín chữ số và có thể mở rộng bằng cách thêm bốn ký hiệu nữa (ABCD). Chín chữ số đầu dùng để tải tin về thiết kế và chế tạo, và sự diễn dịch tổng quát của chúng được trình bày ở hình 7.5. Năm chữ số đầu (1 2 3 4 5) được gọi là "mã hình dáng", dùng để mô tả các thuộc tính thiết kế ban đầu của vật làm. Bốn chữ số tiếp theo (6 7 8 9) tạo nên "mã bổ sung", thể hiện một số thuộc tính dùng cho phần chế tạo (kích thước, vật liệu, hình dáng ban đầu và độ chính xác). Bốn ký hiệu bổ sung, ABCD, tạo nên "mã thứ cấp", được dùng để chỉ rõ loại và trình tự nguyên công chế tạo. Người dùng có thể thiết kế lấy mã thứ cấp này để phục vụ cho nhu cầu riêng của công ty mình. Hệ thống mã đầy đủ của Opitz quá phức tạp, ở đây không thể giải thích đầy đủ được. Bạn đọc có thể tham khảo qua cuốn sách ông viết riêng cho vấn đề này (Opitz, H., "A Classification System to Describe workpieces", Pergamon Press Ltd., Oxford, England). Tuy nhiên để có được một ý niệm tổng quát về cách làm việc của hệ Opitz, chúng ta sẽ xem xét nhóm "mã hình dáng", tức là nhóm năm chữ số đầu. Chữ số 1 cho biết vật làm là chi tiết quay hay không quay, đồng thời cũng cho biết hình dạng chung và tỷ lệ của chi tiết đó. Chúng ta sẽ chỉ khảo sát trong giới hạn các vật làm quay, hình dáng không đặc biệt, tức là những mã 0, 1, 2 (xem hình 7.5). Đối với lớp vật làm thường gặp này, việc đánh mã của năm chữ số đầu tiên được cho ở hình 7.6, đồng thời sẽ được minh họa trong ví dụ 7.1.

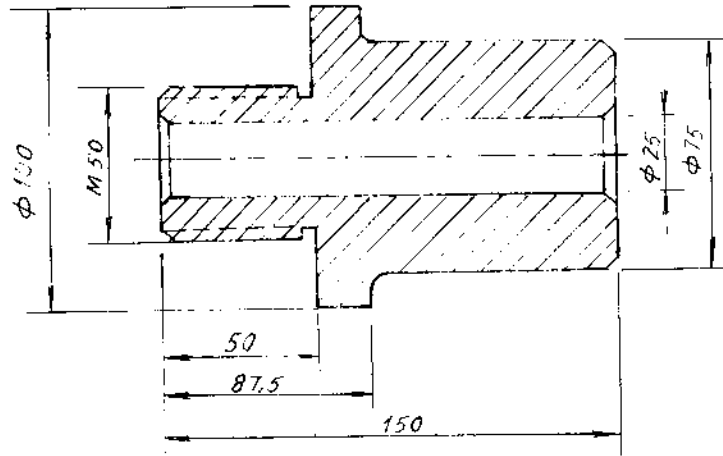


Hình 7.5. Cấu trúc cơ bản của hệ Opitz.

Chữ số thứ 1		Chữ số thứ 2		Chữ số thứ 3		Chữ số thứ 4		Chữ số thứ 5	
Lớp vật làm		Hình dáng bề ngoài, các yếu tố hình dáng bên ngoài		Hình dáng bên trong, các yếu tố hình dáng bên trong		Gia công bề mặt phẳng		Răng bánh răng và các lỗ phụ	
0	$L/D \leq 0,5$	0	Trơn nhẵn, không có các yếu tố hình dáng	0	Không có lỗ	0	Không gia công cắt gọt bề mặt	0	Không có lỗ phụ
1	$0,5 < L/D < 3$	1	Làm bậc tới một đầu, hoặc trơn (không bậc) <i>Không có yếu tố hình dáng nào</i>	1	Làm bậc tới một đầu, hoặc trơn (không bậc)	1	Mặt phẳng và/hoặc cong về một chiều, mặt ngoài	1	Hướng trục, không nằm trên vòng tròn đỉnh
2	$L/D \geq 3$	2		2		2	Mặt phẳng ngoài quan hệ bởi độ chia quanh một vòng trong	2	Hướng nằm trên vòng tròn đỉnh
3		3		3		3	Rãnh ngoài và/hoặc ngấn lõm ngoài	3	Hướng trục, không nằm trên vòng tròn đỉnh
4		4	Làm bậc tới cả hai đầu	4	Làm bậc tới hai đầu	4	Mặt spline ngoài (đa giác)	4	Hướng trục và/hoặc hướng kính và/hoặc hướng khác
5		5		5		5	Mặt phẳng ngoài và/hoặc rãnh ngoài, mặt spline ngoài	5	Hướng trục và/hoặc hướng kính trên vòng tròn đỉnh và/hoặc các hướng khác
6		6		6		6	Mặt phẳng ngoài và/hoặc rãnh ngoài	6	Răng bánh răng nghiêng
7		7	Côn chức năng	7	Côn chức năng	7	Mặt spline trong (đa giác)	7	Răng bánh răng côn
8		8	Ren	8	Ren	8	Đa giác, ngấn lõm và/hoặc rãnh trong và ngoài	8	Răng các loại bánh răng khác
9		9	Khác	9	Khác	9	Khác	9	Khác

Hình 7.6. Nhóm mã hình dáng (số thứ nhất đến thứ 5) đối với vật làm quay tròn, trong hệ Opitz.

Ví dụ 7.1. Cho chi tiết thành phẩm như ở hình 7.7. Hãy sử dụng hệ Opitz để xác định mã hình dáng (năm chữ số đầu tiên).



Hình 7.7. Vật làm trong ví dụ 7.1.

Tỷ lệ kích thước bao là $L/D = 150/100 = 1,5$, do vậy chữ số đầu tiên là 1. Chi tiết có bậc ở hai đầu, một đầu có ren, do đó chữ số thứ hai là 5. Chữ số thứ ba là 1 vì có lỗ suốt. Chữ số thứ tư và thứ năm đều là 0 vì không cần gia công bề mặt và không có lỗ phụ hoặc răng bánh răng trên vật làm. "Mã hình dáng" đầy đủ trong nghệ Opitz là 15100. Để thêm mã phụ, chúng ta sẽ phải đánh mã các chữ số thứ sáu đến thứ chín tương ứng với dữ liệu về kích thước, vật liệu, hình dạng ban đầu của vật liệu làm phôi và độ chính xác.

2. Hệ thống phân loại MICLASS: MICLASS (Metal Institute Classification system - Hệ thống phân loại vật làm của Viện Kim loại), do TNO thiết kế (TNO - Netherlands Organization for Applied Scientific Reserch - Cơ quan nghiên cứu khoa học ứng dụng của Netherlands). Hệ MICLASS được thiết kế nhằm góp phần tự động và tiêu chuẩn hóa một số chức năng thiết kế, sản xuất và quản lý, bao gồm:

- Tiêu chuẩn hóa bản vẽ kỹ thuật,
- Truy cứu bản vẽ theo số hiệu phân loại,
- Tiêu chuẩn hóa bản quy trình công nghệ,
- Lựa chọn vật làm để gia công trên một nhóm máy công cụ cụ thể,
- Phân tích đầu tư máy công cụ.

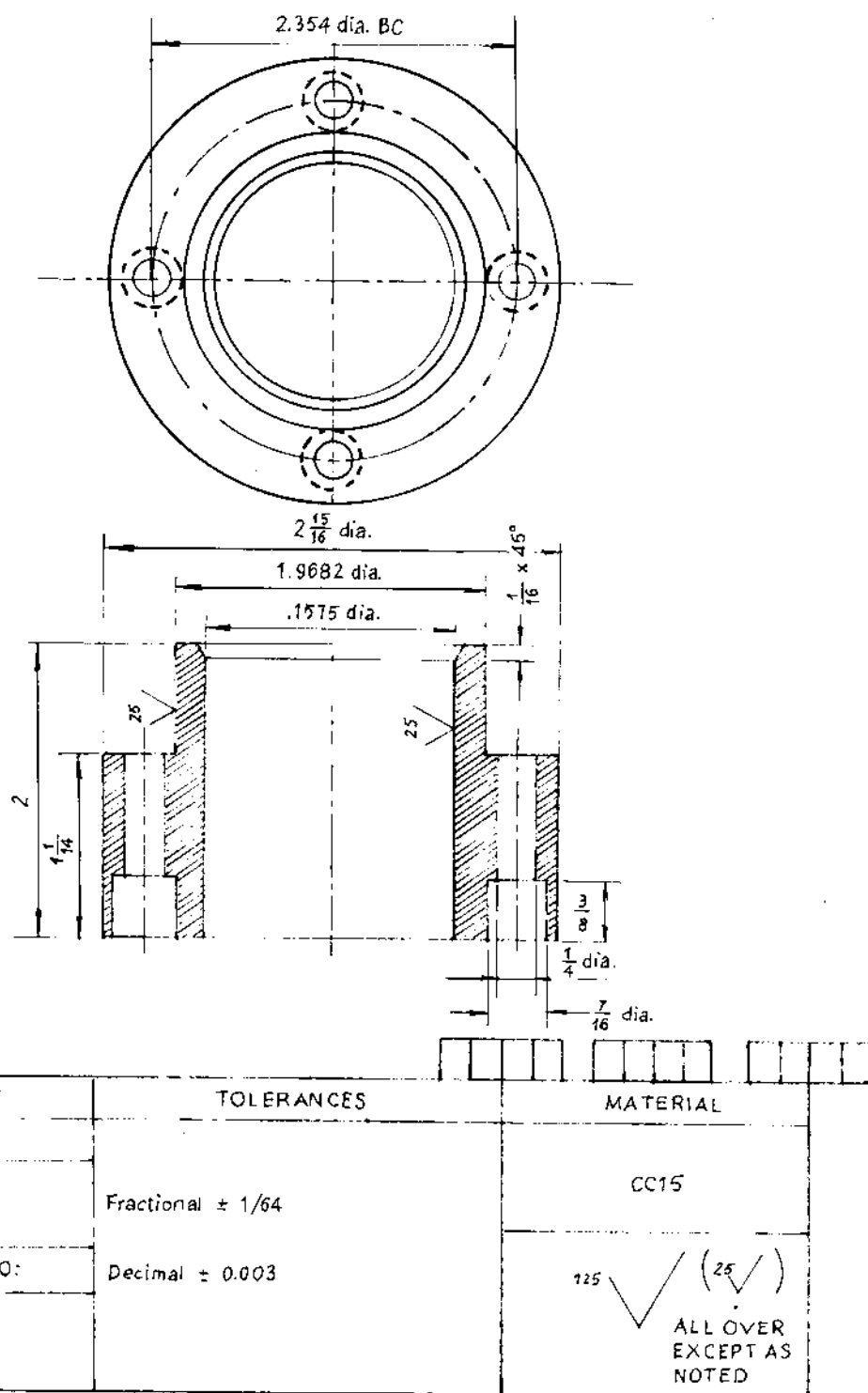
Số hiệu phân loại của MICLASS có thể gồm từ 12 đến 30 chữ số. 12 chữ số đầu là mã vạn năng, có thể áp dụng cho bất kỳ vật làm nào. Từ chữ số thứ 13 trở đi dùng để đánh mã dữ liệu riêng cho từng công ty hoặc ngành công nghiệp cụ thể. Chẳng hạn kích thước lô, dữ liệu về chi phí, trình tự gia công..., có thể được đánh mã trong 18 chữ số bổ sung này.

Thuộc tính vật làm được đánh mã trong 12 chữ số đầu tiên như sau:

Chữ số thứ 1	Hình dáng chung
2 và 3	Các yếu tố hình dáng
4	Vị trí của các yếu tố hình dáng
5 và 6	Các kích thước chủ yếu
7	Tỷ số kích thước
8	Kích thước phụ
9 và 10	Dung sai
11 và 12	Vật liệu.

Một trong những nét độc đáo của MICLASS là có thể dùng máy tính để đánh mã vật làm theo cách tương tác người - máy. Để phân loại một vật làm, ta phải đáp lại một loạt câu hỏi của máy. Số lượng câu hỏi tùy thuộc vào độ phức tạp của vật làm đó. Với vật làm đơn giản cũng cần đến bảy câu hỏi để phân loại. Với vật làm có độ phức tạp trung bình, số câu hỏi là 10 đến 20. Trên cơ sở câu trả lời của người sử dụng, máy tính sẽ gán một mã thích hợp. Vì nhà phát triển hệ thống - TNO, là một tổ chức quốc tế, nên chương trình cho phép chuyển đổi sang một trong bốn thứ tiếng: Anh, Pháp, Đức và Hà Lan. Đồng thời nó cũng cho phép sử dụng cả hai đơn vị đo là tấc Anh (in) và mét. Dưới đây chúng ta sẽ xem xét một ví dụ minh họa.

Ví dụ 7.2. Hình 7.8 giới thiệu một bạc đồ hình trụ kích thước cho theo đơn vị in. Việc phân loại và đánh mã được thực hiện bằng phần mềm MICLASS trên máy tính. Hình 7.9 là bản sao cuộc hội thoại người máy do máy tính in ra. Hầu hết câu hỏi đều cần người sử dụng trả lời "Yes" hoặc "No". Khi cuộc hội thoại kết thúc, máy tính sẽ in ra kết quả (là một mã số). Với vật làm này, mã phổ quát (12 chữ số đầu) là 1271 3231 3144.



Hình 7.8. Vật làm trong ví dụ 7.2.

```

1 | VERSION -A-
  |
  | 3 MAIN DIMENSIONS (WHEN ROT.PART D.L AND 0) 2.9375 2 0
  |   DEVIATION OF ROTATIONAL FORM? NO
  |   CONCENTRIC SPIRAL GROOVES? NO
  |   TURNING ON OUTERCONTOUR (EXCEPT ENDFACES)? YES
  |   SPECIAL GROOVES OR CONE(S) IN OUTERCONTOUR? NO
  |   ALL MACH. DIAM. AND FACES VISIBLE FROM ONE END ( EXC. ENDFACE + GROOVES)
  |   TYPING ERROR, ANSWER AGAIN? YES
  |   INTERNAL TURNING? YES
  |       INTERNAL SPECIAL GROOVES OR CONE (S)? NO
  |       ALL INT. DIAM. + FACES VISIBLE FROM 1 END (EXC.GROOVES)? YES
2 | ALL DIAM. + FACES (EXC. ENDFACE) VISIBLE FROM ONE SIDE? YES
  |   ECC. HOLING AND/OR FACING AND/OR SLOTTING? YES
  |       IN INERFORM AND/OR FACES (INC. ENDFACES)? YES
  |       IN OUTERFORM? NO
  |   ONLY KEYWAYING ETC.? NO
  |   MACHINED ONLY ONE SENSE? YES
  |       ONLY HOLES ON A BOLTCIRCLE AT LEAST 3 HOLES? YES
  |   FORM-OR THREADING TOLERANCE? NO
  |   DIAM. ROUGHNESS LESS THAN 33 RU (MICRO-INCHES)? YES
  |       SMALLEST POSITIONING TOL. FIELD?. 016
  |       SMALLEST LENGTH TOL. FIELD?. 0313
  |
  | 3 | MATERIAL NAME? CC15
  |
  |   CLASS. NR. = 1271 3231 3144
  |   *****
  |
  | 4 | DRAWING NUMBER MAX 10 CHAR? 7
  |   NOMENCLATURE MAX 15 CHAR? BUSHING
  |   CONTINUE (1), STOP (2), SECOND PART AGAIN (3)? 2
  |   PROGRAM STOP AT 4690
  |   USED _____ UNITS

```

Hình 7.9. Xác định mã số của vật làm trong ví dụ 7.2 bằng chương trình MICLASS trên máy tính.

3. **Hệ thống CODE:** CODE là hệ phân loại và đánh mã vật làm do MDSI (Manufacturing Data System, Inc), có trụ sở tại Michigan, USA, thiết kế và chào bán trên thị trường. Ứng dụng phổ quát nhất của nó là trong thiết kế công nghiệp, nhưng nó cũng có thể dùng trong lập quy trình công nghệ chế tạo, mua sắm, thiết kế dao và quản lý kho.

CODE có tám ký hiệu, mỗi ký hiệu có thể có 16 giá trị (từ 0 đến 9 và A đến F), dùng để thể hiện các đặc tính thiết kế và chế tạo của vật làm. Vị trí ký hiệu

đầu tiên cho biết hình dáng cơ bản của vật làm và được gọi là "phân nhóm chính" (Major Division) của hệ CODE. Ký hiệu này được dùng để biết hình dáng vật làm là trụ, tấm phẳng, khối, v.v. Việc diễn dịch bảy ký hiệu còn lại phụ thuộc vào giá trị của ký hiệu thứ nhất, nhưng chúng tạo thành cấu trúc kiểu dây xích. Vì thế CODE có cấu trúc *lai ghép*.

MAJOR DIVISION						BASIC CHART	
1						CONCENTRICS OTHER THAN PROFILED	
DESCRIPTOR	SECOND O.D. OR SECTION	THIRD CENTER HOLE	FOURTH HOLES (other than center hole)	FIFTH GROOVES THREADS	SIXTH MISCELLANEOUS	SEVENTH MAX O.D. (8) or section across flats	EIGHTH MAX. OVERALL LENGTH
0	OTHER THAN	OTHER THAN	OTHER THAN OR NONE	OTHER THAN OR NONE	OTHER THAN OR NONE	> <	> <
1	CYLINDER single	NONE	LONGITUDINAL other than bolt circle	GROOVE (S) ⁽⁹⁾ external	CONCENTRIC VARIATIONS	NONE	NONE
2	CYLINDER multi-concave	SINGLE I.D. (4) thru going	RADIAL round	GROOVE (S) internal	PROTRUSION (S) ⁽⁵⁾ from main shape	.10 2.54	1.00 25.40
3	CYLINDER multi-convex	SINGLE I.D. (4) blind	1 & 2	1 & 2	1 & 2	.16 4.06	1.60 40.64
4	CYLINDER multi-conical	SINGLE I.D. (4) thru going threaded	RADIAL (6) other than round	GROOVE (S) ⁽¹⁾ on face (5)	SLOT (S)	.27	
5	CYLINDER multi-variable	SINGLE I.D. (4) blind threaded	1 & 4	1 &			
6	CONE single	MULTI I.D. (4) thru going	2				
7	CONE multi- concave	MULTI I.D. (4) blind					
8	DOUBLE- CONVEX	MULTI I.D. thru going threaded	BOLT CIRCLE min. two holes or slots	THREADS on O.D.	FLAT (S) ⁽⁷⁾ hex tri-lobe square, D, etc	1.20 30.48	2.00 50.80
9	SPHERICAL PORTION	MULTI blind					
A	CYLINDER max section trion						

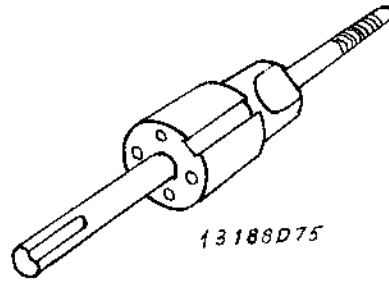
Hình 7.10. Một phần hệ thống CODE do MDSI tạo ra.

Ký hiệu thứ hai và thứ ba cho biết thông tin bổ sung liên quan đến hình dáng cơ bản và quy trình chế tạo chủ yếu của vật làm. Ký hiệu thứ 4, thứ 5 và thứ 6 cho biết các quy trình chế tạo thứ cấp như làm ren, tiện rãnh, làm khe,

Chương 7. CÔNG NGHỆ NHÓM

v.v... Ký hiệu thứ 7 và thứ 8 để xác định kích thước bao của vật làm (chẳng hạn đường kính và chiều dài của vật tiện) bằng cách nhận diện nó trong 16 khoảng của hai chiều kích thước bao. Hình 7.10 trình bày một phần của bảng xác định dùng cho ký hiệu từ thứ 2 đến thứ 8, còn ký hiệu thứ nhất đã cho biết rằng vật làm được phân loại vào nhóm hình trụ ("phân nhóm chính" 1 gồm các vật làm đồng tâm). Chúng ta sẽ lấy ví dụ sau đây làm minh họa.

Ví dụ 7.3. Hình 7.11 thể hiện một chi tiết quay sẽ được phân loại theo hệ CODE. Là người phân tích để lập mã, trước hết ta phải xác định được vật làm này thuộc "Phân nhóm chính" nào. Trong trường hợp này, là một chi tiết quay nên rõ ràng nó thuộc phân nhóm chính 1. Sau đó căn cứ vào sơ đồ mã, chúng ta xác định được bằng ký hiệu còn lại (tra bảng 7.10 ta được ký hiệu thứ hai là 1) Mã đầy đủ của chi tiết này là 13188D75.



Hình 7.11. Vật làm dùng cho ví dụ 7.3.

7.5. PHÒNG MÁY BỐ TRÍ THEO CÔNG NGHỆ NHÓM

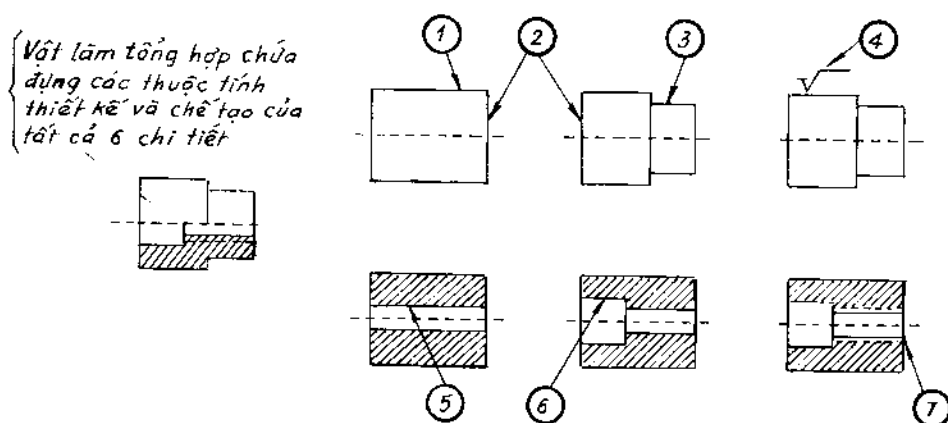
Quan điểm truyền thống về công nghệ nhóm là bao hàm cả phòng máy bố trí theo công nghệ này, tức là nhóm máy được sắp xếp để chế tạo họ vật làm giống nhau. Sự sắp xếp đó được thiết kế sao cho dòng sản xuất trong từng phòng máy đạt hiệu quả tốt. Nó cũng tạo nên một sự chuyên môn hóa về lao động và máy móc trong phòng để sản xuất các họ vật làm cụ thể, làm cho năng suất của phòng máy được tăng lên.

Mặc dù có những ưu điểm như vậy, nhưng việc phá vỡ cấu trúc một phân xưởng được "bố trí theo loại gia công" truyền thống (hình 7.3) để tổ chức theo công nghệ nhóm (hình 7.4) lại là một vấn đề tương đối khó khăn. Đó chắc chắn là một trong những lý do làm hạn chế công nghệ nhóm được áp dụng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo. Hiện có nhiều nhà thực hành biện hộ rằng không cần bố trí lại thiết bị máy móc trong xưởng thành nhiều phòng máy vẫn có thể tận dụng được các lợi ích của công nghệ nhóm. Không đi sâu vào cuộc tranh luận này, sau đây chúng ta sẽ xem xét một số khía cạnh quan trọng của các phòng máy bố trí theo công nghệ nhóm.

7.5.1. Khái niệm vật làm tổng hợp

Họ vật làm được xác định dựa trên một thực tế là các thành viên trong một họ đều có những thuộc tính thiết kế và chế tạo giống nhau. Khái niệm *vật làm tổng hợp* cũng xuất phát từ thực tế này để đưa ra một vật làm giả định, thể hiện tất cả mọi thuộc tính thiết kế và chế tạo mà mọi thành viên trong họ đều có. Một vật làm giả định như vậy được minh họa ở hình 7.12. Để sản xuất một trong các thành viên của họ, các nguyên công được thêm vào hoặc bớt đi tương ứng với các thuộc tính của thành viên đó. Ví dụ vật làm tổng hợp ở hình 7.12 là chi tiết quay được tạo bởi bảy đặc điểm thiết kế và chế tạo khác nhau, được liệt kê trong bảng 7.2.

Lúc đó một phòng máy nên được thiết kế sao cho có đủ bảy khả năng chế tạo này.



Hình 7.12. Ví dụ về một vật làm tổng hợp.

Bảng 7.2

Thuộc tính thiết kế và chế tạo của vật làm tổng hợp ở hình 7.12.

Số T.T	Thuộc tính thiết kế và chế tạo
1	Nguyên công tiện đối với mặt trụ ngoài
2	Nguyên công tiện xén hai mặt đầu
3	Nguyên công tiện đối với mặt trụ bậc
4	Nguyên công mài mặt trụ ngoài đạt đến độ bóng yêu cầu
5	Nguyên công khoan lỗ suốt
6	Nguyên công khoét rộng lỗ
7	Nguyên công ren lỗ

Máy công cụ, đồ gá kẹp và dao cắt sẽ được chuẩn bị và đặt sao cho dòng vật làm đi qua phòng máy được hợp lý. Một vật làm với bảy thuộc tính như vật

làm tổng hợp cho ở hình 7.12 lúc đó sẽ đi qua tất cả bảy bước gia công. Với những vật làm không có đủ bảy thuộc tính trên thì chỉ cần bỏ bớt những nguyên công không cần thiết.

Trong thực tế, số thuộc tính thiết kế và chế tạo có thể nhiều hơn bảy và do đó phải có thêm nhiều nguyên công hơn, tương ứng với hình dáng và kích thước tổng thể của các vật làm trong họ. Dù thế nào đi nữa thì khái niệm vật làm tổng hợp sẽ giúp hình dung bài toán thiết kế phòng máy trở nên rõ ràng hơn.

7.5.2. Các loại phòng máy bố trí theo công nghệ nhóm

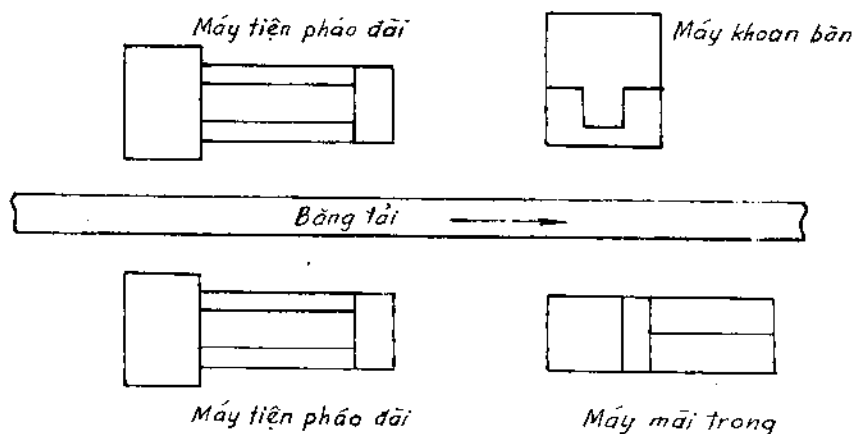
Phòng máy có thể bố trí theo ba mẫu sau:

- Phòng máy đơn,
- Bố trí máy theo nhóm,
- Bố trí máy theo dây chuyền.

1. *Phòng máy đơn* được dùng cho những vật làm mà các thuộc tính của chúng có thể đạt được, về cơ bản, chỉ trên một kiểu gia công như tiện hay mài. Chẳng hạn, vật làm tổng hợp như ở hình 7.12 có thể chỉ cần gia công trên một máy tiện vạn năng, ngoại trừ nguyên công mài tròn ngoài (nguyên công số 4 trong bảng 7.2). Thậm chí nguyên công này vẫn có thể thực hiện trên máy tiện nếu chấp nhận một chút phiền toái.

2. *Phòng máy bố trí theo nhóm*: ở đây từng nhóm máy làm việc với nhau, không có sẵn băng tải để vận chuyển vật làm giữa các máy trong nhóm. Phòng máy chỉ có những máy cần cho sản xuất một họ vật làm nhất định, và chúng được tổ chức với các đồ gá kẹp, dụng cụ cắt và người vận hành thích hợp để sản xuất họ vật làm đó sao cho có hiệu quả.

3. *Phòng máy bố trí theo dây chuyền*, trong đó một nhóm máy liên quan với nhau thông qua một hệ thống băng chuyền. Mặc dù cách bố trí này phù hợp với dây chuyền vận chuyển tự động, nhưng có nhược điểm là tất cả mọi vật làm trong họ đều phải thông qua các máy theo một trình tự như nhau, dẫn rằng có những chi tiết không cần qua một vài nguyên công nào đó. Cũng có thể đảo chiều dòng vận chuyển vật làm bằng một cách bố trí máy phức tạp hơn, nhưng cách này không phù hợp với sản xuất theo dây chuyền. Hình 7.13 trình bày một phương án thiết kế phòng máy bố trí theo dây chuyền để sản xuất họ vật làm ở hình 7.12.



Hình 7.13. Phòng máy bố trí theo dây chuyền.

7.6. LỢI ÍCH CỦA CÔNG NGHỆ NHÓM

Mặc dù công nghệ nhóm được xem là một nguyên tắc quan trọng đối với các nhà máy sản xuất trong tương lai, nhưng hiện nó vẫn chưa được ứng dụng rộng rãi như mong đợi, đó là vì: thứ nhất, sắp xếp lại máy móc trong nhà máy thành các phòng máy làm việc theo công nghệ nhóm là việc làm khó khăn như đã nói. Nhiều công ty chưa thể lựa chọn công nghệ nhóm chỉ vì vấn đề chi phí và xáo trộn sản xuất do chuyển đổi gây ra. Thứ hai là khó khăn trong việc phân loại và đánh mã vật làm, về mặt kỹ thuật cũng như về mặt tài chính. Không những đây là việc làm khó, mà nó còn đòi hỏi một sự đầu tư thỏa đáng về thời gian và nhân lực. Nhiều vị giám đốc thường có cảm giác dành sự đầu tư đó cho một dự án nào khác sẽ tốt hơn là cho công nghệ nhóm mà lợi ích của nó chưa chắc chắn trong tương lai. Lý do cuối cùng là nói chung, các công ty thường gặp sự chống đối từ phía đội ngũ vận hành máy khi họ phải chuyển đổi sang một cách làm ăn mới.

Một khi đã vượt qua những khó khăn trên và công nghệ nhóm được áp dụng thì nói chung công ty sẽ nhận ra lợi ích của nó trong các lĩnh vực sau đây:

- Thiết kế sản phẩm,
- Chuẩn bị dụng cụ và gá đặt,
- Nâng - chuyển vật liệu,
- Điều khiển sản xuất và quản lý kho,
- Sự hài lòng của người làm,
- Thiết kế quy trình công nghệ.

1. *Các lợi ích về thiết kế sản phẩm:* Trong lĩnh vực này, việc sử dụng một hệ thống phân loại và đánh mã vật làm cùng một hệ thiết kế khả truy chạy trên máy tính, sẽ đem lại những cải thiện và lợi ích đáng giá. Khi cần thiết kế một chi tiết mới, người thiết kế có thể dành ra ít phút để xác định mã cho chi tiết đó. Công việc tiếp theo là trích xuất những bản vẽ chi tiết có sẵn có cùng mã với chi tiết cần thiết kế để chọn lấy chi tiết nào phù hợp nhất. Chỉ dành ra mấy phút để tìm hồ sơ thiết kế với sự trợ giúp của hệ thống phân loại và đánh mã, có thể tiết kiệm được nhiều giờ thiết kế. Nếu chi tiết chọn ra không hoàn toàn phù hợp thì cũng chỉ cần vài thay đổi nhỏ là có thể đạt yêu cầu. Hệ thống thiết kế khả truy tự động giúp bỏ được sự thiết kế trùng lặp và tránh có quá nhiều bản vẽ mới không cần thiết.

Ưu điểm khác của công nghệ nhóm trong thiết kế là cải thiện được quy trình dự toán giá thành và thúc đẩy tiêu chuẩn hóa thiết kế. Các đặc điểm thiết kế như bán kính góc lượn, vát mép hay dung sai lắp ghép,... càng dễ được tiêu chuẩn hóa nhờ công nghệ nhóm.

2. *Chuẩn bị dụng cụ và gá đặt:* Công nghệ nhóm còn giúp thúc đẩy tiêu chuẩn hóa một số lĩnh vực trong chế tạo, trong đó phải kể đến tiêu chuẩn hóa dụng cụ và gá đặt.

Về *dụng cụ*, người ta đã tìm cách thiết kế các đồ gá và thiết bị kẹp theo nhóm sao cho phù hợp với mọi thành viên trong họ vật làm. Người ta cũng đã thiết kế những thiết bị tháo dỡ vật làm có thể dùng bộ điều hợp để chuyển đổi thiết bị kẹp thông thường thành thiết bị kẹp thích hợp cho mọi chi tiết của họ vật làm.

Về *gá đặt* và chuẩn bị cắt gọt, các máy công cụ trong một phòng máy làm việc theo công nghệ nhóm không cần có những thay đổi lớn, vì các vật làm là tương tự nhau. Do đó thời gian gá đặt và chuẩn bị máy được rút ngắn, đồng thời tạo khả năng gia công vật làm theo một trình tự sao cho có thể giảm thiểu số lần thay đổi gá đặt ở mức có thể được.

3. *Nâng chuyển vật liệu:* Một ưu điểm khác của công nghệ nhóm là rút ngắn thời gian di chuyển vật làm và thời gian chờ đợi. Cách bố trí máy theo công nghệ nhóm tự nó cũng góp phần làm cho đường đi của dòng vật liệu qua phân xưởng trở nên có hiệu quả. Rõ nét nhất là khi so sánh dòng vật liệu đi trong mặt bằng bố trí theo công nghệ nhóm (hình 7.4) với dòng vật liệu đi trong mặt bằng bố trí theo loại gia công truyền thống (hình 7.3).

4. *Điều khiển sản xuất và quản lý kho:* Lợi ích của công nghệ nhóm đối với lĩnh vực này thể hiện ở mấy điểm sau đây: Tiến độ sản xuất được giản tiện hơn, vì nhóm máy lại thành từng cụm sẽ giảm bớt lượng trạm gia công cần đưa vào tiến độ. Nhóm vật làm lại thành từng họ còn giúp giảm bớt tính phức tạp và

giảm bớt mức độ của bài toán lập tiến độ của vật làm. Còn đối với những vật làm mà các phòng máy không thể gia công được thì cũng có thể dành nhiều quan tâm tới việc điều kiện kiểm soát chúng. Do các phòng máy ở đây có thể làm giảm các công việc gá đặt và tăng hiệu quả các công việc nâng - chuyển, nên thời gian hướng dẫn gia công, các thao tác trong gia công và công tác phân phối vật làm sau gia công, đều được giảm xuống.

5. *Sự hài lòng của người làm*: Phòng máy trong công nghệ nhóm thường cho phép vật làm được gia công từ nguyên liệu thô đến khi thành thành phẩm do một nhóm nhỏ công nhân thực hiện. Do vậy họ có thể hình dung được sự đóng góp của mình cho công ty một cách rõ ràng hơn. Điều đó góp phần nâng cao ý thức và tình cảm cũng như sự hài lòng của công nhân đối với công việc.

Một lợi ích khác nữa là chất lượng sản phẩm sẽ được quan tâm tốt hơn. Chất lượng vật làm dễ được theo dõi hơn tại từng máy cụ thể, do vậy công nhân sẽ có trách nhiệm hơn đối với chất lượng công việc được giao. Cách bố trí máy theo loại gia công không có được ưu điểm ấy vì rất khó theo dõi khuyết tật vật làm, do đó tất yếu phải có công tác kiểm tra chất lượng.

6. *Thiết kế quy trình công nghệ*: Thời gian và chi phí dành cho việc thiết kế quy trình công nghệ có thể giảm thấp nhờ tiêu chuẩn hóa sinh ra từ công nghệ nhóm. Một bản vẽ chi tiết mới - được chỉ ra nhờ mã số của nó, từ một họ vật làm cụ thể mà bản thiết kế quy trình công nghệ tổng quát của chúng đã có sẵn rồi. Có thể viết logic của quy trình đó thành phần mềm để tạo nên một hệ thống thiết kế quy trình công nghệ tự động chạy trên máy tính. Chương 8 sẽ trình bày chi tiết về chủ đề này.

BÀI TẬP CHƯƠNG 7

- 7.1.** Xác định mã hình dáng (năm chữ số đầu) trong hệ Optiz cho vật làm ở hình 7.1. Giả sử vật làm có các kích thước như sau: chiều dài phủ bì = 65 mm, đường kính ngoài của bạc lớn và bạc nhỏ lần lượt là 55 mm và 40 mm, chiều dài của bạc lớn và bạc nhỏ lần lượt là 25 mm và 40 mm.
- 7.2.** Cũng như bài tập 7.1 nhưng cho vật làm ở hình 7.12, với các kích thước như sau: chiều dài phủ bì 75 mm, đường kính ngoài của bạc lớn và bạc nhỏ (nếu có) lần lượt là 60 mm và 45 mm. Chiều dài bạc lớn và bạc nhỏ (nếu có) lần lượt là 45 mm và 30 mm. Đường kính lỗ lớn và lỗ nhỏ lần lượt là 32mm và 10 mm, làm ren M12.
- 7.3.** Thiết kế một hệ thống phân loại và đánh mã vật làm gồm không quá bốn chữ số để có thể đánh số một cách đơn nhất các kiểu phối hợp khả dĩ khác nhau về các thuộc tính của vật làm tổng hợp ở hình 7.12. Hệ thống đánh mã này chỉ tính đến kích thước, các đặc điểm hình dáng, không xét đến vật liệu. Hệ đánh mã này thuộc cấu trúc gì: kiểu phân cấp, kiểu dây xích hay lai ghép? ý nghĩa của từng chữ số trong mã là gì? Một chữ số có thể mang bao nhiêu giá trị khác nhau?
- (Chú ý: Để trả lời bài tập này, cần suy nghĩ cẩn thận và đầu tư nhiều thời gian).

Chương 8

LẬP QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CÓ MÁY TÍNH TRỢ GIÚP

8.1. CHỨC NĂNG CỦA LẬP QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ

Trong chương này chúng ta sẽ xem xét các chức năng của việc lập quy trình công nghệ trên máy tính. Để lập quy trình công nghệ, chúng ta phải xác định trình tự các nguyên công chế tạo cần thiết khác nhau để sản xuất một vật làm (hay sản phẩm) đã cho. Trình tự các nguyên công đó sẽ được biên soạn ra dưới dạng một bản quy trình công nghệ. Bản quy trình này là một bản liệt kê gồm các nguyên công chế tạo kèm theo máy công cụ tương ứng.

Quan hệ mật thiết với việc lập quy trình công nghệ là công tác xác định các điều kiện cắt gọt tương ứng với từng nguyên công chế tạo và công tác thiết lập định mức thời gian. Tất cả các công tác này : lập quy trình công nghệ, xác định các điều kiện cắt gọt và thiết lập định mức thời gian, theo truyền thống vẫn được tiến hành ở dạng rất thủ công và có tính văn phòng nhàm chán. Đó là những công việc "cạo giấy" mà những quyết định gần giống hoặc thậm chí giống hệt nhau cứ lặp đi lặp lại mãi. Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ thông tin, những quyết định như thế đã được tự động thực hiện nhờ sự trợ giúp của máy tính. Trong bốn mục đầu của chương này chúng ta sẽ xem xét các chức năng lập quy trình công nghệ và máy tính được sử dụng để thực hiện các chức năng đó như thế nào. Hai mục còn lại (8.5 và 8.6) sẽ lần lượt trình bày các hệ dữ liệu chế tạo máy và vấn đề định mức thời gian trên máy tính.

8.1.1. Lập quy trình công nghệ theo cách truyền thống

Trong các bản quy trình công nghệ của các công ty và ngành sản xuất, ta có thể tìm thấy nhiều mức độ chi tiết khác nhau. Ở mức đơn giản nhất, bản quy trình công nghệ chỉ gói gọn trong bản in chi tiết căn gia công với lời chỉ dẫn : "làm theo bản vẽ". Còn thông thường thì hầu hết các hãng đều đưa ra một bản liệt kê tỉ mỉ hơn gồm các bước, mô tả từng nguyên công và chỉ rõ từng trạm công

tác thực hiện nguyên công đó. Dù ở mức độ nào thì theo truyền thống, việc lập bản quy trình công nghệ để chế tạo vật làm là nhiệm vụ của người kỹ sư công nghệ hay kỹ sư chế tạo tại nhà máy. Trình tự của quy trình công nghệ phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm và sự xét đoán của người lập ra nó. Thiết lập ra một bản quy trình công nghệ hợp lý (tối ưu) cho từng chi tiết/vật làm mới là nhiệm vụ của người kỹ sư công nghệ. Tuy nhiên, mỗi kỹ sư đều có ý kiến riêng của mình về việc thiết kế bản quy trình công nghệ đó như thế nào cho tốt nhất. Do vậy cũng sẽ có sự khác nhau về trình tự các nguyên công giữa các bản thiết kế đó. Hơn nữa, luôn có những khó khăn trong thủ tục lập quy trình công nghệ truyền thống. Các máy mới trong hãng thường phải thực hiện các bản quy trình công nghệ dưới mức tối ưu. Mỗi khi máy hỏng lại buộc cán bộ dưới xưởng phải sử dụng bản quy trình tạm thời, và rồi nó lại trở thành văn bản chính thức ngay cả sau khi máy đã được sửa xong. Vì các lý do này cùng một số lý do khác nữa, mà phần nhiều các bản quy trình công nghệ được dùng trong chế tạo đều không tối ưu.

8.1.2. Lập quy trình công nghệ tự động

Do những vấn đề vấp phải khi lập quy trình công nghệ thủ công, nhiều năm qua người ta đã cố gắng cải thiện chức năng quan trọng này bằng cách nắm bắt tính logic, đầu óc phê phán và kinh nghiệm tích lũy được rồi kết hợp chúng vào chương trình máy tính. Trên cơ sở những đặc điểm của vật làm đã cho, chương trình đó sẽ tự động tạo ra trình tự các nguyên công chế tạo.

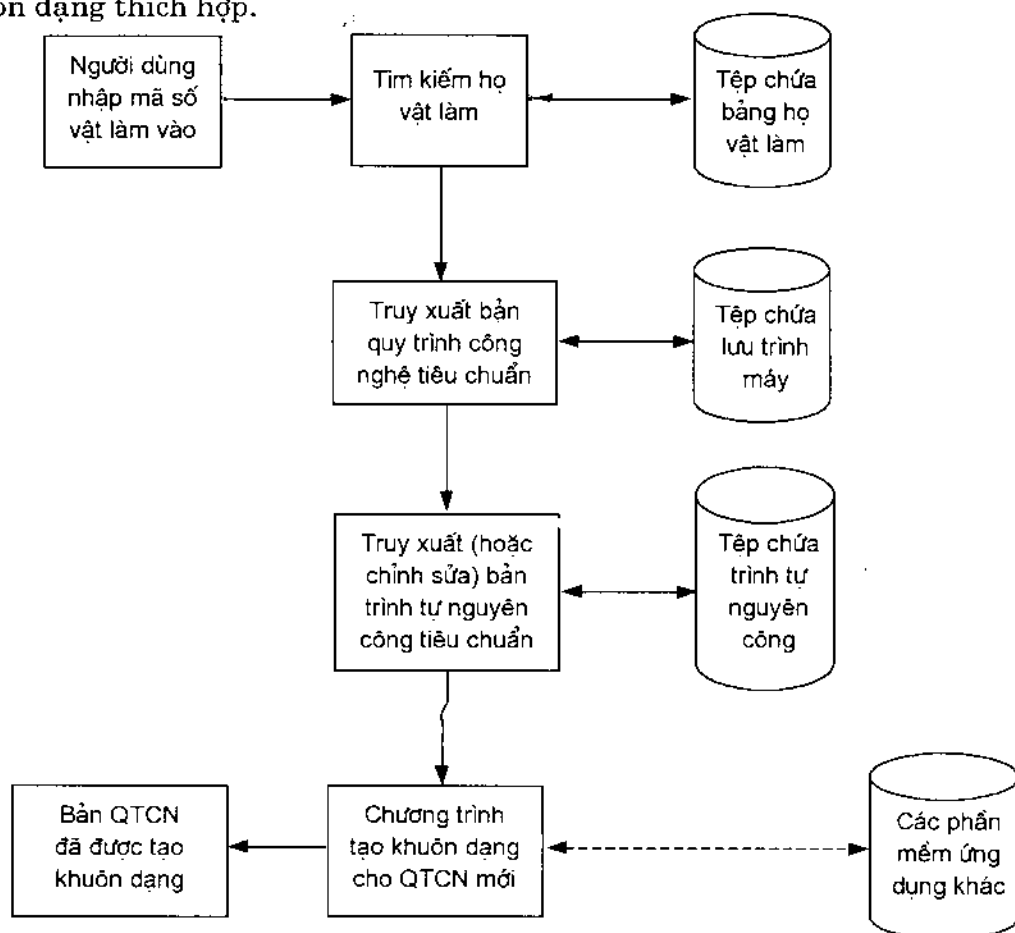
Một hệ lập quy trình công nghệ có máy tính trợ giúp sẽ là công cụ đầy tiềm năng để giảm nhẹ công việc văn phòng tẻ nhạt cho người kỹ sư công nghệ. Đồng thời nó còn cho ta cơ hội tạo ra các bản quy trình công nghệ hợp lý, nhất quán và có thể là tối ưu nữa. Sau đây chúng ta sẽ xem xét hai hệ như vậy, có tên là "hệ lập quy trình công nghệ khả truy" và "hệ quy trình công nghệ khả sinh".

8.2. HỆ LẬP QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ KHẢ TRUY

Hệ này lấy hệ thống phân loại và đánh mã vật làm và công nghệ nhóm làm nền tảng. Trong cách tiếp cận này, vật làm mà nhà máy cần sản xuất sẽ được nhóm lại thành từng *họ*, phân biệt nhau dựa trên các đặc điểm chế tạo. Mỗi một họ được xây dựng một quy trình công nghệ tiêu chuẩn riêng. Các quy trình này được cất vào tệp (file) trong máy tính để rồi sau đó sẽ được truy xuất ra để phục vụ cho chi tiết mới có cùng đặc điểm với *họ* (vì thế được gọi là *khả truy*). Hệ thống phân loại và đánh mã vật làm cần có một hình thức nào đó để tổ chức thành tệp và cho phép truy xuất thuận lợi quy trình công nghệ tương ứng với vật làm cần thiết kế mới. Cũng có thể có những vật làm đòi hỏi phải chỉnh sửa lại quy trình công nghệ hiện hữu. Việc chỉnh sửa (edit) này xảy ra khi

các yêu cầu chế tạo một vật làm mới hơi khác với tiêu chuẩn. Trình tự mà vật làm đó phải đi qua các máy có thể vẫn như vậy, nhưng các nguyên công cụ thể cần được thực hiện trên mỗi máy thì có thể thay đổi. Các nguyên công cần có cũng như trình tự các máy mà vật làm phải đi qua đều phải được biên soạn ra trong toàn bộ quy trình công nghệ. Do khả năng thay đổi được như vậy, nên hệ này đôi khi còn được gọi là "hệ lập quy trình công nghệ khả biến", hay nói gọn là "hệ *khả biến*".

Hình 8.1 giới thiệu trình tự được sử dụng trong một hệ lập quy trình công nghệ khả truy. Đầu tiên, người dùng nhập mã số vật làm vào máy tính thông qua bàn phím. Phần mềm lập quy trình công nghệ sẽ tìm đến tệp chứa bảng các họ vật làm để xác định xem mã ấy có khớp với một họ nào không. Nếu khớp, tức là họ đó có một mã số trùng với mã số được nhập vào từ bàn phím, thì trình tự máy và trình tự nguyên công tiêu chuẩn được truy xuất ra từ các tệp tương ứng để hiển thị lên màn hình. Quy trình công nghệ tiêu chuẩn (mẫu) được người dùng xem xét để nếu cần thì có những chỉnh sửa (edit) cần thiết cho phù hợp với đặc điểm cụ thể của vật làm mới. Sau khi công việc chỉnh sửa hoàn tất, chương trình máy tính tạo khuôn dạng sẽ biên soạn quy trình này lên giấy theo một khuôn dạng thích hợp.



Hình 8.1. Dòng thông tin trong một hệ lập quy trình công nghệ khả truy.

Nếu không thể tìm ra sự trùng hợp hoàn toàn giữa mã số của vật làm mới với một mã số nào có trong tệp máy tính, thì người dùng tìm kiếm trong máy tính tệp chứa bản lưu trình máy và tệp chứa trình tự nguyên công của những vật làm tương tự để lập quy trình công nghệ cho vật làm mới. Một khi bản quy trình công nghệ dùng cho vật làm mới đã được nhập vào máy tính thì nó sẽ trở thành bản quy trình tiêu chuẩn cho các vật làm cùng họ trong tương lai.

Ở hình 8.1, tệp chứa lưu trình máy được tách khỏi tệp chứa bảng họ vật làm để nhấn mạnh rằng lưu trình máy có thể áp dụng cho không chỉ một mà cho cả khoảng họ vật làm và mã số khác nhau. Việc tìm sự trùng hợp trong tệp chứa lưu trình máy thì dễ hơn là trong tệp chứa trình tự nguyên công. Một số hệ lập quy trình công nghệ khả truy thường sử dụng một tệp trong đó kết hợp tệp chứa trình tự nguyên công với tệp chứa lưu trình máy. Còn chương trình tạo khuôn dạng thì có thể sử dụng một số phần mềm ứng dụng khác nữa. Đó có thể là những phần mềm tính toán điều kiện cắt, định mức lao động, định mức chi phí. Có thể sử dụng chương trình tính định mức chi phí để xác định tổng chi phí sản phẩm phục vụ cho mục đích tính giá thành.

Một số hệ lập quy trình công nghệ khả truy có máy tính trợ giúp hiện đã được ứng dụng như MIPLAN, CAPP, COMCAPP, v.v... Sau đây chúng ta sẽ dùng MIPLAN làm ví dụ minh họa cho các hệ nói trên.

Ví dụ 8.1. MIPLAN là một gói phần mềm dùng để lập quy trình công nghệ khả truy, chạy trên máy tính, gồm có nhiều môđun vận hành theo cách hội thoại người máy.

Để chạy MIPLAN, người dùng có thể lựa một trong bốn tùy chọn khác nhau để tạo ra bản quy trình công nghệ đối với vật làm đã cho.

1. Khi lựa tùy chọn thứ nhất, người dùng sẽ phải nhập một mã số vật làm để truy xuất một bản quy trình công nghệ tiêu chuẩn từ trong máy tính ra rồi chỉnh sửa theo yêu cầu. Để tạo ra mã số vật làm, người dùng có thể dựa vào hệ thống phân loại và đánh mã vật làm kiểu khả truy có tên MICLAS (xem mục 7.4).
2. Với tùy chọn thứ hai, thông tin cần nhập vào là một mã số trùng với mã số đã có trong máy tính (chứ không phải mã số chưa chắc có sẵn). Một quy trình công nghệ tương ứng sẽ được truy xuất ra và người dùng có thể dùng ngay, cũng có thể chỉnh sửa nó nếu cần.
3. Với tùy chọn này, người dùng có thể sử dụng mẫu soạn thảo có sẵn trong máy tính để phác thảo ra một bản quy trình công nghệ.
4. Với tùy chọn cuối cùng này, người dùng có thể gọi một bản thảo quy trình công nghệ (chưa hoàn thiện) trong máy tính ra để hoàn tất nó. Trường hợp này thường xảy ra khi phải dừng công việc giữa chừng để làm việc khác, người dùng cất tạm bản quy trình đang soạn dở vào máy để sau này lại gọi nó ra làm tiếp.

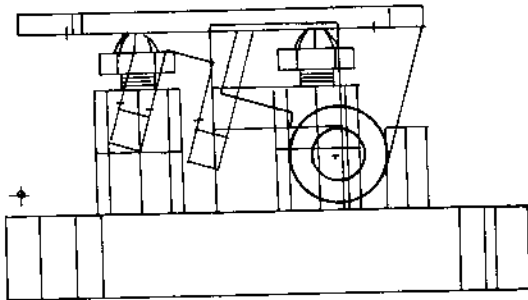
Sau khi bản quy trình công nghệ được hoàn tất bằng cách lựa một trong bốn tùy chọn nói trên, máy tính sẽ in nó lên giấy để người dùng xem xét. Hình 8.2 là một bản in như thế. Người dùng cũng có thể lưu trữ bản quy trình công nghệ đã hoàn tất (hoặc chưa hoàn tất như ở tùy chọn 4) vào tệp, hoặc xóa một quy trình công nghệ có trong tệp khi nó không còn cần thiết nữa.

ORGANIZATION FOR INDUSTRIAL RESEARCH, INC					FACILITY - F1					
PART NUMBER: A63799				S/O #	PRJ #	ORDER QTY	MINIMUM QTY	DUE DATES	PRI #	
PART NAME: SHAFT, ARM										
PLNG REV: 02		DWG REV: 0		A34UB	45D3	1000	935	249	2	
PLANNER: ADAMS										
INSPECTIONS				CODE #: 1310-1181-2111-0000-0100-0000-0000-00						
	#1	#2	#3	SPECIAL INSTRUCTIONS/HANDLING: 1/2" DIA MS-5000, H. R. STEEL (2" LGTHS)						
MFG		FHB								
ENG		PC								
Q/A		AH								
OPER NO	MACH TOOL	OPERATION DESCRIPTION - ASSY INSTRUCTIONS					SETUP TIMES	PIECE TIMES	OPR	
0010	5145	S/U COLLET ROUGH TURN MACHINE PER TAPE NO. LS982A 0.440 DIA. BY 1.175 LENGTH 0.300 DIA. BY 0.8120 LENGTH 0.275 DIA. BY 0.4375 LENGTH FINISH 3/64 GROOVES (TYP) AND CHAMFERS 0.270 DIA. BY 0.375 LENGTH CHAMFER CUTOFF TO 1.906					2.00	0.173		
0015	1026	#2 CENTERS BOTH ENDES					0.25	0.004		
0020	9401	CARBURIZE AND HARDEN					0.50			
0030	4063	S/U BETWEEN CENTERS GRIND OD HOLD CONCENTRICITY HOLD 0.4200 DIM. HOLD 0.2600 DIM. HOLD 0.2815 DIM. HOLD 0.2712 DIM.					1.25	0.0983		
0040	9501	BLAST TO CLEAN						0.001		
0050	9201	CHROME PLATE PER PRINT					0.38			
0060	9805	FINAL INSPECT								

Hình 8.2. Một bản quy trình công nghệ được in từ phần mềm MIPLAN.

Đồ họa máy tính cũng giúp nâng cao chất lượng và mở rộng khả năng của phần mềm MIPLAN. Hình 8.3 minh họa một phần khả năng này, trên đó cho thấy cách gá đặt dụng cụ (để gá kẹp) bên cạnh nguyên công cắt gọt tương ứng. Nhờ khả năng đồ họa của gói phần mềm mà quy trình công nghệ, bản vẽ chi

tiết, quỹ đạo dao cắt và các thông tin khác đều được diễn đạt bằng hình ảnh, tạo thuận lợi cho việc truyền thông giữa các phân xưởng trong nhà máy.

PART NO: 190105		PART NAME: FRONT PLATE	PORMAT:
PLNG REV: 1		DWG REV: A	PLANNER: ADAMS
CODE #: 8798-3711-1189-3433-1400-0000-0000-00			
0040	5002		
		SET UP = 2.50	
		PIECE TIME = 0.350	

Hình 8.3. Một bản in quy trình công nghệ có đồ họa.

8.3. HỆ LẬP QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ KHẢ SINH

Trong cách tiếp cận này, người lập quy trình sử dụng máy tính để tạo ra một quy trình công nghệ cho riêng mình một cách tự động, không có sự can

thiệp của con người. Máy tính sẽ sử dụng một bộ thuật toán để dẫn dắt qua các quyết định kỹ thuật cũng như logic khác nhau mà đi đến một quy trình công nghệ chế tạo cuối cùng. Dữ liệu đầu vào là một bản mô tả đầy đủ về vật làm - có thể là bằng cách sử dụng một dạng mã số vật làm để tóm tắt đặc điểm về nó, nhưng không dính dáng gì đến việc truy xuất các bản quy trình tiêu chuẩn có trong máy. Thay vì việc đó, hệ lập quy trình công nghệ khả sinh trên máy tính sẽ tổng hợp ra một bản trình tự gia công tối ưu dựa trên sự phân tích về hình học vật làm, về vật liệu và về các yếu tố khác có ảnh hưởng đến các quyết định chế tạo.

Trong một gói phần mềm lập quy trình công nghệ khả sinh lý tưởng, bản thiết kế vật làm nào cũng có thể đưa vào được để tạo ra quy trình công nghệ tối ưu. Nhưng trên thực tế, các hệ thống lập quy trình công nghệ khả sinh hiện nay vẫn chưa có được khả năng phổ quát, vạn năng như vậy. Chúng vẫn thiếu tính "khả sinh" thực sự, chỉ mới được thiết kế trong một phạm vi hạn chế về các quy trình gia công nhất định mà thôi.

Sau đây chúng ta sẽ lấy gói phần mềm GENPLAN được thiết kế tại Công ty Lockheed-Georgia (Mỹ) để minh họa cho cách tiếp cận "*khả sinh*" trong lập quy trình công nghệ bằng máy tính.

Ví dụ 8.2. GENPLAN tuy gắn gũi với một hệ lập quy trình công nghệ khả sinh, nhưng vẫn cần đến sự trợ giúp của người kỹ sư công nghệ để đưa ra một số quyết định về chế tạo. Mặt khác GENPLAN hiện có nhiều phiên bản (version) trong đó có phiên bản dùng cho chế tạo vật làm, phiên bản khác dùng cho lắp ráp, chứng tỏ nó chưa phải là gói phần mềm phổ quát.

Để chạy GENPLAN, người kỹ sư công nghệ dựa vào sơ đồ mã số do Lockheed thiết kế để nhập mã phân loại vật làm vào máy. Sau đó GENPLAN sẽ phân tích các đặc tính vật làm dựa trên mã số đã nhập (chẳng hạn hình dạng vật làm, vật liệu và các đặc điểm chế tạo khác có liên quan) để tổng hợp ra một bản quy trình công nghệ tối ưu. GENPLAN không lưu trữ các quy trình chế tạo tối ưu mà chỉ lưu trữ tính năng các máy công cụ, và chỉ dùng đến logic và khoa học công nghệ chế tạo mà thôi. Kết quả đưa ra là một tư liệu xác định trình tự các nguyên công, các máy công cụ tương ứng, và thời gian gia công tương ứng với các nguyên công đó. Hình 8.4 giới thiệu một bản quy trình công nghệ được tạo sinh trên máy tính do GENPLAN thực hiện. Thường một bản quy trình công nghệ nếu được lập theo lối thủ công phải mất nhiều giờ thì nói chung GENPLAN chỉ thực hiện trong 15 phút.

PART NUMBER		3313793-3	OPP	PROD	X	SPARES	OTHER	EDITION	303A	TYPE MFG	TOOLING	DCC	METHOD	MODEL C-130	DATE	PAGE
PART NAME		STIFFENER	OPP	CLAD (x)	GAUGE	WALL	WIDTH	GROUP	06.00	LGTH/BLANK/1ST STRIP	PLANNER	KEYS 2932				
MAKE FROM NUMBER		LS10133-1402-5	OPP	CLAD (x)	GAUGE	WALL	WIDTH	GROUP	06.00	LGTH/BLANK/1ST STRIP	PLANNER	KEYS 2932				
MATERIAL		EXTRU	TEPE MATERIAL	ALUM	ALLOV	7075	CONDITION	T6511	GA FORM 8857.1	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
BC		CC	LC	OPER	006	ATT	FLANGE IN MUL LENGTHS	SAW0391	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
18	35	640	006	ATT			FLANGE IN MUL LENGTHS	SAW0391	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
18	35	391	010	ATT			SAW TO LENGTH	IDENTIF M/T A PCT.	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
18	35	627	020	MPS7253			IDENTIF M/T A PCT.	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217
57			030				INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217	00
18	67	166	040	ATT			TRIM TO SCRIBE LINE	DRILL	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
18	67	169	050	ATT			TRIM TO SCRIBE LINE	DRILL	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
18	67	212	060	ATT			TRIM TO SCRIBE LINE	DRILL	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
18	67	500	070	MPS7302			BURR-BREAK SHARP EDGES	IDENTIFY TAG AND SEAL	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
18	67	696	080	MPS7257			IDENTIFY TAG AND SEAL	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217

GENPLAN OPSHEET

CONTINUE ON PAGE 2

3313793-3

PART NUMBER		3313793-3	OPP	PROD	X	SPARES	OTHER	EDITION	303A	TYPE MFG	TOOLING	DCC	METHOD	MODEL C-130	DATE	PAGE
PART NAME		STIFFENER	OPP	CLAD (x)	GAUGE	WALL	WIDTH	GROUP	06.00	LGTH/BLANK/1ST STRIP	PLANNER	KEYS 2932				
MAKE FROM NUMBER		LS10133-1402-5	OPP	CLAD (x)	GAUGE	WALL	WIDTH	GROUP	06.00	LGTH/BLANK/1ST STRIP	PLANNER	KEYS 2932				
MATERIAL		EXTRU	TEPE MATERIAL	ALUM	ALLOV	7075	CONDITION	T6511	GA FORM 8857.1	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M
BC		CC	LC	OPER	090	ATT										
57																
18	42	104	100	MPS1322F			INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217	00
18	42	140	110	MPS10121-1			INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217	00
18	42	140	120	MPS101229			INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217	00
18	42	668	130	MPS7253			INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217	00
57			140				INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217	00
57			150				INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M	217	00
18	42	160	160	RFR			STOCK	TO ADD BREAK SHARP EDGES	INSPECT	TOOL IDENTIFICATION	DESCRIPTION	SHAPE SHORT	CC-TOT	265	4012	500M

Hình 8.4. Một bản quy trình công nghệ do phần mềm GENPLAN tạo ra.

8.4. LỢI ÍCH CỦA LẬP QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CÓ MÁY TÍNH TRỢ GIÚP

Dù thuộc hệ khả truy hay hệ khả sinh, lập quy trình công nghệ có sự trợ giúp của máy tính đều đem lại nhiều ưu điểm quan trọng so với lập quy trình công nghệ theo lối thủ công.

1. *Hợp lý hóa quy trình*: Soạn thảo tự động bằng máy tính chắc chắn làm cho các loại quy trình công nghệ nhất quán, logic và tối ưu hóa hơn soạn thảo theo lối thủ công. *Nhất quán hơn* bởi vì người lập quy trình công nghệ chỉ sử dụng cùng một phần mềm máy tính để soạn thảo, tránh được khuynh hướng sai khác rất lớn giữa các bản quy trình công nghệ do các kỹ sư công nghệ khác nhau soạn ra như đã nói ở mục 8.1. *Logic hơn và tối ưu hóa hơn* vì công ty thiết kế phần mềm chắc hẳn đã kết hợp kinh nghiệm và trí xét đoán của những chuyên gia chế tạo giỏi nhất, chắc chắn đã được hãng thiết kế phần mềm máy tính vận dụng vào trong sản phẩm của họ rồi.

2. *Năng suất của người lập quy trình công nghệ được tăng lên*: Với việc lập quy trình công nghệ có sự trợ giúp của máy tính, công việc có tính văn phòng được giảm bớt, ít mắc lỗi hơn và người lập quy trình truy nhập được ngay vào cơ sở dữ liệu của quy trình công nghệ. Những lợi ích này dẫn đến nâng cao năng suất của người lập quy trình (có tài liệu nói rằng có thể tăng đến 600%).

3. *Giảm thời gian hướng dẫn chế tạo*: Làm việc với hệ lập quy trình công nghệ có máy tính trợ giúp, người lập quy trình có thể soạn thảo bản quy trình công nghệ chế tạo cho một chi tiết mới tốn ít thời gian hơn soạn thảo theo lối thủ công. Điều đó dẫn đến rút ngắn toàn bộ thời gian hướng dẫn chế tạo.

4. *Tính rõ ràng dễ đọc của bản quy trình được nâng cao*: Văn bản, tài liệu soạn thảo trên máy tính rõ ràng hơn, dễ đọc hơn so với soạn thảo theo lối thủ công. Phần mềm lập quy trình công nghệ sử dụng văn bản tiêu chuẩn, tạo thuận lợi cho việc phổ biến quy trình công nghệ trong nhà máy.

5. *Hợp nhất với các phần mềm ứng dụng khác*: Có thể thiết kế phần mềm lập quy trình công nghệ sao cho kết hợp được với các gói phần mềm khác để tự động hóa một số chức năng hỗ trợ chế tạo tốn nhiều thời gian. Chúng ta sẽ xem xét hai trong số chức năng đó - dữ liệu chế tạo và định mức lao động (thời gian) trong mục 8.5 và mục 8.6.

8.5. CÁC HỆ CƠ SỞ DỮ LIỆU CHẾ TẠO

Trong phân xưởng gia công, bản quy trình công nghệ nên có cả phần lựa chọn các điều kiện cắt - là những thông số sẽ được dùng đến trong các nguyên công cắt gọt. Đó là tốc độ cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt. Chiều sâu cắt thường được định trước, dựa theo hình dạng vật làm và trình tự nguyên công. Do đó vấn đề còn lại là xác định sự phối hợp tốc độ cắt và lượng chạy dao sao cho thỏa đáng.

1. *Xác định vấn đề:* Chính xác mà nói, mục tiêu của một hệ dữ liệu chế tạo là nhằm phục vụ cho việc lựa chọn tốc độ cắt và lượng chạy dao một khi đã biết các đặc điểm vận hành sau đây:

1. Loại nguyên công cắt gọt,
2. Loại máy công cụ,
3. Dụng cụ cắt,
4. Vật làm,
5. Các thông số vận hành khác, ngoài tốc độ cắt và lượng chạy dao.

Có thể đánh giá tầm quan trọng của vấn đề một cách đầy đủ nhất bằng cách cân nhắc trước vô số thông số khác nhau vốn có trong năm đặc điểm nêu trên. Bảng 8.1 giới thiệu một phần danh sách các thông số đó.

Bảng 8.1

Các đặc tính của một nguyên công cắt gọt

1. *Loại nguyên công cắt gọt:*
 - a) Loại gia công – tiện, khoan, phay, bào, khoét lỗ, làm ren, mài, v.v. ...
 - b) Gia công thô, gia công tinh.
2. *Các thông số máy công cụ:*
 - a) Kích thước và độ cứng vững,
 - b) Công suất (cv, kW),
 - c) Các cấp tốc độ cắt và lượng chạy dao,
 - d) Máy truyền thống hay NC,
 - e) Độ chính xác và chuẩn xác,
 - f) Các số liệu về thời gian vận hành.
3. *Dụng cụ cắt:*
 - a) Vật liệu làm dao (thép gió, thép hợp kim, gốm, v.v...).
 - b) Thành phần hóa học hoặc hợp chất của vật liệu làm dao,
 - c) Cơ-lý tính của vật liệu làm dao (độ cứng, độ chịu mòn, ...),
 - d) Loại dao (lưỡi đơn, mũi khoan, dao phay,...),
 - e) Hình học dao (bán kính mũi dao, góc sát, góc thoát, số răng,...),
 - f) Các số liệu về giá tiền của dao.
4. *Các đặc tính của vật làm:*
 - a) Vật liệu - loại cơ bản hay phẩm chất đặc biệt,
 - b) Độ cứng và độ bền của vật liệu vật làm,
 - c) Hình dáng và kích thước hình học vật làm,
 - d) Dung sai,
 - e) Độ bóng bề mặt,
 - f) Điều kiện ban đầu của bề mặt vật làm.
5. *Các tham số vận hành khác, ngoài tốc độ cắt và lượng chạy dao:*
 - a) Chiều sâu cắt,
 - b) Chất làm nguội (nếu có),
 - c) Độ cứng vững của vật làm,
 - d) Đồ gá và dụng cụ kẹp được dùng.

Các phương pháp giải quyết bài toán lựa chọn tốc độ và lượng chạy dao gồm có:

1. Dựa vào kinh nghiệm và trí phán đoán của người lập quy trình, đốc công hay người vận hành máy.
2. Các lời khuyên trong sổ tay (công nghệ, vận hành,...),
3. Các hệ dữ liệu về chế tạo máy được máy tính hóa.

Dựa vào kinh nghiệm và trí phán đoán của một cá nhân nào đó là cách tiếp cận kém tính hệ thống nhất và có nguy cơ rủi ro nhất. Rủi ro nằm ngay trong việc bỏ sót nghiêm trọng những người đã có nhiều năm kinh nghiệm thực tế dưới xưởng. Óc phán đoán cá nhân cũng không phải là điều mong muốn vì nó thường không có một nền tảng khoa học vững chắc. Hơn nữa các điều kiện cất dựa vào kinh nghiệm cá nhân thường không xuất phát từ các chỉ tiêu kinh tế.

Các lời khuyên trong sổ tay được đúc kết từ kinh nghiệm của không chỉ một cá nhân. Các sổ tay chế tạo máy nói chung đều được viết ra từ một sự phân tích có hệ thống một khối lượng lớn các dữ liệu chế tạo. Những khuyến nghị về gia công cắt gọt thường dựa trên các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm mà mục tiêu của chúng là xác định tốc độ cắt và lượng ăn dao.

Mặc dù cách tiếp cận dùng sổ tay ưu việt hơn hẳn so với dựa vào óc phán đoán cá nhân, nhưng nó cũng thường mang một số khiếm khuyết khi được áp dụng vào hoàn cảnh cụ thể của một công ty. Trước hết đó là vì các khuyến nghị trong sổ tay thường có khuynh hướng bảo thủ, theo nghĩa rằng tốc độ cắt và lượng ăn dao đều dựa trên những điều kiện xấu nhất. Thứ hai là vì sổ tay chỉ là tài liệu hướng dẫn chung, có thể không trùng khớp với dây chuyền sản xuất và thiết bị của một xưởng máy cụ thể. Thứ ba là vì việc sử dụng sổ tay thường không tương hợp với vấn đề tự động lập quy trình công nghệ trong đó sử dụng cơ sở dữ liệu dùng cho máy tính hóa.

2. Cơ sở dữ liệu chế tạo máy dùng cho máy tính (được máy tính hóa): Để khắc phục những khó khăn nói trên, người ta đã nghiên cứu thiết kế các hệ cơ sở dữ liệu chế tạo máy dùng cho máy tính. Những nghiên cứu đầu tiên có từ những năm đầu thập niên 1960 và hiện vẫn còn tiếp tục. Một số hãng đã tự thiết kế lấy hệ cơ sở dữ liệu cho phù hợp với yêu cầu riêng của mình. Tầm quan trọng của các hệ như thế ngày càng tăng cùng với sự gia tăng ứng dụng máy NC và yêu cầu kinh tế để vận hành các máy NC đó sao cho có hiệu quả nhất. Tầm quan trọng các hệ cơ sở dữ liệu chế tạo máy dùng cho máy tính sẽ còn tiếp tục tăng với sự phát triển của các cơ sở dữ liệu chế tạo máy tích hợp.

Có thể chia các hệ cơ sở dữ liệu chế tạo máy dùng cho máy tính làm hai loại:

- Các hệ cơ sở dữ liệu,
- Các hệ mô hình toán học.

a) *Các hệ cơ sở dữ liệu:* Các hệ này đòi hỏi thu thập và lưu trữ một lượng lớn dữ liệu thực nghiệm từ phòng thí nghiệm và kinh nghiệm từ phân xưởng. Cơ sở dữ liệu được bảo quản trong các tệp máy tính để có thể truy nhập từ các thiết bị tin học ở xa, hoặc in ngay ra giấy. Hình 8.5 là một bản in điển hình.

Để thu thập dữ liệu chế tạo máy phục vụ cho cơ sở dữ liệu, các thực nghiệm cắt gọt được thực hiện trên một loạt các điều kiện khả thi. Thường các thực nghiệm đó được tiến hành tại phòng thí nghiệm. Tuy vậy nhiều hệ cơ sở dữ liệu chế tạo máy cũng cho phép đưa các số liệu thực tế dưới xưởng vào các tệp cơ sở dữ liệu. Với mỗi bộ điều kiện, việc tính toán lại được thực hiện để xác định chi phí vận hành. Không chỉ tính toán tổng chi phí cho một chi tiết, mà các thành phần cấu thành tổng chi phí cũng được tính toán tỉ mỉ. Hình 8.5 cho thấy rõ điều đó.

Các phép tính dựa trên quan niệm truyền thống về kinh tế chế tạo máy nói rằng tổng chi phí cho một chi tiết là tổng các chi phí thành phần, biểu diễn bởi công thức

$$C_{ct} = C_o T_m + C_o T_{nc} + \frac{T_m}{T} (C_d + C_o T_{td}), \quad (8.1)$$

trong đó C_{ct} - chi phí cho một chi tiết, đ/chi tiết;

C_o - chi phí cho vận hành máy cắt (nhân công, máy và phụ trợ khả dụng), đ/phút;

T_m - thời gian máy, phút;

T_{nc} - thời gian nâng chuyển vật liệu, phút;

T - tuổi thọ dụng cụ cắt, phút;

C_d - chi phí về dao cắt, đ/lưỡi cắt;

T_{td} - thời gian thay dao, phút.

(Ghi chú: Đơn vị tiền tệ ở đây tính theo đồng VN, trong hình 8.5 tính theo USD).

Tổ chức của một hệ cơ sở dữ liệu điển hình gồm các tệp dữ liệu không khác biệt với cách sắp xếp của hình 8.1. Để truy nhập vào các tệp này, người dùng phải nhập vào máy các yêu cầu về loại nguyên công cắt gọt, vật liệu vật làm, dao cụ, v.v... Máy tính sẽ in ra một danh sách gồm các khuyến nghị tương ứng với các yêu cầu đã đưa vào.

b) *Các hệ mô hình toán học*: Các hệ này tiến xa hơn một bước so với các hệ cơ sở dữ liệu. Thay vì chỉ đơn giản truy xuất thông tin về chi phí cho các nguyên công đã thực hiện, các hệ mô hình toán học tìm cách dự đoán các điều kiện cắt tối ưu cho một nguyên công. Việc dự đoán này chỉ hạn chế ở tốc độ cắt tối ưu ứng với một lượng chạy dao đã cho trước. Sự tối ưu đó được xác định dựa trên mục tiêu chi phí nhỏ nhất hoặc năng suất cao nhất.

Một mô hình toán thông dụng để dự đoán tốc độ cắt tối ưu dựa trên công thức để tính tuổi thọ dao của Taylor:

$$VT^n = C, \quad (8.2)$$

trong đó V - tốc độ tiếp tuyến, m/s;

T - tuổi thọ dao, phút;

C và n - các hằng số.

Kết hợp hai công thức (8.1) và (8.2) đồng thời để ý rằng thời gian máy T_m tỷ lệ nghịch với tốc độ cắt V , ta thu được công thức tính tốc độ cắt mà ở đó chi phí là nhỏ nhất:

$$V_{\min} = \frac{C}{\left(\frac{1-n}{n} \frac{C_o T_{td}}{C_o} + C_d \right)^n} \quad (8.3)$$

Tương tự, tốc độ cắt mà ở đó năng suất là cao nhất:

$$V_{\max} = \frac{C}{\left(\frac{1-n}{n} T_{td} \right)^n} \quad (8.4)$$

Hai công thức (8.3) và (8.4) hoặc các công thức tương tự, được dùng để xác định các khuyến nghị gắn với các điều kiện cắt tối ưu.

Điểm yếu nhất của các mô hình toán là ở chỗ xử lý công thức tính tuổi thọ dao của Taylor, tức là công thức (8.2). Đây là một công thức kinh nghiệm, xuất phát từ các số liệu thực nghiệm chứa đựng nhiều sai số ngẫu nhiên. Những biến số ngẫu nhiên này làm sai lệch độ chuẩn xác của các công thức (8.3) và (8.4). Ngoài ra còn có sự thiếu tin cậy khi ngoại suy công thức Taylor ngoài phạm vi mà các số liệu thực nghiệm thu thập được.

Ví dụ 8.3. Một hệ cơ sở dữ liệu chế tạo máy dùng cho máy tính, được xây dựng tại Abex Corp, Mỹ. Hệ gồm có năm tệp dữ liệu để lưu trữ các số liệu chế tạo máy cần cho các phép tính.

1. *Dữ liệu máy công cụ (tệp DB100)*: Chứa danh hiệu máy, công suất, tốc độ cắt và lượng chạy dao.
2. *Các điều kiện cắt gọt cơ bản (tệp DB200)*: Chứa các điều kiện cắt cơ bản đối với một số loại vật liệu và dao cacbit được xê măngtit hóa.
3. *Dữ liệu thực nghiệm (tệp DB300)*: Chứa kết quả thực nghiệm thu được từ phòng thí nghiệm để bổ sung cho tệp DB200. Số liệu có trong ngân hàng thực nghiệm gồm: loại nguyên công, dao cụ, vật liệu của vật làm, các điều kiện cắt, độ bóng bề mặt quan sát được và tuổi thọ của dao.
4. *Dữ liệu thu được tại phân xưởng (DB400)*: Chứa kết quả thu được từ thực tế sản xuất. Dữ liệu chứa trong DB400 cũng giống như trong DB300, chỉ khác là lấy từ phân xưởng chứ không phải từ phòng thí nghiệm.
5. *Dữ liệu chi phí của nhà máy (DB500)*: Chứa các thông số về chi phí, để tính chi phí trên một vật làm và tính các điều kiện tối ưu.

MACHINABILITY ANALYSIS - COST SUMMARY AND CUTTING CONDITION DETAILS

PART NO. 03189-T

OPER NO. 100

MATERIAL DESCRIPTION - 4340B

0.86 HP/CI/IN

OPERATION NAME - TURN

DATE 03/

CUT DETAILS - DIAMETER - 3.5000 LENGTH - 19.0000 DEPTH - 0.100
FINISH - 125 RMS

CALCULATIONS USING SHOP DATA									
CUT SPEED	CUT SPEED	FEED RATE	FEED RATE	TOOL LIFE	WORK DIAM	TOOL DESCRIPTION	SHOP SIZE	SURF FIN	TOOL COST
RPM	SFPM	IPR	IPM	MIN	IN	OP *** TH ** RAK **	TOLER IN	URMS	\$/100
448.	470.	0.010	4.48	15.	4.000	11 78 0103P0600	0.005	125.	0.19
381.	400.	0.010	3.81	30.	4.000	11 78 0103P0600	0.005	125.	0.11
343.	360.	0.010	3.43	45.	4.000	11 78 0103P0600	0.005	125.	0.08
310.	325.	0.010	3.10	60.	4.000	11 78 0103P0600	0.005	125.	0.07
MINIMUM COST CONDITIONS									
MACH NO.	OVHD CUTS	APPR TO WRK	COST \$/100	RPDTRV	LOAD TIME	LOAD COST	SETUP TIME	SETUP COST	TOOL COST
512.	470.	0.010	5.12	15.	3.500	11 78 0103P0600	0.005	125.	0.19
MACHINE GROUPS - GROUP NO.									
126-0									
WARNER AND SWASEY NO. 2A TURRET LATHE 15									
1	RPM-	321. FPR-	0.0110 IPM-		3.53 HRS/100-		9.49		
2	RPM-	439. FPR-	0.0110 IPM-		4.82 HRS/100-		7.00		
3	RPM-	600. FPR-	0.0110 IPM-		6.59 HRS/100-		5.18		
MACH HP									
									10.500
T.L.									
HRS/100									
									0.15
									3.54
									6.02
									8.13
									9.79
									11.25
									125.61
									128.33
									133.52
									140.96
									63.54
									9.15
									3.54

Hình 8.6. Một bản in kết quả chạy phần mềm cơ sở dữ liệu chế tạo máy tại Abex Corp.

Đầu vào của phần mềm gồm: dữ liệu về vật làm, chiều sâu cắt, yêu cầu độ bóng bề mặt, cùng các dữ liệu khác liên quan tới vận hành. (Phải soạn thảo trình tự gia công trước khi sử dụng phần mềm này). Khi chạy phần mềm, máy tính tìm kiếm các tệp dữ liệu và tiến hành tính toán để xác định các điều kiện cắt gọt nên theo. Hình 8.6 giới thiệu một bản in do máy tính đưa ra. Chú ý rằng nếu tìm được DB400, máy tính sẽ đưa ra lời khuyến nghị dựa trên tệp này. Nếu không có DB400, máy sẽ tìm đến DB300 và đưa ra khuyến nghị dựa trên DB300. Nếu không, nó sẽ tìm đến DB200 để trên cơ sở tệp này đưa ra khuyến nghị về tốc độ cắt và lượng chạy dao nên dùng.

8.6. ĐỊNH MỨC THỜI GIAN TRÊN MÁY TÍNH

Có thể định nghĩa phép đo lao động là sự triển khai một bản định mức thời gian nhằm chỉ ra giá trị của một tác vụ. Có nhiều mục đích khác nhau khi dùng đến phép đo lao động, trong đó có:

- Khích lệ tiền lương,
- Dự toán và đánh giá việc làm,
- Tiến độ sản xuất, lập quy hoạch khả năng sản xuất,
- Đo hiệu suất của công nhân.

Phép đo lao động liên quan đến lập quy trình công nghệ, vì trong một hệ thống lập quy trình công nghệ được tổ chức tốt thì từng nguyên công có trong bản quy trình đó đều phải được định mức thời gian.

Việc xác định định mức thời gian trong chế tạo cơ khí gồm có các phương pháp sau đây:

1. Nghiên cứu thời gian trực tiếp,
2. Sử dụng số liệu định mức,
3. Các hệ định mức thời gian tiên định.
4. Ước lượng theo kinh nghiệm,
5. Lập mẫu lao động.

Cho đến nay, nghiên cứu thời gian trực tiếp là phương pháp thường được dùng nhất (theo ước lượng có đến 46% định mức thời gian là được xây dựng theo phương pháp này). Đây là phương pháp liên quan tới việc theo dõi trực tiếp công việc, bấm giờ các yếu tố trong một chu kỳ làm việc bằng đồng hồ bấm giờ, đánh giá hiệu năng vận hành, áp dụng các khấu hao cần thiết và tính toán thời gian định mức cho công việc.

Phương pháp nghiên cứu thời gian trực tiếp có một số nhược điểm sau đây:

1. Công nhân thường bất đồng với cách xếp loại hiệu năng vận hành.

2. Chỉ có thể thiết lập được định mức thời gian sau khi công việc đó được tiến hành, cũng có nghĩa là thời gian dưới xưởng bị lãng phí cho đến khi định mức được thiết lập.
3. Có sự khác nhau giữa các định mức tùy theo những người nghiên cứu lập ra chúng.
4. Người nghiên cứu định mức tốn nhiều thời gian để nghiên cứu và tính toán.
5. Mặc dù số công việc được thực hiện trong cùng một nhà máy đều tương tự nhau, tuy nhiên thủ tục bấm giờ để nghiên cứu vẫn phải được áp dụng cho tất cả công việc mới (tất nhiên việc này còn phụ thuộc vào các điều khoản trong thỏa ước giữa người quản lý và người lao động).

Những năm gần đây nhiều gói phần mềm dùng cho định mức lao động đã được giới thiệu trên thị trường. Mục đích những gói phần mềm này là giảm thời gian lập định mức lao động và khắc phục một số nhược điểm vốn có trong phương pháp nghiên cứu thời gian trực tiếp. Ngoài ra các gói phần mềm đó còn cung cấp cơ sở dữ liệu chế tạo máy dựa trên định mức thời gian vận hành, dữ liệu về chi phí theo tiêu chuẩn, thông tin về dao cụ, các chỉ dẫn về công việc, v.v...

Các hệ định mức chạy trên máy tính đều dựa trên bộ *dữ liệu tiêu chuẩn* chứa trong các tệp. Thuật ngữ "dữ liệu tiêu chuẩn", trong ngữ cảnh phép đo lao động được hiểu là các giá trị thời gian đã được xác định trước đây, tương ứng với các yếu tố (hay một nhóm các yếu tố) công việc cụ thể. Các yếu tố này thuộc đủ các loại, bao gồm cả mọi lao động sản xuất thủ công trong nhà máy. Chẳng hạn trong vận hành máy tiện, vật làm cần được đưa vào và lấy ra khỏi máy. Thời gian cần để đưa vật làm vào máy (hoặc lấy ra) phụ thuộc vào trọng lượng và cấu hình của vật làm đó, rồi gá kẹp nó lên máy như thế nào v.v... Có thể xây dựng dữ liệu tiêu chuẩn để chỉ ra thời gian cần cho việc đưa vật làm lên máy cùng các yếu tố công việc khác trong chu kỳ vận hành. Thời gian chi phí cho từng yếu tố phụ thuộc vào đặc trưng của công việc (trọng lượng và kích thước vật làm, máy công cụ, v.v...). Máy tính lưu trữ các yếu tố thời gian này vào một tệp dữ liệu hay vào một dạng công thức toán học. Để sử dụng gói phần mềm, người nghiên cứu về chi phí thời gian phải phân tích công việc cần định thời gian bằng cách chia công việc đó thành các yếu tố và xác định các đặc trưng của nó cho từng yếu tố. Sau đó máy tính sẽ truy xuất từ tệp, hoặc tính toán các yếu tố thời gian, tổng thời gian, rồi áp các khấu hao cần thiết vào để xác định thời gian tiêu chuẩn cho toàn bộ chu kỳ.

Sử dụng hệ phần mềm máy tính để tạo ra các tiêu chuẩn thời gian có những ưu điểm sau đây:

1. Giảm thời gian cần thiết để xây dựng tiêu chuẩn.

2. Chuẩn xác hơn và các tiêu chuẩn thời gian có tính đồng nhất cao.
3. Dễ bảo trì các phương pháp và các tệp tiêu chuẩn khi có sự thay đổi về mặt công nghệ và về phương pháp.
4. Loại bỏ được bước xếp loại năng suất dễ gây tranh cãi.
5. Các tiêu chuẩn thời gian thường được xác lập trước khi bước vào sản xuất.
6. Cải thiện được cơ sở dữ liệu chế tạo máy dùng cho công tác lập kế hoạch và tiến độ sản xuất, dự đoán nhu cầu lao động, kiểm tra dao cụ, v. v...

Hiện đã có nhiều gói phần mềm thương phẩm trong lĩnh vực định mức lao động. Ví dụ 8.4 dựa trên tài liệu quảng cáo về gói phần mềm 4M DATA của MTM Association có trụ sở Fair Laun, New Jersey (Mỹ).

Ví dụ 8.4. Gói phần mềm 4M DATA là một hệ đo lao động chạy trên máy tính, áp dụng các định mức thời gian tiền định của MTM-1. Chuyển động trong MTM-1 là chuyển động của vật thể cơ bản được dùng trong các thao tác thủ công. Khoảng 90% công việc thực hiện bằng tay trong công nghiệp điển hình là các chuyển động REACH (áp sát). GRASP (kẹp chặt). MOVE (di chuyển), POSITION (định vị) và RELEASE (tháo ra). Các chuyển động này có thể kết hợp với hai nhóm chuyển động GET (lấy) và PLACE (đặt). Ký hiệu đặc biệt của hai nhóm chuyển động này mang ý nghĩa dữ liệu cần thiết cho chương trình máy tính 4M để tính ra các giá trị định mức thời gian thích hợp. Bên cạnh hai nhóm chuyển động GET và PLACE, chương trình máy tính cũng nhận ra các chuyển động khác của MTM-1 với các biến tương ứng của chúng. Người nghiên cứu định mức có thể xây dựng định mức thời gian cho một chu trình thao tác thủ công bằng cách gọi thành phần cần thiết trong gói phần mềm 4M DATA.

BÀI TẬP CHƯƠNG 8

8.1. Xây dựng một sơ đồ phân loại và đánh mã vật làm gồm không quá bốn ký hiệu để có thể đánh mã một cách đơn nhất các kiểu phối hợp có thể có về các thuộc tính của vật làm tổng hợp ở hình 7.12 (tham khảo bài tập 7.3). Lập một bản danh sách gồm các nguyên công cắt gọt cần thiết để tạo ra từng thuộc tính của vật làm. Sử dụng sơ đồ đánh mã và danh sách các nguyên công, hãy viết một chương trình máy tính để lập quy trình công nghệ tự động kiểu khả truy. Nên viết chương trình theo kiểu tương tác, người dùng nhập vào mã số của vật làm và chương trình tạo ra danh sách các nguyên công theo một trình tự chính xác để gia công vật làm đã cho.

8.2. Áp dụng công thức Taylo - công thức (7.2), để xác định tuổi thọ dao trong nguyên công tiện, với lượng chạy dao 0,3 mm/vòng, chiều sâu cắt 2 mm. Cho biết ứng với vật liệu vật làm và dao trong trường hợp này, ta có $C = 1000$, $n = 0,25$. Đồng thời cho trước các số liệu sau đây:

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| 1. Chi phí máy và nhân công: | 4.000đ/phút, |
| 2. Chi phí dao: | 6.000đ/lưỡi cắt, |
| 3. Thời gian thay dao: | 1,5 phút, |
| 4. Đường kính vật làm: | 100 mm, |
| 5. Chiều dài vật làm: | 450 mm, |
| 6. Thời gian nâng-chuyển vật làm: | 4 phút. |

Viết một chương trình máy tính để thực hiện các phép tính cần thiết và in ra kết quả theo khuôn dạng chung như ở hình 8.5. Vật liệu vật làm là thép 45 (C45), độ cứng 410 - 420 HB. Dao thép gió. Sử dụng các tốc độ cắt sau đây để xây dựng bảng kết quả đầu ra: 120; 150; 165; 180; 195 và 210 m/phút. Các thành phần chi phí cần được tách bạch ra như đã làm với công thức (8.1).

Phụ lục A
**ĐỊNH NGHĨA VỀ CÁC TỪ KHÓA
CỦA NGÔN NGỮ APT**

- **ATANGL :** Atangle (tại góc) - Dữ liệu mô tả. Chỉ ra rằng sau nó sẽ là một góc xác định. Góc cho ở đơn vị độ. Xem thêm **LINE**.
- **CALL :** Call (gọi). Được dùng để gọi một Macro và để xác định giá trị cho các tham số của Macro.

CALL/DRILL, PX = P1

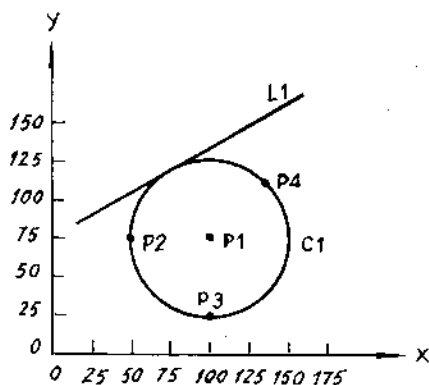
- **CENTER :** Center (tâm) - Dữ liệu mô tả. Được dùng để xác định tâm đường tròn. Xem thêm **CIRCLE**.
- **CIRCLE :** Circle (đường tròn) - Thuộc nhóm lệnh hình học. Được dùng để xác định đường tròn trong mặt phẳng xy. Có các phương pháp xác định như sau:

1. Tọa độ tâm và bán kính (hình A.1):

C1 = CIRCLE/CENTER 100.0, 75.0, 0.0, RADIUS, 50.0.

Hay đơn giản hơn:

C1 = CIRCLE/100.0, 75.0, 0.0, 50.0.



Hình A.1

2. Điểm chỉ tâm và bán kính (hình A.1):

C1 = CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 50.0

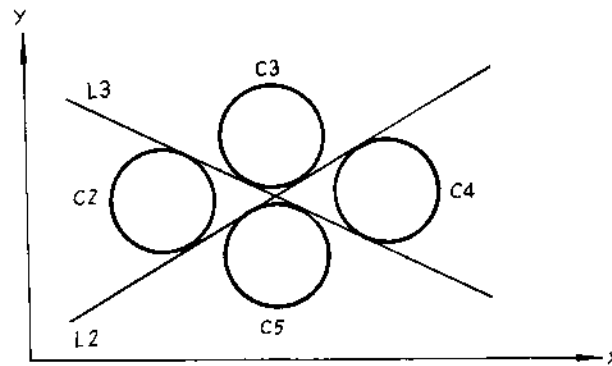
3. Điểm chỉ tâm và một tiếp tuyến (hình A.1):

C1 = CIRCLE/CENTER, P1, TANTO, L1

4. Ba điểm nằm trên đường tròn (hình A.1):

C1 = CIRCLE/P2, P3, P4.

5. Hai đường cắt nhau và bán kính (hình A.2):



Hình A.2

C2 = CIRCLE/XSMALL, L2, YSMALL, L3, RADIUS, 10.0

C3 = CIRCLE/YLARGE, L2, YLARGE, L3, RADIUS, 10.0

C4 = CIRCLE/XLARGE, L2, YLARGE, L3, RADIUS, 10.0

C5 = CIRCLE/YSMALL, L2, YSMALL, L3, RADIUS, 10.0

- **CLPRNT** : Cutter Location PRINT (In ra vị trí dao cắt) - thuộc nhóm lệnh phụ trợ. Có thể dùng lệnh này để từ thông tin về dãy vị trí dao cắt ghi trên băng NC, hiển thị các vị trí đó lên màn hình máy tính.
- **COOLNT** : Coolant (làm nguội) - thuộc nhóm lệnh hậu xử lý. Đóng mở nước làm nguội (và kích hoạt các tùy chọn làm nguội khác nếu có).
 COOLNT/ON (mở)
 COOLNT/OFF (đóng)
 COOLNT/FLOOD (mở to)
 COOLNT/MIST (mở nhỏ).
- **CUTTER** : Cutter (dao cắt) - Thuộc nhóm lệnh phụ trợ. Xác định đường kính dao, dùng để tính khoảng cách từ tâm dao đến đường viền của vật làm.

Ví dụ lệnh:

CUTTER/25.0

xác định dao phay đường kính 25 mm. Như vậy đường đi của tâm dao so với đường viền của vật làm là $25/2 : 12,5$ mm.

- **END :** End (cuối, kết thúc) - Thuộc nhóm lệnh hậu xử lý. Được dùng để dừng máy ở cuối một đoạn chương trình, cũng có thể để thay dao bằng tay (ý nghĩa thay đổi tùy theo máy công cụ). Để tiếp tục chương trình, dùng lệnh FROM.

- **FEDRAT :** Feed Rate (lượng chạy dao/tốc độ chạy dao) - Thuộc nhóm lệnh hậu xử lý. Được dùng để xác định lượng chạy dao tính theo mm/phút. Chẳng hạn:

FEDRAT/150.0

- **FINI :** Finish (hoàn tất) - Thuộc nhóm lệnh phụ trợ. Phải là từ cuối cùng trong chương trình APT.
- **FROM :** From (bắt đầu từ vị trí xuất phát của dao) - Lệnh khởi sự chuyển động. Để xác định điểm xuất phát của dao cắt mà các chuyển động khác của dao sẽ được đo từ đó. Điểm xuất phát này do người lập trình vật làm xác định và do người vận hành máy thiết lập. Có hai cách xác định:

1. Nhờ điểm xuất phát đã định nghĩa từ trước (TARG):

FROM/TARG

2. Qua tọa độ của điểm xuất phát:

FROM/-25.0 - 25.0, 0.0

- **GO :** Go (đi) - Lệnh khởi hành, đi theo đường bao. Được dùng để đưa dao từ điểm xuất phát di chuyển dựa theo mặt dẫn hướng, mặt vật làm và mặt kiểm tra. Ví dụ trong các lệnh:

GO/TO, L1, TO, PL1, TO, L2

GO/PAST, L1, TO, PL1, TO, L2

thì mặt dẫn hướng khởi đầu là đường L1, mặt vật làm là PL1, các mặt kiểm tra khởi đầu là L2.

- **GODLTA :** Godelta - Lệnh chuyển động P-T-P (điểm - tới - điểm), chỉ thị cho dao cắt dịch chuyển theo quy định, bắt đầu từ vị trí hiện thời của dao.

Ví dụ với lệnh:

GODLTA/50.0, 75.0, -100.0

thì dao được chỉ thị dịch chuyển từ vị trí hiện thời tới điểm có tọa độ tương đối (đối với vị trí hiện thời) là (50.0, 75.0, -100.0).

- **GOBACK** : Goback (lùi) - Lệnh chuyển động đường bao. Chỉ thị cho dao cắt lùi lại so với chiều chuyển động hiện thời. Ví dụ với lệnh:

GOBACK/PL5, TO, L1

thì dao cắt được chỉ thị di chuyển ngược với chiều hiện thời. Dao sẽ di chuyển dựa trên mặt PL5 cho đến khi gặp L1. Mặt vật làm đã được lệnh GO trước đó quy định.

Khi xác định lệnh chuyển động, để tránh nhầm lẫn, người lập trình phải tưởng tượng mình *đang đứng ở trên nhìn xuống mũi dao* để quan sát và phải căn cứ vào chuyển động hiện thời của dao để ra lệnh chuyển động tiếp theo (GOBACK, GOFWD, GOUP, GODOWN, GORGT, GOLFT). Đồng thời nếu gặp tình huống về mặt logic chọn lệnh nào trong hai lệnh cũng được, chẳng hạn nói *tiến* (GOFWD) hay nói *đi về bên trái* (GOLFT) đều đúng thì phải chọn cái nào có khuynh hướng mạnh nhất. Như hai trường hợp sau đây (xem thêm hình 1.7), ta nên chọn GOFWD.

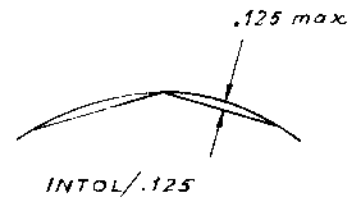


GOLFT (đi về bên trái)

GOFWD (tiến)

- **GODOWN** : Go down (xuống) - Lệnh chuyển động đường bao. Tham khảo thêm lệnh GOBACK.
- **GOFWD** : Go forward (tiến) - Lệnh chuyển động đường bao. Tham khảo thêm lệnh GOBACK.
- **GOLFT** : Go left (đi về bên trái) - Lệnh chuyển động đường bao. Tham khảo thêm lệnh GOBACK.
- **GORGT** : Go right (đi về bên phải) - Lệnh chuyển động đường bao. Tham khảo thêm lệnh GOBACK.
- **GOTO** : Go to (đi đến) - Lệnh chuyển động điểm tới điểm PTP). Được dùng để đưa tâm dao đến một vị trí đã định. Có hai cách xác định :
 1. Sử dụng một điểm cho trước : GOTO/P1
 2. Sử dụng tọa độ một điểm : GOTO/50.0, 125.0, 0.0

- **GOUP :** Go up (lên) - Lệnh chuyển động đường bao. Tham khảo thêm lệnh GOBACK.
- **INTOF :** Intersection of (giao điểm của) - Dữ liệu mô tả. Thể hiện rằng điểm đã cho là giao điểm của hai yếu tố hình học. Tham khảo thêm lệnh POINT.
- **INTOL :** Inside tolerance (dung sai trong) - Lệnh phụ trợ. Cho biết dung sai cho phép giữa phía trong của một mặt cong với bất kỳ đoạn thẳng nào dùng để xấp xỉ hóa mặt cong đó. Xem hình A.3.
- **LEFT :** Left (bên trái) - Dữ liệu mô tả. Được dùng để chỉ rõ một trong hai cách chọn, left or right (trái hay phải). Xem thêm lệnh LINE.
- **LINE :** Line (đường thẳng) - Lệnh hình học. Được dùng để định nghĩa một đường thẳng mà APT sẽ hiểu là mặt phẳng vuông góc với mặt xy.



Hình A.3

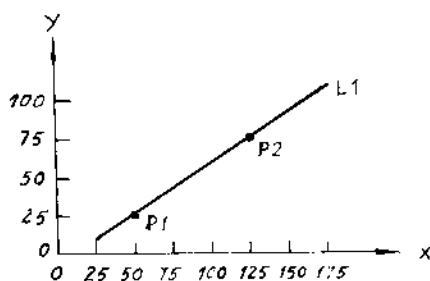
Có mấy cách xác định như sau:

1. Xác định bởi tọa độ hai điểm (hình A.4):

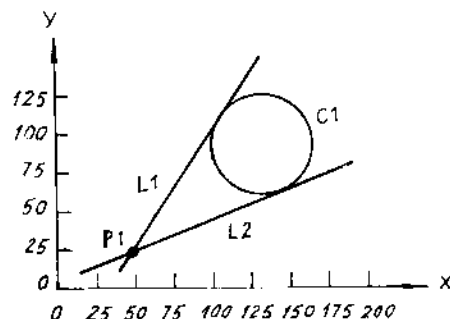
$$L1 = \text{LINE}/50.0, 25.0, 0.0, 125.0, 75.0, 0.0$$

2. Đi qua hai điểm cho trước (hình A.4):

$$L1 = \text{LINE}/P1, P2$$



Hình A.4



Hình A.5

3. Đi qua một điểm cho trước và tiếp tuyến với một đường tròn cho trước (hình A.5):

$$L1 = \text{LINE}/P1, \text{LEFT}, \text{TANTO}, C1$$

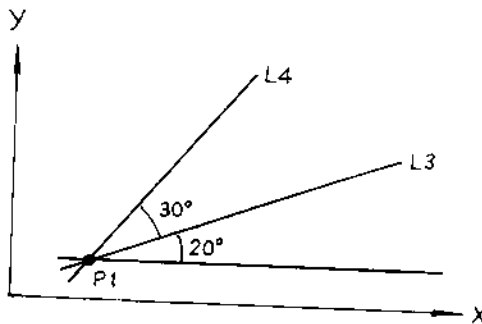
$$L2 = \text{LINE}/P1, \text{RIGHT}, \text{TANTO}, C1$$

Ghi chú: Các từ khóa mô tả: LEFT, RIGHT được xác định bằng cách đứng từ điểm P1 nhìn về phía đường tròn C1.

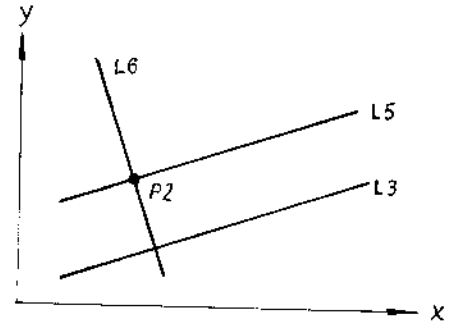
4. Đi qua một điểm cho trước và tạo ra một góc so với trục hoành (hoặc so với một đường thẳng cho trước) như hình A.6:

L3 = LINE/P1, LEFT, ATANGL, 20

L4 = LINE/P1, LEFT, ATANGL, 30, L3



Hình A.6



Hình A.7

5. Đi qua một điểm cho trước và song song hoặc vuông góc với một đường thẳng cho trước (hình A.7):

L5 = LINE/P2, PARLEL, L3

L6 = LINE/P2, PERPTO, L3

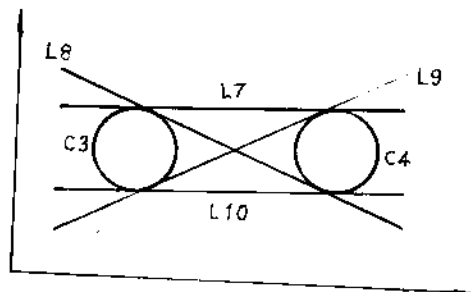
6. Là đường tiếp tuyến với hai đường tròn khác tâm (hình A.8):

L7 = LINE/LEFT, TANTO, C3, LEFT, TANTO, C4

L8 = LINE/LEFT, TANTO, C3, RIGHT, TANTO, C4

L9 = LINE/RIGHT, TANTO, C3, LEFT, TANTO, C4

L10 = LINE/RIGHT, TANTO, C3, RIGHT, TANTO, C4



Hình A.8

Ghi chú: Các từ khóa mô tả: LEFT và RIGHT được sử dụng tùy theo khi đứng tại đường tròn thứ nhất nhìn về phía đường tròn thứ hai trong câu lệnh. Do vậy, đường L7 còn có một cách xác định khác:

L7 = LINE/RIGHT, TANTO, C4, RIGHT, TANTO, C3

- MACHIN : Machine (máy) - Lệnh hậu xử lý. Để xác định máy công cụ và để gọi hậu xử lý cho máy đó, chẳng hạn:

MACHIN/MILL, 1

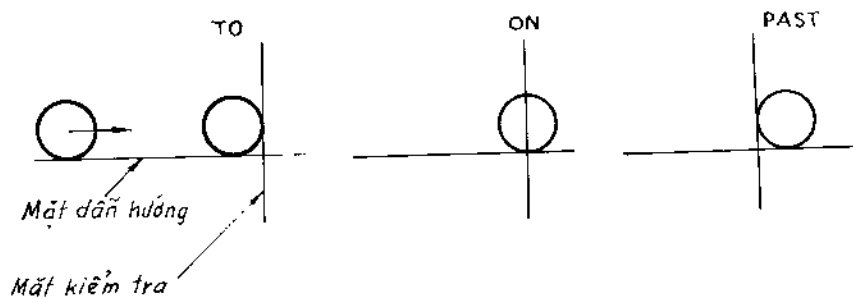
Trong đó MILL chỉ ra loại máy công cụ (ở đây là loại máy phay - Milling machine), số 1 chỉ ra máy và hậu xử lý cụ thể. APT sẽ gọi hậu xử lý đã cho để chuẩn bị băng (đục lỗ) NC cho máy đó.

- MACRO : Một chương trình con, sẽ được chương trình chính gọi ra vào một lúc thích hợp, chẳng hạn:

DRILL = MACRO/PX

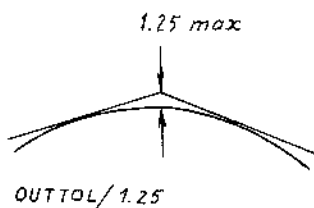
Trong đó DRILL là tên của Macro, PX là tham số mà giá trị của nó sẽ được xác định khi chương trình chính gọi đến Macro. Xem thêm CALL.

- ON : On (ở trên) - Từ khóa điều chỉnh chuyển động. Cùng với ba từ khóa khác (TO, PAST và TANTO) để chỉ ra vị trí dao cắt phải dừng lại trên *mặt kiểm tra*. Xem hình A.9 (và xem thêm hình 1.6).

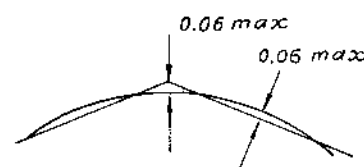


Hình A.9

- OUTTOL : Outside tolerance (dung sai ngoài) - Lệnh phụ trợ. Chỉ ra dung sai cho phép giữa phía ngoài mặt cong với bất kỳ đoạn thẳng nào dùng để xấp xỉ hóa mặt cong đó. Xem hình A.10.



Hình A.10



Hình A.11

Ghi chú: Lệnh INTOL và lệnh OUTTOL cùng được dùng thành cặp để chỉ rõ dung sai cho phép về cả hai phía mặt cong (hình A.11), chẳng hạn:

INTOL/0.06

OUTTOL/0.06

- **PARLEL** : Parallel (song song) - Dữ liệu mô tả. Được dùng để xác định một đường thẳng (hay mặt phẳng) song song với đường thẳng (hay mặt phẳng) khác. Xem thêm LINE và PLANE.
- **PARTNO** : Part number (số hiệu vật làm) - Lệnh phụ trợ. Được đặt ở đầu chương trình để nhận biết chương trình vật làm. Từ khóa PARTNO phải được đặt ở cột 1 đến cột 6 của bìa thứ nhất trong tập bìa máy tính, chẳng hạn:

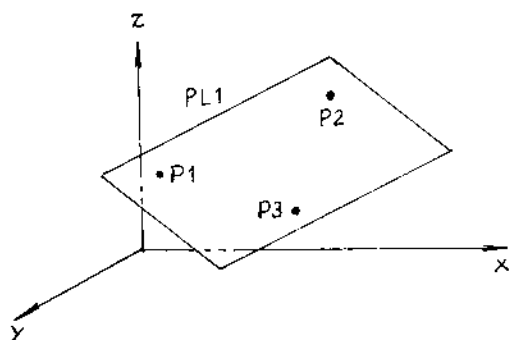
PARTNO MECHANISM PLATE 47320

(cột: 1 2 3 4 5 6)

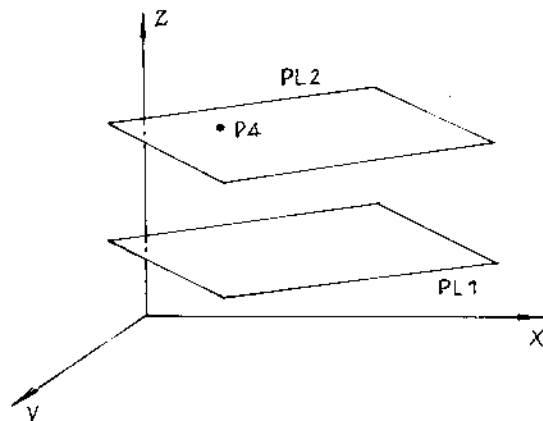
- **PAST** : (Past) - Từ khóa điều chỉnh chuyển động. Xem ON.
- **PERPTO** : Perpendicular to (vuông góc với) - Dữ liệu mô tả. Được dùng để xác định một đường thẳng (hay mặt phẳng) vuông góc với đường thẳng (hay mặt phẳng) khác. Xem thêm LINE và PLANE.
- **PLANE** : Plane (mặt phẳng) - Lệnh hình học. Được dùng để xác định một mặt phẳng. Có mấy cách xác định như sau:

1. Đi qua ba điểm không thẳng hàng cho trước (hình A.12)

PL1 = PLANE/P1, P2, P3



Hình A.12



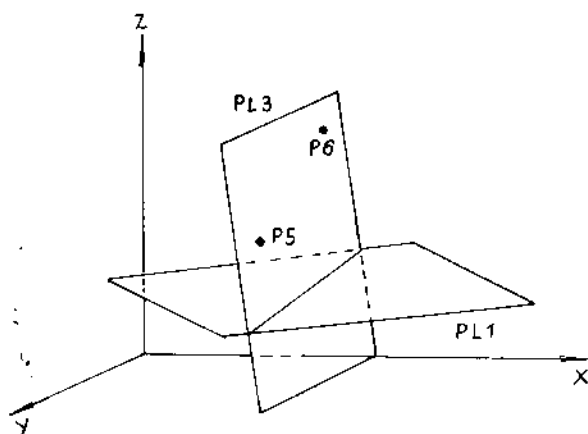
Hình A.13

2. Đi qua một điểm cho trước và song song với một mặt phẳng cho trước (hình A.13)

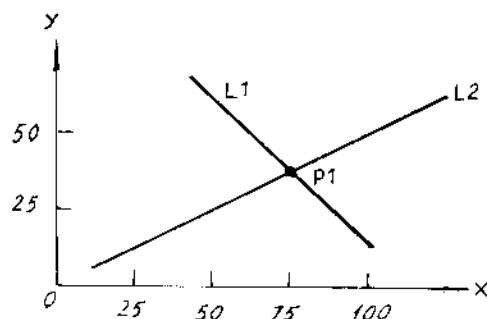
PL2 = PLANE/P4, PARALLEL, PL1

3. Đi qua hai điểm cho trước và vuông góc với một mặt phẳng cho trước (hình A.14):

PL3 = PLANE/PERPTO, PL1, P5, P6



Hình A.14



Hình A.15

- **POINT :** Point (điểm) - Lệnh hình học. Được dùng để xác định một điểm. Sau đây là một số phương pháp xác định:

1. Xác định bởi các tọa độ x, y và z (hình A.15):

$$P1 = \text{POINT}/75.0, 37.5, 0.0$$

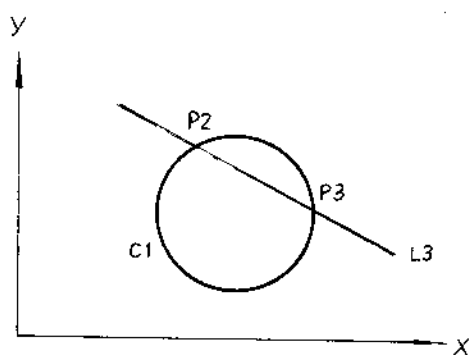
2. Là giao điểm của hai đường thẳng (hình A.15):

$$P1 = \text{POINT}/L1, L2$$

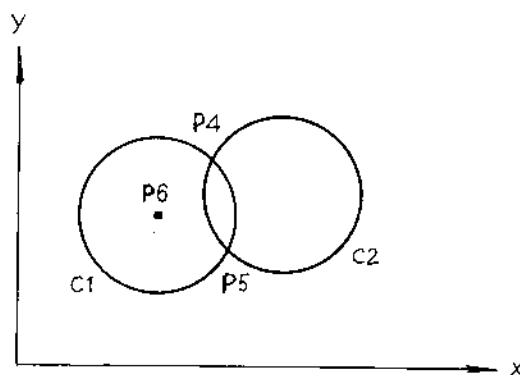
3. Là giao điểm của một đường thẳng và một đường tròn (hình A.16):

$$P2 = \text{POINT}/\text{YLARGE}, \text{INTOF}, L3, C1$$

$$P3 = \text{POINT}/\text{XLARGE}, \text{INTOF}, L3, C1$$



Hình A.16



Hình A.17

Ghi chú: Có bốn từ khóa mô tả được dùng trong cách xác định này là XLARGE, XSMALL, YLARGE, YSMALL, tùy theo từng tình huống cụ thể. Ví dụ đối với điểm P2 thì dùng YLARGE hoặc XSMALL, đối với điểm P3 thì dùng YSMALL hoặc XLARGE.

4. Là giao điểm của hai đường tròn (hình A.17):

$P4 = \text{POINT/YLARGE, INTOF, } C1, C2$

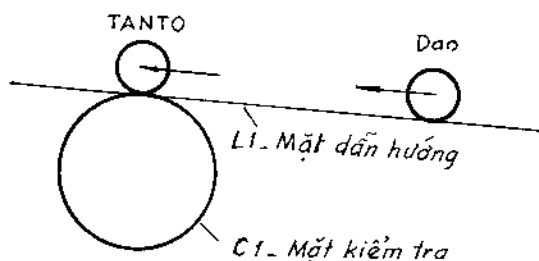
$P5 = \text{POINT/YSMALL, INTOF, } C1, C2$

Ghi chú: Cũng giống như ở hình A.16, ở đây có bốn từ khóa mô tả là XLARGE, XSMALL, YLARGE, YSMALL, và sử dụng từ nào là tùy từng trường hợp cụ thể.

5. Là tâm của một đường tròn. Ví dụ điểm P6 là tâm của đường tròn C1:

$P6 = \text{POINT/CENTER, } C1$

- RADIUS : Radius (bán kính) - Dữ liệu mô tả. Được dùng để chỉ ra bán kính của một đường tròn (xem CIRCLE).
- RIGHT : Right (bên phải) - Dữ liệu mô tả xem LEFT và LINE.
- TANTO : Tangent to (tiếp tuyến với) - Là dữ liệu mô tả. Đồng thời cũng có thể là từ khóa điều chỉnh chuyển động:
 1. Là dữ liệu mô tả khi nó được dùng để thể hiện tiếp tuyến của một yếu tố hình học đối với một yếu tố hình học khác.
 2. Là từ khóa điều chỉnh chuyển động khi nó được dùng để chỉ ra rằng chuyển động của dụng cụ cắt sẽ phải dừng ở điểm tiếp tuyến giữa mặt dẫn hướng và mặt kiểm tra (hình A.18).



Hình A.18

- **TERMAC** : Termination of MACRO subroutine (kết thúc Macro). Được dùng như là lệnh cuối cùng trong Macro để ra chỉ thị trở về chương trình chính, đứng nơi dòng lệnh đứng sau lời gọi CALL. Xem thêm MACRO và CALL.
- **TO** : To (đến khi tiếp xúc trong) - Từ khóa điều chỉnh chuyển động. Xem thêm ON.
- **TERRET** : Terret (ụ dao) - Lệnh hậu xử lý. Được dùng để xác định một vị trí cụ thể của ụ dao máy tiện hoặc máy khoan, hoặc để gọi một dụng cụ cắt cụ thể từ giá thay dao tự động, chẳng hạn:
TERRET/T30
- **XLARGE** : X large (X giá trị lớn) - Dữ liệu mô tả. Được dùng để thể hiện vị trí tương đối của một yếu tố hình học đối với một yếu tố hình học khác khi có hai cách lựa chọn. Xem thêm CIRCLE và POINT.
- **XSMALL** : X small (X giá trị nhỏ) - Dữ liệu mô tả. Xem XLARGE.
- **YLARGE** : Y large (Y giá trị lớn) - Dữ liệu mô tả. Xem XLARGE.
- **YSMALL** : Y small (Y giá trị nhỏ) - Dữ liệu mô tả. Xem XLARGE.

Phụ lục B

MỘT SỐ MÁY CÔNG CỤ CNC HIỆN CÓ TẠI IMI - VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP

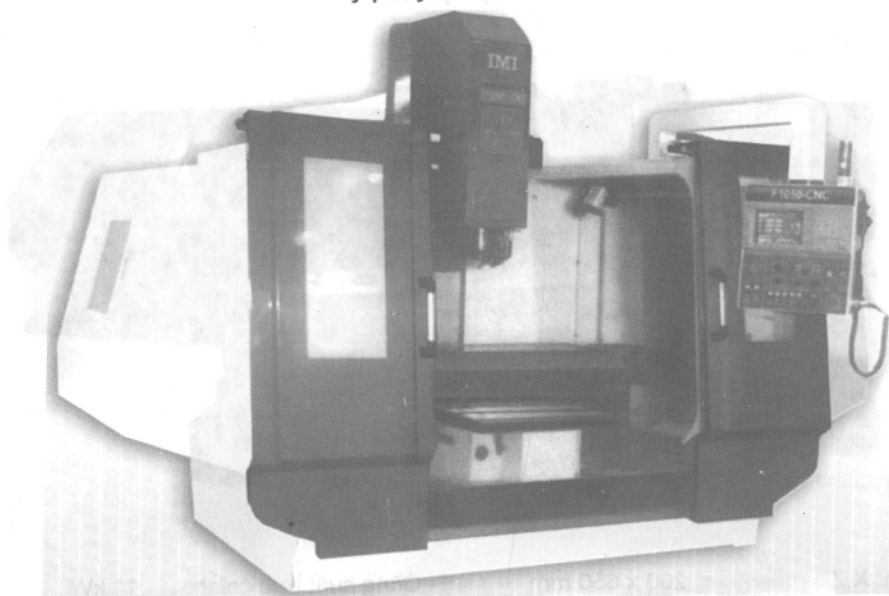
MÁY CÔNG CỤ CNC

Máy phay F4025-CNC



- Kích thước bàn X, Y:	800 x 400 mm	- Tốc độ chạy cắt gọt:	1-3000 mm/phút
- Rãnh T:	18 mm x 3	- Lỗ côn trục chính:	BT40MAS403BT
- Hành trình: X,Y,Z	600 x 400 x 600 mm (1000 x 500 x 500 mm)	- Đường kính trục chính:	65 mm
- Động cơ: X,Y,Z	DC Servo mm	- Công suất trục chính:	4 kW
- Độ chính xác định vị:	0.005/300 mm	- Tốc độ trục chính:	63/3000 vòng/phút
- Độ chính xác lặp lại:	0,003 mm	- Tải trọng:	300 kg/600 kg
- Tốc độ chạy nhanh:	5000 mm/phút	- Kích thước máy:	2200 x 1660 x 2349mm
		- Khối lượng máy:	3000 kg/3500 kg
		- Bộ điều khiển:	TNC 310, Siemen 802C

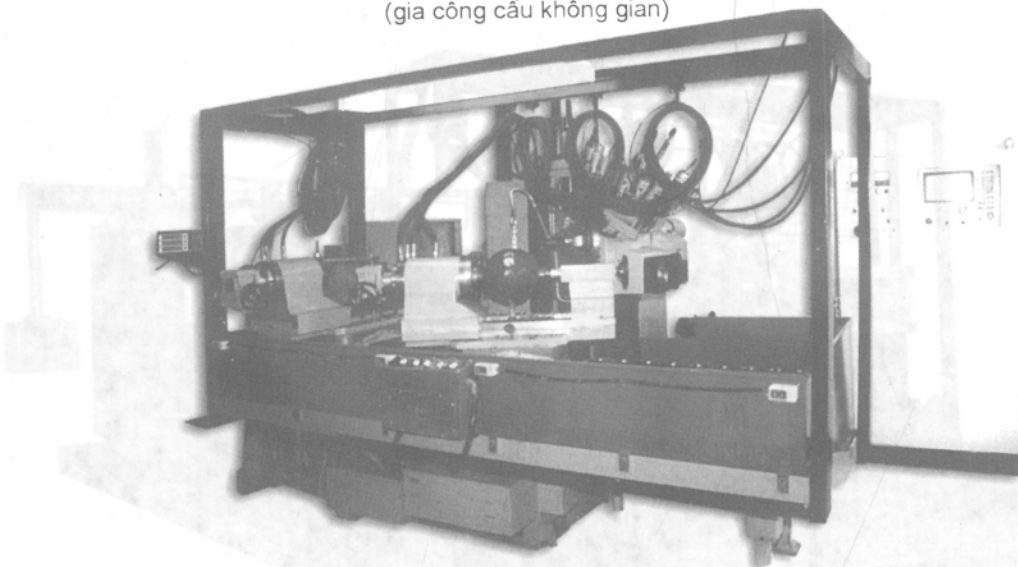
Máy phay F1050-CNC



- | | | | |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
| - Kích thước bàn X, Y | 425 x 1524 mm | - Tốc độ chạy nhanh: | 5000 mm/phút |
| - Rãnh T | 16 x 4 x 80 mm | - Tốc độ chạy cắt gọt: | 1-3000 mm/phút |
| - Hành trình: X,Y,Z | 1000 x 500 x 500 mm | - Lỗ côn trục chính: | BT40 |
| - Động cơ: X,Y,Z | DC Servo | - Công suất trục chính: | 5,5/7,5 kW |
| - Độ chính xác định vị: | 0.005/300 mm | - Tốc độ trục chính: | 60-6000 vòng/phút |
| - Độ chính xác lắp lại: | +0,003 mm | - Tải trọng: | 600 kg |
| | | - Bộ điều khiển: | ANILAM 6300 |

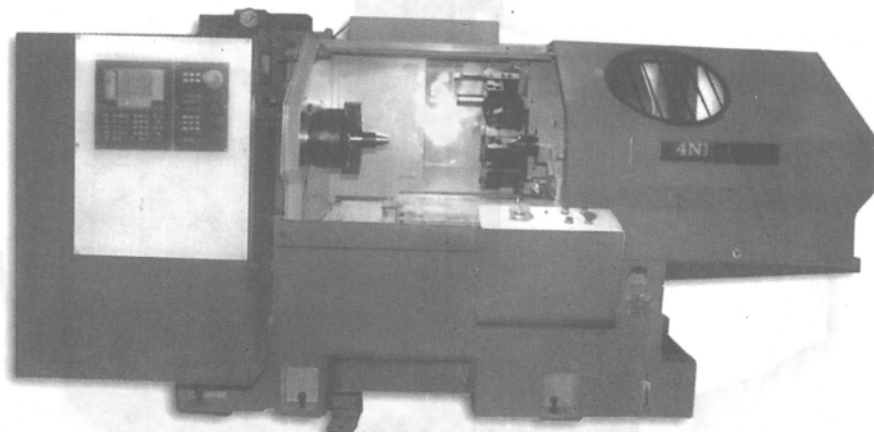
Trung tâm GC ngang CNC*

(gia công cầu không gian)



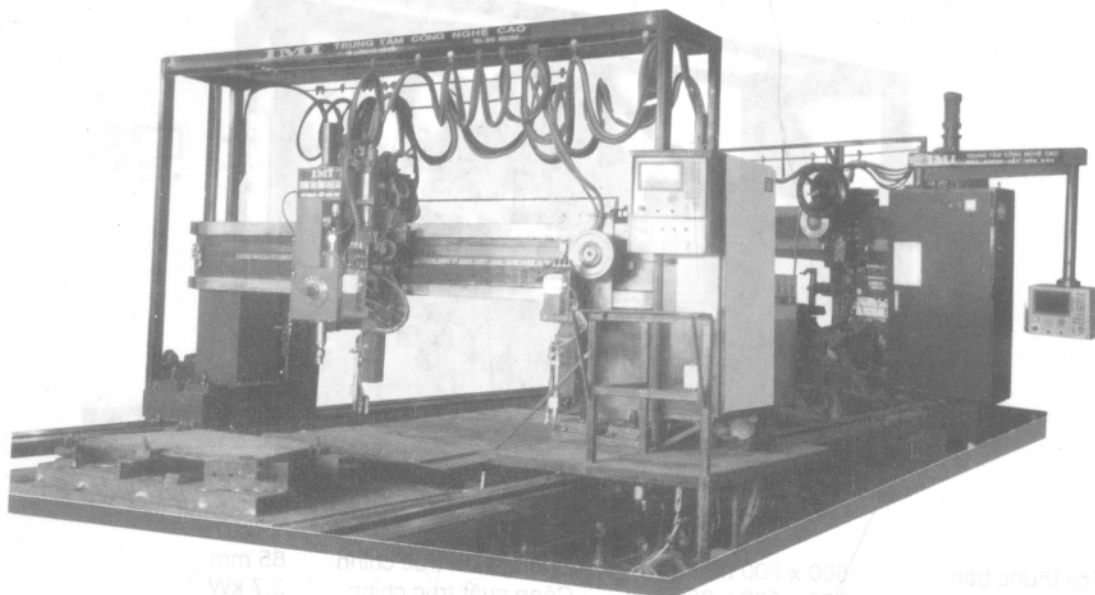
- | | | | |
|-------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| - Kích thước bàn: | 500 x 500 mm | - Đường kính trục chính: | 65 mm |
| - Hành trình: X,Y,Z | 620 x 500 x 350 mm | - Công suất trục chính: | 3,7 kW |
| - Động cơ: X,Y,Z | DC Servo | - Tốc độ trục chính: | 20-2000 vòng/phút |
| - Độ chính xác định vị: | 0.005/300 mm | - Tải trọng: | 500 kg |
| - Độ chính xác lắp lại: | 0,005 mm | - Kích thước máy: | 3810 x 2555 x 2141 mm |
| - Tốc độ chạy nhanh: | 5000 mm/phút | - Khối lượng máy: | 4000 kg |
| - Tốc độ chạy cắt gọt: | 1-3000 mm/phút | - Bộ điều khiển: | TNC 310, Heidenhain |
| - Lỗ côn trục chính: | BT40 | | |

Máy tiện CNC*



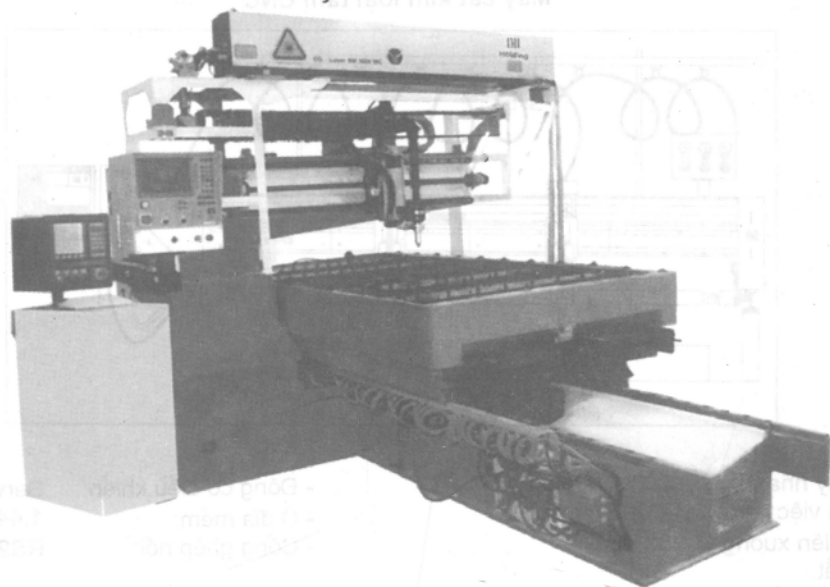
- | | | | |
|-----------------------------|----------------|-------------------------|-------------------|
| - Hành trình: X,Z | 200 x 650 mm | - Công suất trục chính: | 11 kW |
| - Động cơ: X,Z | DC Servo | - Tốc độ trục chính: | 10-2000 vòng/phút |
| - Độ chính xác định vị: | 0.005/300 mm | - Tải trọng: | 200 kg |
| - Độ chính xác lặp lại: | 0,01 mm | - Kích thước máy: | 2230 x 1620 mm |
| - Tốc độ chạy nhanh: | 5000 mm/phút | - Khối lượng máy: | 3500 kg |
| - Tốc độ chạy cắt gọt: | 1-3000 mm/phút | - Đường kính mâm cặp: | 250 mm |
| - Lỗ côn trục chính: | BT40 | - Chiều cao tâm: | 200 mm |
| - Đường kính lỗ trục chính: | 44 mm | - Bộ điều khiển: | Siemens 802C |

Máy khoan hàn cắt CNC



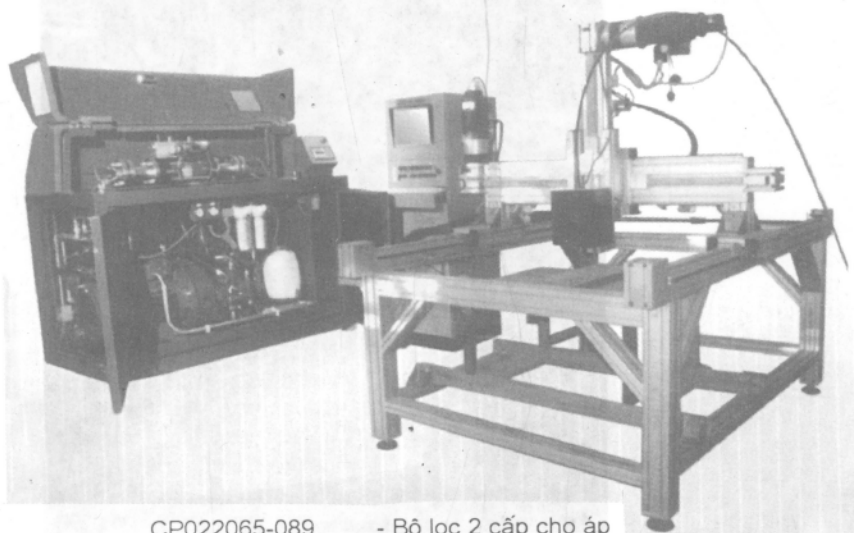
- | | | | |
|------------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|
| - Kích thước làm việc X,Y,Z: | 2500 x 12000 x 400 mm | - Tốc độ trục chính: | 20-800 vòng/phút |
| - Chiều cao vật gia công: | 700 mm | - Mômen lớn nhất của trục chính: | 70 kgm |
| - Tốc độ làm việc: | 1-3000 mm/phút | - Lỗ côn trục chính: | Côn Moóc số 5 |
| - Động cơ dẫn bàn X,Y,Z: | DC Servo | - Bộ điều khiển: | TNC 310 của Đức |
| - Động cơ trục chính: | AC biến tần | | |

Máy cắt laser CNC



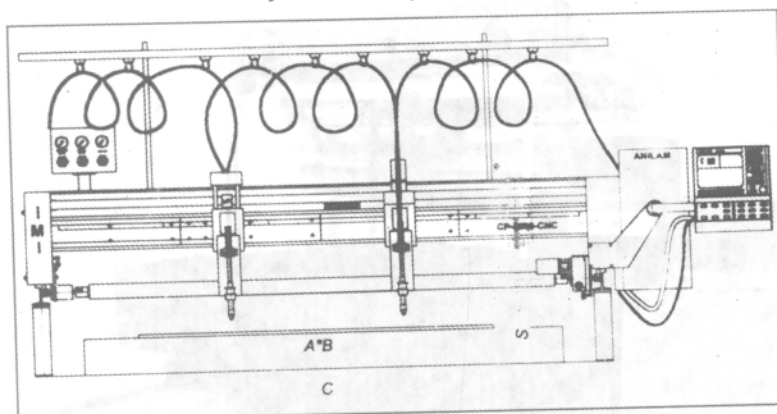
- | | | | |
|-------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| - Kích thước bàn: | 3000 x 1500 mm | - Tốc độ chạy cắt gọt: | 4000 mm/phút |
| - Hành trình: X,Y,Z | 2500 x 1400 x 200 mm | - Công suất nguồn laser: | 1000 W |
| - Động cơ: X,Y,Z | DC Servo | - Tải trọng: | 250 kg |
| - Độ chính xác định vị: | 0.005/300 mm | - Kích thước máy: | 4500 x 2500 x 2500 mm |
| - Độ chính xác lắp lại: | 0,01 mm | - Bộ điều khiển: | TNC 310 |
| - Tốc độ chạy nhanh: | 10000 mm/phút | - Chiều dài cắt max: | 5 mm |

Máy cắt bằng tia nước áp suất cao 4000 bar. Bộ điều khiển CNC



- | | | | |
|---------------------------------|----------------|------------------------------------|---|
| - Bơm: | CP022065-089 | - Bộ lọc 2 cấp cho áp suất thấp: | |
| - Số Piston: | 1 | + Cấp 1: Cỡ lưới: | 5 µm |
| - Đường kính Piston: | 22 mm | + Cấp 2: Cỡ lưới: | 1,2 µm |
| - Hành trình Piston: | 175 mm | - Bộ lọc cho áp suất cao: Cỡ lưới: | 3 µm |
| - Tốc độ trục quay: | 1450 vg/phút | - Động lực: | Động cơ điện 3 pha N°467417 MK004 Công suất 30 kW |
| - Lưu lượng max: | 3,4 lit/phút | | Tốc độ 1450 vg/phút |
| - Áp suất max: | 4000 bar | | Cấp bảo vệ IP 55 |
| - Áp suất hạt mài min/max: | 3/6 bar | | |
| - Đầu cắt có hạt mài: | WJ 0700600/590 | | |
| - Hệ thống nạp và chứa hạt mài: | T5006060/590 | | |

Máy cắt kim loại tấm CNC



Thông số kỹ thuật:

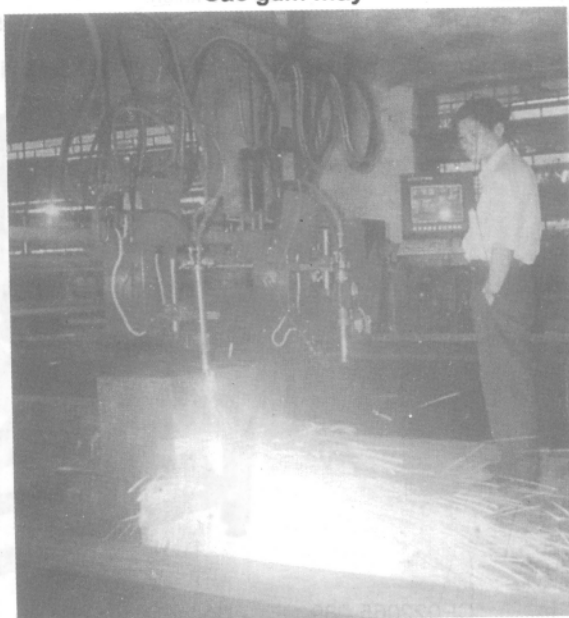
- Tốc độ chạy nhanh: 8000 mm/phút
- Tốc độ làm việc: 1-2000 mm/phút
- Hành trình lên xuống của đầu cắt: 200 mm
- Số lượng đầu cắt: 2-4
- Bộ điều khiển: CNC ANILAM (Mỹ)

SIEMENS (Đức) HEIDENHAIN

- Động cơ điều khiển: Servo motor
- Ổ đĩa mềm: 1,44 MB
- Cổng ghép nối: RS232, RS432

- Đánh lửa: Tự động
- Cam: Lập trình trên PC

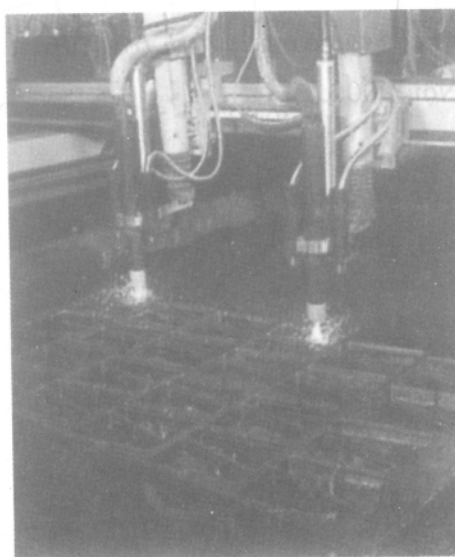
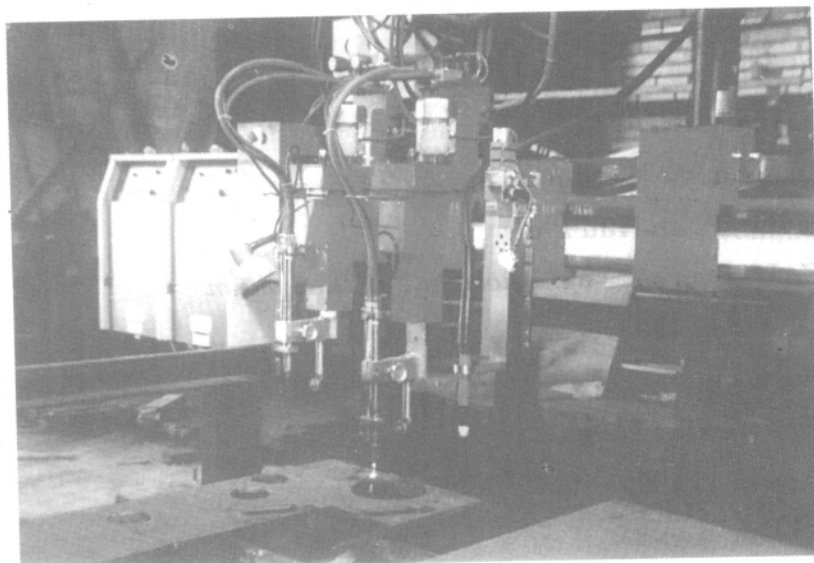
Các gam máy



Kiểu máy	Phạm vi hoạt động của mỏ cắt (mm)		Khoảng cách tâm đường ray C (mm)
	Chiều rộng A	Chiều dài B	
CP-1350-CNC	1300	5000	2100
CP-1650-CNC	1600	5000	2400
CP-1980-CNC	1900	8000	2700
CP-2580-CNC	2500	8000	3300
CP-3180-CNC	3100	8000	3900
CP-37110-CNC	3700	11000	4500
CP-42140-CNC	4200	14000	5000
CP-54170-CNC	5400	17000	6200
CP-66200-CNC	6600	20000	7400

Đặc tính cắt

Nguồn cắt	Độ dày cắt (mm) ứng với vật liệu			
	Thép cacbon	Thép không gỉ	Đồng đỏ	Nhôm
Plasma	40	40	15	40
Gas-Oxy hoặc Axêtylen	160	0	0	0



Khoảng cách từ mô cắt đến mặt
tôn có thể tự điều chỉnh bằng cơ
khí hoặc cảm biến

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Hoài Ân
Nền sản xuất CNC
NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2003.
- [2] Nguyễn Bin, Phan Hữu Phúc
CAD/CAM trong công nghệ hóa chất và thực phẩm
ĐHBK, Hà Nội, 1998.
- [3] Trần Văn Địch
Công nghệ trên máy CNC
NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2000.
- [4] Tạ Duy Liêm
Máy công cụ CNC
NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [5] Phan Hữu Phúc
CAD/CAM - Thiết kế chế tạo có máy tính trợ giúp
NXB Giáo dục, Hà Nội, 2000.
- [6] Trần Doãn Tiến
Tự động điều khiển các quá trình công nghệ
NXB Giáo dục, Hà Nội, 1998.
- [7] Allan JJ.
A Survey of Industrial Robots
Productivity Intern al. Inc., Dallas, Tex., 1980.
- [8] Carl Machover (& others)
The CAD/CAM Handbook
McGraw-Hill, New York, 1995.
- [9] Tien-Chien Chang, Richard A. Wysk, Hsu-Pin Wang
Computer - Aided Manufacturing
Second edition, Prentice Hall, International Series in Industrial and System Engineering, 1998.

- [10] Engenberger JF.
Robotics in Practice
AMACOM (Americal Management Associations), New York, 1980.
- [11] Groover MP.
Automation, Production Systems, and Computer - Aided Manufacturing
Prentice- Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1980.
- [12] Mikell P. Groover, Emory W. Zimmers Jr.
CAD/CAM - Computer - Aided Design and Manufacturing
Prentice Hall, of India Private Limited, New Delhi, 1987.
- [13] TK Kundra, PN Rao, NK Tewari
Numerical Control and Computer - Aided Manufacturing
Tata McGraw - Hill Publishing Company Ltd, New Delhi, 1987.
- [14] Reberts AD., Prentice RC.
Programming for Numerical Control Machines, 2nd edition.
McGraw - Hill Book Company, New York, 1978.
- [15] John Stark
Managing CAD / CAM - Implementation, Oganization and Intergration
McGraw - Hill Book Company, USA, 1988.

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
Chương 1. APT - NGÔN NGỮ DÙNG TRONG ĐIỀU KHIỂN SỐ	5
1.1. Mở đầu	5
1.2. Nhóm lệnh hình học	6
1.3. Nhóm lệnh chuyển động.....	8
1.3.1. Chuyển động điểm tới điểm (P.T.P)	9
1.3.2. Chuyển động theo đường bao vòng	11
1.4. Nhóm lệnh hậu xử lý.....	14
1.5. Nhóm lệnh phụ trợ	15
1.6. Khai báo macro trong ngôn ngữ APT	16
Bài tập chương 1.....	19
Chương 2. ĐIỀU KHIỂN SỐ TRUYỀN THỐNG.....	23
2.1. Mở đầu	23
2.2. Các thành phần cơ bản của một hệ NC	24
2.2.1. Chương trình	25
2.2.2. Bộ phận điều khiển (CU).....	25
2.2.3. Máy công cụ hoặc quá trình được điều khiển khác.....	27
2.3. Trình tự của máy NC	29
2.4. Hệ tọa độ trong NC	30
2.5. Các hệ điều khiển chuyển động của NC	33
2.5.1. Hệ điều khiển điểm tới điểm	33
2.5.2. Hệ điều khiển cắt thẳng.....	34
2.5.3. Hệ cắt theo đường bao vòng	34
2.6. Ứng dụng của điều khiển số.....	36

2.7. Ý nghĩa kinh tế của điều khiển số	39
2.7.1. Ưu điểm của NC	39
2.7.2. Nhược điểm của NC.....	40
Bài tập chương 2.....	41
Chương 3. LẬP TRÌNH VẬT LÀM CHO MÁY NC	42
3.1. Mở đầu.....	42
3.2. Bảng lỗ đục dùng cho máy NC.....	42
3.3. Khuôn dạng băng và mã hóa chương trình trên băng máy NC.....	44
3.4. Lập trình vật làm theo lối thủ công.....	45
3.5. Lập trình vật làm có máy tính trợ giúp.....	47
3.6. Đồ họa tương tác với việc lập trình trên hệ CAD/CAM.....	53
3.7. Lập trình vật làm NC bằng âm thanh	60
3.8. Nhập dữ liệu theo lối thủ công.....	61
Bài tập chương 3.....	63
Chương 4. ĐIỀU KHIỂN BĂNG MÁY TÍNH TRONG NC	65
4.1. Mở đầu.....	65
4.2. Một số vấn đề với NC truyền thống	66
4.3. Công nghệ của bộ phận điều khiển NC	67
4.4. CNC - Điều khiển số bằng máy tính.....	69
4.4.1. Định nghĩa.....	69
4.4.2. Các chức năng của CNC	70
4.4.3. Các ưu điểm của CNC	73
4.5. DNC - Điều khiển số trực tiếp.....	73
4.5.1. Các thành phần của một hệ thống DNC.....	74
4.5.2. Hai loại DNC	75
4.5.3. Chức năng của DNC.....	76
4.5.4. Ưu điểm của DNC.....	78
4.6. Các hệ DNC/CNC phối hợp	79
4.7. Các hệ thống cắt gọt điều khiển thích nghi.....	81
4.7.1. Điều khiển thích nghi ở đâu?	81
4.7.2. Các nguồn gốc thay đổi trong gia công vật làm.....	82
4.7.3. Hai cách điều khiển thích nghi	83

4.7.4. Vận hành của một hệ ACC.....	84
4.7.5. Lợi ích của điều khiển thích nghi trong gia công cắt gọt.....	86
4.8. Các khuynh hướng và những phát triển mới trong NC	88
4.8.1. Bỏ hẳn băng lỗ đục	88
4.8.2. Đầu dò để kiểm tra	88
4.8.3. Các hệ NC tiên tiến	90
4.9. FMS-Các hệ chế tạo mềm dẻo.....	91
4.10. Rôbôt học	92
Chương 5. CÔNG NGHỆ RÔBÔT.....	93
5.1. Mở đầu.....	93
5.2. Cấu hình vật lý của rôbôt công nghiệp.....	94
5.3. Các chuyển động cơ bản của rôbôt công nghiệp	97
5.4. Các đặc điểm kỹ thuật khác.....	99
5.5. Lập trình cho rôbôt công nghiệp	103
5.6. Các ngôn ngữ lập trình rôbôt công nghiệp.....	104
5.7. Phần tử chấp hành cuối	108
5.8. Điều khiển trạm công tác và khóa liên động.....	110
5.8.1. Điều khiển trạm công tác.....	110
5.8.2. Khóa liên động.....	112
5.9. Các bộ cảm biến rôbôt	112
5.9.1. Cảm biến thị giác	113
5.9.2. Cảm biến xúc giác và cận xúc giác.....	113
5.9.3. Cảm biến thính giác.....	114
5.10. Động học và động lực học rôbôt.....	114
5.10.1. Mở đầu	114
5.10.2. Bài toán cơ bản: Phép dịch chuyển và phép quay	115
5.10.3. Các hệ tọa độ của rôbôt	116
5.10.4. Các công thức sinh trong phép chuyển đổi tọa độ	118
5.10.5. Động lực học cánh tay rôbôt.....	122
5.11. Khả năng nhìn thấy của máy tính.....	125
5.11.1. Phép chuyển đổi hình ảnh.....	126
5.11.2. Phân tích hình ảnh.....	127
5.11.3. Nhận thức hình ảnh	129
Bài tập chương 5.....	130

Chương 6. CÁC ỨNG DỤNG CỦA RÔBÔT.....	135
6.1. Những cân nhắc chủ yếu khi ứng dụng rôbôt	135
6.1.1. Các đặc điểm ứng dụng chủ yếu	135
6.1.2. Lựa chọn phạm vi ứng dụng đúng đắn	135
6.1.3. Phạm vi ứng dụng của rôbôt công nghiệp.....	136
6.2. Rôbôt nâng - chuyển vật liệu	136
6.3. Rôbôt cấp liệu lên máy	137
6.4. Rôbôt hàn	139
6.4.1. Hàn điểm	139
6.4.2. Hàn hồ quang	140
6.5. Rôbôt phun phủ bề mặt.....	142
6.6. Rôbôt thực hiện các thao tác gia công.....	143
6.7. Rôbôt lắp ráp	144
6.8. Rôbôt kiểm tra chất lượng.....	146
Chương 7. CÔNG NGHỆ NHÓM.....	148
7.1. Mở đầu.....	148
7.2. Họ vật làm.....	149
7.3. Phân loại và đánh mã vật làm.....	152
7.3.1. Hệ thống thiết kế và hệ thống chế tạo.....	153
7.3.2. Cấu trúc của hệ thống đánh mã vật làm	153
7.4. Một số hệ thống phân loại và đánh mã vật làm.....	154
7.5. Phòng máy bố trí theo công nghệ nhóm	163
7.5.1. Khái niệm vật làm tổng hợp.....	164
7.5.2. Các loại phòng máy bố trí theo công nghệ nhóm.....	165
7.6. Lợi ích của công nghệ nhóm.....	166
Bài tập chương 7.....	169
Chương 8. LẬP QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CÓ MÁY TÍNH TRỢ GIÚP.....	170
8.1. Chức năng của lập quy trình công nghệ.....	170
8.1.1. Lập quy trình công nghệ theo cách truyền thống.....	170
8.1.2. Lập quy trình công nghệ tự động.....	171
8.2. Hệ lập quy trình công nghệ khả truy	171

8.3. Hệ lập quy trình công nghệ khả sinh	175
8.4. Lợi ích của lập quy trình công nghệ có máy tính trợ giúp.....	178
8.5. Các hệ cơ sở dữ liệu chế tạo.....	178
8.6. Định mức thời gian trên máy tính.....	185
Bài tập chương 8.....	188
<i>Phụ lục A. ĐỊNH NGHĨA VỀ CÁC TỪ KHÓA CỦA NGÔN NGỮ APT.....</i>	189
<i>Phụ lục B. MỘT SỐ MÁY CÔNG CỤ CNC HIỆN CÓ TẠI IMI-VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP</i>	200
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	206

206102



Giá: 37.000đ