



1956 - 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
**50** NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

TRẦN TRỌNG MINH  
NGUYỄN PHẠM THỰC ANH

# HỆ THỐNG SẢN XUẤT TỰ ĐỘNG HÓA TÍCH HỢP MÁY TÍNH



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT





1956 - 2006

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**  
**50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN**

**TRẦN TRỌNG MINH**  
**NGUYỄN PHẠM THỰC ANH**

**HỆ THỐNG SẢN XUẤT**  
**TỰ ĐỘNG HOÁ**  
**TÍCH HỢP MÁY TÍNH**



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

## LỜI NÓI ĐẦU

Vào những năm đầu của cách mạng công nghiệp, Tự động hoá được biết đến như quá trình sử dụng máy móc thay thế con người trong sản xuất. Vào những năm 1940 tự động hoá thường được sử dụng trong công nghiệp sản xuất ô tô như quá trình vận chuyển tự động các chi tiết giữa các máy sản xuất cùng quá trình gia công liên tục tại các máy đó. Ngày nay, những thành tựu to lớn trong công nghệ máy tính và hệ thống điều khiển đã mở rộng định nghĩa về tự động hoá. Theo đó tự động hoá là một quá trình sản xuất với nhiều hoạt động xảy ra theo một trình tự được lập trình sẵn, với các trang thiết bị đặc thù, dưới sự giám sát, theo dõi của hệ thống điều khiển, có khả năng thay đổi để đáp ứng với các điều kiện bên ngoài và yêu cầu sự có mặt tối thiểu của con người. Tự động hoá liên quan đến rất nhiều lĩnh vực, đó là các hệ thống điều khiển số NC, CNC, kỹ thuật người máy rôbốt, các hệ thống thiết kế, điều khiển sản xuất với sự trợ giúp của máy tính CAD, CAM, hệ thống sản xuất linh hoạt FMS, ...

Trong những năm gần đây các hệ thống sản xuất tự động hoá hiện đại được du nhập vào Việt Nam ngày càng nhiều. Tự động hoá nổi lên như một xu hướng bắt buộc mà sản xuất công nghiệp phải hướng theo trong tình hình hội nhập quốc tế đang diễn ra mạnh mẽ. Chính vì vậy việc đào tạo, bổ sung kiến thức về tự động hoá cho các kỹ sư là một nhiệm vụ được đặt ra cấp bách. Trong khi nội dung đào tạo chính của phần lớn các chuyên ngành kỹ thuật trong các trường đại học nước ta chỉ chú trọng đến khía cạnh sâu sắc của một lĩnh vực hẹp thì việc ứng dụng công nghệ tự động hoá lại đòi hỏi sự kết hợp một cách hợp lý nhiều lĩnh vực với nhau, kể cả về khía cạnh quản lý, nhằm mục tiêu đạt hiệu quả kinh tế-kỹ thuật cao nhất. Tài liệu này ra đời nhằm cung cấp cho sinh viên cũng như các cán bộ kỹ thuật nói chung những khái niệm cơ bản về một hệ thống sản xuất tự động hoá tổng thể cũng như các phương pháp để phân tích, đánh giá, thiết kế hệ thống này.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn GS. TS. Nguyễn Công Hiền cùng các đồng nghiệp đã đóng góp những ý kiến quý báu cho đề cương cũng như nội dung của cuốn sách. Mặc dù đã hết sức cố gắng nhưng không thể tránh khỏi các thiếu sót do tự động hoá là một lĩnh vực rất rộng lớn. Chúng tôi rất trân trọng và mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của bạn đọc. Các ý kiến xin gửi về:

Bộ môn Tự động hoá XNCN, Khoa Điện, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Các tác giả

## MỤC LỤC

1. MỞ ĐẦU.....	9
1.1. Định nghĩa Tự động hóa .....	9
1.2. Phân loại các hệ thống tự động hóa .....	9
1.3. Khái niệm về CIM ( <i>Computer Integrated Manufacturing</i> ).....	11
1.4. Lý do phải tự động hóa .....	12
1.5. Các ý kiến chống và ủng hộ Tự động hoá.....	13
1.5.1. Các ý kiến chống lại Tự động hoá .....	14
1.5.2. Các ý kiến ủng hộ Tự động hoá .....	14
2. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ HOẠT ĐỘNG SẢN XUẤT.....	16
2.1. Những loại hình sản xuất .....	16
2.2. Những chức năng chính của hoạt động sản xuất .....	17
2.2.1. Các quá trình gia công .....	18
2.2.2. Lắp ráp .....	19
2.2.3. Di chuyển và lưu giữ.....	19
2.2.4. Kiểm tra và thử nghiệm.....	19
2.2.5. Giám sát và điều hành sản xuất .....	19
2.3. Tổ chức và xử lý thông tin trong hoạt động sản xuất .....	19
2.4. Các loại mặt bằng sản xuất .....	20
2.5. Mô tả toán học các hoạt động trong sản xuất.....	23
2.5.1. Thời gian chế tạo ( <i>MLT-manufacturing lead tim</i> ) .....	23
2.5.2. Năng suất.....	24
2.5.3. Các thành phần của thời gian tích cực $T_0$ .....	24
2.5.4. Năng lực sản xuất .....	25
2.5.5. Mức độ sử dụng và mức độ sẵn sàng .....	26
2.5.6. Tồn kho trong quá trình sản xuất ( <i>WIP - Work in process</i> ) .....	26
2.5.7. Nhận xét về các khái niệm đưa ra ở trên .....	28
2.6. Các chiến lược tự động hóa.....	28
3. DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT TỰ ĐỘNG HOÁ .....	29
3.1. Những vấn đề chính về dây chuyền tự động .....	31
3.1.1. Các dạng dây chuyền tự động hoá .....	31
3.1.2. Các phương pháp di chuyển chi tiết.....	32

3.1.3. Bộ đệm .....	33
3.1.4. Các chức năng về điều khiển .....	34
3.2. Phân tích một dây chuyền tự động .....	34
3.2.1. Các thuật ngữ.....	35
3.2.2. Phân tích dây chuyền tự động không có bộ đệm .....	37
3.2.3. Dây chuyền bán tự động.....	40
3.3. Dây chuyền có bộ đệm .....	42
3.3.1. Các giới hạn về hiệu quả của bộ đệm.....	42
3.3.2. Phân tích dây chuyền hai công đoạn .....	43
3.4. Các hệ thống lắp ráp và vấn đề cân bằng dây chuyền.....	47
3.4.1. Các hệ thống lắp ráp .....	47
3.4.2. Vấn đề cân bằng dây chuyền trong dây chuyền lắp ráp bằng tay .....	48
3.4.3 Các phương pháp cân bằng dây chuyền .....	50
4. CÁC HỆ THỐNG SẢN XUẤT ĐIỀU KHIỂN SỐ.....	56
4.1. Khái niệm về điều khiển số.....	56
4.1.1. Hệ tọa độ và các chuyển động .....	57
4.1.2. Các kiểu hệ thống điều khiển số.....	58
4.1.3. MCU và các bộ phận cơ bản.....	58
4.2. Ứng dụng điều khiển số trong gia công cắt gọt kim loại .....	63
4.3. Lập trình cho chi tiết .....	67
4.3.1. Các phương pháp lập trình.....	67
4.3.2. Ngôn ngữ lập trình APT .....	68
4.4. DNC, CNC và AC ( <i>Adaptive Control</i> ).....	75
4.4.1. Các vấn đề đối với NC thông thường .....	75
4.4.2. DNC .....	75
4.4.3. CNC .....	76
4.4.4. Hệ thống điều khiển thích nghi ( <i>Adaptive Control - AC</i> ) .....	78
5. RÔBÔT CÔNG NGHIỆP .....	81
5.1. Định nghĩa Rôbôtics.....	81
5.2. Hệ thống rôbôt .....	81
5.2.1. Cấu trúc cơ khí của rôbôt .....	83
5.2.2. Các thông số đặc trưng của hệ thống rôbôt .....	86
5.2.3. Các hệ thống truyền động rôbôt .....	87

5.2.4. Hệ thống điều khiển chuyển động ( <i>Motion Control</i> ).....	89
5.2.5. Cảm biến .....	91
5.3. Lập trình cho rôbốt.....	92
5.4. Các lĩnh vực ứng dụng của Rôbốt công nghiệp.....	93
5.4.1. Bố trí mặt bằng cho Rôbốt hoạt động .....	93
5.4.2. Các ứng dụng của Rôbốt trong sản xuất.....	95
6. HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN VÀ LƯU GIỮ .....	99
6.1. Vai trò của hệ thống vận chuyển và lưu giữ.....	99
6.2. Phân tích hệ thống vận chuyển.....	99
6.3. Các nguyên lý cơ bản của hệ thống vận chuyển.....	102
6.4. Các loại hệ thống vận chuyển .....	102
6.4.1. Các hệ thống băng chuyền .....	103
6.4.2. Hệ thống xe tự hành ( <i>Automated Guided Vehicle - AGV</i> ) .....	106
6.5. Hệ thống nhà kho tự động.....	109
7. NHÓM CÔNG NGHỆ VÀ TỰ ĐỘNG HÓA LINH HOẠT .....	112
7.1. Nhóm công nghệ .....	112
7.1.1. Nhóm các chi tiết.....	113
7.1.2. Phân loại và mã hoá chi tiết.....	115
7.1.3. Phân tích dòng sản xuất ( <i>PFA</i> ).....	118
7.1.4. Thiết kế các đơn vị máy .....	120
7.1.5. Các lợi ích của nhóm công nghệ.....	125
7.2. Hệ thống sản xuất linh hoạt	
( <i>Flexible Manufacturing System - FMS</i> ) .....	126
7.2.1. Khái niệm về hệ thống sản xuất linh hoạt FMS.....	126
7.2.2. Trạm hoạt động của FMS.....	127
7.2.3. Các hệ thống vận chuyển nguyên vật liệu và kho lưu trữ.....	131
7.2.4. Hệ thống điều khiển bằng máy tính .....	134
7.2.5. Thiết kế FMS.....	135
7.2.6. Các phương pháp phân tích một hệ FMS .....	136
7.2.7. Các lợi ích của việc sử dụng FMS.....	137
8. HỆ THỐNG SẢN XUẤT TÍCH HỢP MÁY TÍNH	
(COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING - CIM) .....	138
8.1. Thiết kế với sự trợ giúp của máy tính CAD	
( <i>Computer Aided Design</i> ).....	138

8.1.1. Khái niệm cơ bản về CAD.....	139
8.1.2. Các bộ phận của CAD.....	142
8.2. Sản xuất với sự trợ giúp của máy tính CAM ( <i>Computer Aided Manufacturing</i> ).....	142
8.2.1. Lập kế hoạch sản xuất.....	143
8.2.2. Điều khiển sản xuất.....	144
8.3. Hệ thống CAD/CAM.....	144
8.4. Sản xuất tích hợp máy tính hoá CIM ( <i>Computer Integrated Manufacturing</i> ).....	145
8.5. Lập kế hoạch quá trình với sự trợ giúp của máy tính ( <i>Computer-Aided Process Planning - CAPP</i> ).....	147
8.5.1. Các hệ thống lập kế hoạch quá trình kiểu phục hồi.....	148
8.5.2. Các hệ thống CAPP tạo lập.....	149
8.5.3. Hệ thống lập kế hoạch sản xuất tích hợp máy tính hoá.....	149
8.5.4. Lập kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu (MRP).....	152
8.6. Lập kế hoạch nhu cầu năng lực sản xuất CRP ( <i>Capacity Requirement Planning</i> ).....	160
8.6.1. Vai trò của CRP.....	160
8.6.2. Cấu trúc của CRP.....	160
8.6.3. Hoạt động của hệ thống CRP.....	161
8.6.4. Điều chỉnh năng lực sản xuất.....	162
8.7. Điều khiển hoạt động sản xuất phân xưởng ( <i>Shop Floor Control - SFC</i> ).....	163
8.7.1. Cấu trúc của hệ thống SFC.....	163
8.7.2. Hoạt động của hệ thống SFC.....	164
9. NHÀ MÁY TỰ ĐỘNG TRONG TƯƠNG LAI.....	166
9.1. Các xu hướng trong sản xuất.....	166
9.2. Các nhà máy tự động hiện đại.....	168
9.2.1. Các hệ thống thông tin trong nhà máy tự động.....	168
9.2.2. Gia công và lắp ráp.....	169
9.2.3. Vận chuyển nguyên vật liệu.....	170
9.2.4. Các hệ thống kiểm tra.....	170
9.3. Các nhà máy tập trung.....	171
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	173

# 1 MỞ ĐẦU

## 1.1 Định nghĩa Tự động hóa

Tự động hóa là một công nghệ sản xuất sử dụng các hệ thống cơ khí, điện tử, máy tính để hoạt động và điều khiển quá trình sản xuất.

Công nghệ này bao gồm:

- Các máy tự động để gia công các chi tiết.
- Các hệ thống lắp ráp tự động.
- Rôbôt công nghiệp.
- Hệ thống lưu giữ và vận chuyển nguyên vật liệu.
- Hệ thống tự động kiểm tra và giám sát chất lượng.
- Các hệ thống điều khiển quá trình.
- Hệ thống thu thập, xử lý số liệu để điều hành, giám sát hoạt động sản xuất.

Quá trình sản xuất có thể phân loại thành:

- Sản xuất rời rạc, ví dụ: sản xuất cơ khí, lắp ráp ô tô, lắp ráp điện tử...
- Sản xuất theo quá trình liên tục, ví dụ các nhà máy hóa chất, giấy, xi măng,...

## 1.2 Phân loại các hệ thống tự động hóa

Các hệ thống tự động hóa (TĐH) có thể phân loại thành ba loại cơ bản sau:

- Tự động hoá cố định,
- Tự động hoá lập trình được,
- Tự động hoá mềm dẻo.

Tự động hóa cố định là những hệ thống sản xuất mà trình tự hoạt động là cố định, được xác lập sẵn bởi thiết bị. Mỗi một hoạt động trong quá trình tuần tự thường là rất đơn giản. Các máy móc kết hợp các hoạt động này lại trong một hệ thống phức tạp. Đặc điểm cơ bản của TĐH cố định là:

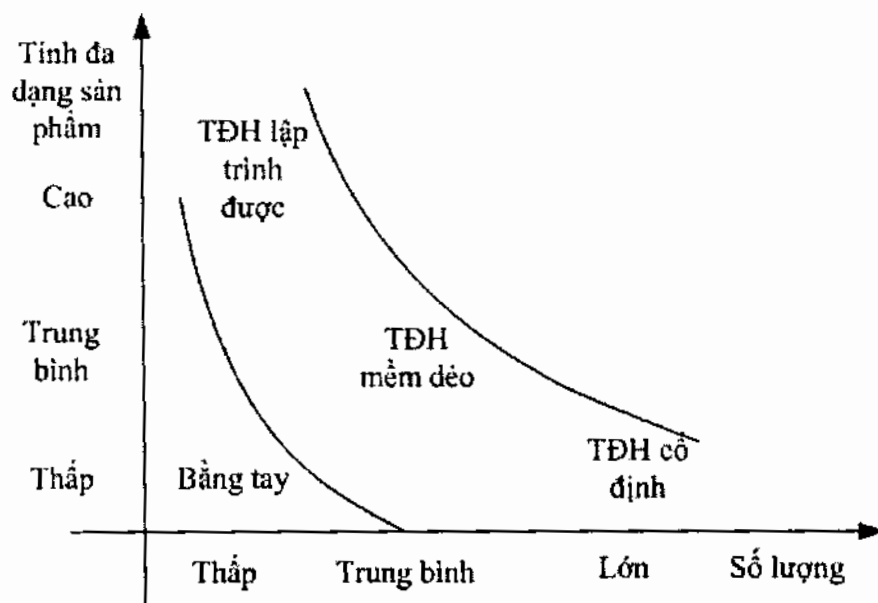


- Đầu tư ban đầu rất lớn cho các máy móc chuyên dụng.
- Sản xuất với số lượng lớn với năng suất rất cao nhưng chỉ sản xuất một loại sản phẩm hoặc một số chi tiết trong sản phẩm.
- Hầu như không thể thay đổi sản phẩm.

TĐH lập trình được đặc trưng bởi khả năng thay đổi được trình tự sản xuất theo từng loại sản phẩm. Trình tự sản xuất được điều khiển bởi chương trình. Đặc điểm cơ bản của loại hình TĐH này như sau:

- Đầu tư ban đầu lớn cho các máy móc thông dụng
- Số lượng sản xuất thấp so với TĐH cố định
- Tương đối mềm dẻo khi cần thay đổi mặt hàng sản xuất.
- Phù hợp với sản xuất theo từng lô.

TĐH mềm dẻo (còn gọi là TĐH linh hoạt) là bước phát triển cao hơn của TĐH lập trình được, trong đó hệ thống có thể đáp ứng các yêu cầu về thay đổi sản phẩm mà không mất thời gian để thiết lập lại trình tự hoạt động, do đó hệ thống có thể sản xuất ra được các loại sản phẩm khác nhau theo các lịch trình khác nhau. Đặc điểm cơ bản của loại hình TĐH này như sau:



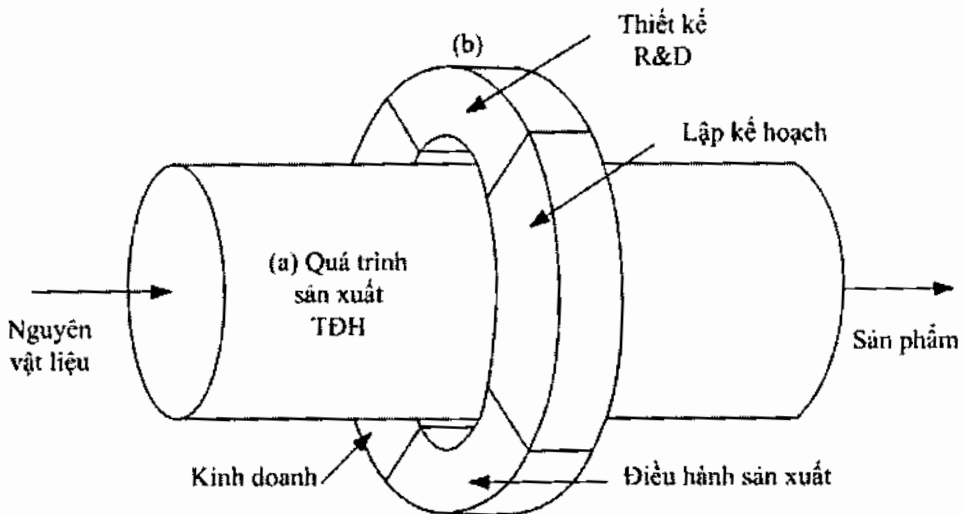
Hình 1.1 So sánh tương đối giữa các hình thức TĐH về mức độ phức tạp của sản phẩm và số lượng sản phẩm.

- Đầu tư ban đầu rất lớn cho các máy móc đặc chủng.
- Sản xuất liên tục với các loại sản phẩm khác nhau.
- Số lượng sản phẩm thấp và năng suất cũng tương đối thấp.
- Rất mềm dẻo đối với sự thay đổi sản phẩm.

Sự khác biệt giữa ba loại hình TĐH nói trên được thể hiện qua sự so sánh tương đối giữa chúng về mức độ phức tạp của sản phẩm và số lượng sản phẩm làm ra như trên hình 1.1.

### 1.3 Khái niệm về CIM (Computer Integrated Manufacturing)

CIM là một khái niệm về hệ thống sản xuất, trong đó máy tính được ứng dụng rộng rãi trong các khâu thiết kế sản phẩm, lập kế hoạch sản xuất và thực hiện các chức năng kinh doanh trong hoạt động sản xuất. Theo nhận định này thì CAD/CAM (computer-aided design và computer-aided manufacturing) là những khái niệm rất gần nghĩa với CIM.



Hình 1.2 Mô hình bánh xe CIM.

Quan hệ giữa CIM và hoạt động sản xuất nói chung được thể hiện một cách rõ nhất qua mô hình bánh xe CIM. Bánh xe CIM được thể hiện trên hình 1.2. Theo mô hình bánh xe CIM, TĐH liên quan trực tiếp đến quá trình sản xuất, gia công, lắp ráp, thử nghiệm chất lượng,..., tức là quá trình biến đổi nguyên vật liệu thành sản phẩm cuối cùng. Tuy nhiên để cho các hoạt

động sản xuất diễn ra một cách có hiệu quả thì cần phải có một loạt các hoạt động gián tiếp như lập kế hoạch, điều hành sản xuất, thiết kế và các hoạt động kinh doanh. Các hoạt động kinh doanh liên là cầu nối giữa nhà máy sản xuất với môi trường bên ngoài, đó là việc mua bán nguyên vật liệu, phụ tùng thay thế, khuyến khích trưng sản phẩm đến người tiêu dùng (marketing), tiếp nhận và xử lý đơn đặt hàng, thanh toán,... Các hoạt động gián tiếp chủ yếu liên quan đến việc xử lý thông tin và ngày càng ứng dụng máy tính nhiều để tự động hóa. Đây chính là lĩnh vực của CIM.

#### **1.4 Lý do phải tự động hóa**

Tự động hoá là nhu cầu tất yếu của sản xuất hiện đại trong các doanh nghiệp do các nguyên nhân chính như sau:

1. *Tăng năng suất.* Tự động hoá các hoạt động sản xuất dẫn đến tăng năng suất lao động. Nhờ áp dụng Tự động hoá, số sản phẩm đầu ra trong một giờ công lao động tăng lên so với lao động giản đơn.

2. *Công lao động tăng.* Xu hướng của xã hội công nghiệp thế giới là giá công lao động ngày một tăng. Đầu tư càng cao các thiết bị tự động là biện pháp kinh tế để thay thế các hoạt động bằng tay của các công nhân. Ở các nước công nghiệp phát triển, chi phí lao động cao khiến các chủ doanh nghiệp phải đưa máy móc vào thay thế con người. Do máy móc có thể cho năng suất đầu ra cao hơn, sử dụng tự động hoá dẫn đến chi phí cho một đơn vị sản phẩm thấp đi.

3. *Sự khan hiếm lao động.* Trong các quốc gia công nghiệp hàng đầu luôn có sự khan hiếm lao động và phải nhập khẩu lao động hàng năm. Sự khan hiếm này cũng thúc đẩy nhu cầu phát triển tự động hoá.

4. *Xu hướng lao động trong các dịch vụ.* Xu hướng này đặc biệt nổi trội ở Mỹ. Theo một báo cáo năm 1986, tỷ lệ người lao động trong sản xuất chỉ chiếm 20%, trong khi đó tỷ lệ này ở năm 1947 là 30%, còn năm 2000 chỉ còn 5%. Rõ ràng tự động hoá sản xuất đã dẫn tới sự chuyển đổi này. Tuy nhiên còn một số yếu tố xã hội dẫn đến sự chuyển đổi này. Sự phát triển của các cơ quan chính phủ, thành phố và khu vực đã tiêu thụ một lượng thị phần lao động nhất định. Ngoài ra, còn một số lớn người dân coi lao động ở các nhà máy là vất vả, hèn kém và không có triển vọng. Quan điểm này dẫn họ đến việc tìm kiếm các công việc trong lĩnh vực dịch vụ như làm việc trong các cơ quan của Chính phủ, bán hàng, bảo hiểm...

5. *Tính an toàn.* Tự động hoá hoạt động và chuyển người vận hành sang vai trò giám sát đã tăng tính an toàn sản xuất.

6. *Giá nguyên vật liệu thô cao.* Giá nguyên vật liệu cao dẫn đến yêu cầu cho việc sử dụng nguyên vật liệu một cách hiệu quả.

7. *Cải thiện chất lượng sản phẩm.* Các hoạt động tự động không những đưa ra sản phẩm nhanh hơn so với lao động thủ công mà còn sản xuất được các sản phẩm chất lượng cao.

8. *Thời gian sản xuất rút ngắn.* Tự động hoá cho phép nhà sản xuất giảm thời gian từ khi nhận được đơn đặt hàng của khách hàng tới lúc trả hàng. Điều này đưa lại cho nhà sản xuất các ưu thế cạnh tranh trong việc gia tăng dịch vụ tốt hơn cho khách hàng.

9. *Giảm lưu kho các sản phẩm dang dở.* Việc lưu kho một số lượng lớn các sản phẩm dở dang gây ra một chi phí đáng kể cho nhà sản xuất do nó làm ngưng đọng nguồn tiền tệ. Lưu kho các sản phẩm dở dang không mang lại giá trị về kinh tế. Do đó các sản phẩm dở dang này cần phải được giảm thiểu. Tự động hoá sẽ thực hiện việc này bằng việc giảm thời gian có mặt của các chi tiết gia công trong nhà máy.

10. *Sẽ thiệt hại lớn vì không tự động hoá.* Ưu thế cạnh tranh sẽ được tăng bởi việc tự động hoá các nhà máy sản xuất. Ưu thế này không dễ dàng biểu hiện một cách mang tính bản quyền. Lợi ích của việc sử dụng tự động hoá thường được biểu hiện theo một cách xác định như chất lượng sản phẩm cao, bán chạy và hình ảnh tốt hơn của công ty. Các công ty không tự động hoá thường kém ưu thế cạnh tranh với các khách hàng, công nhân của chính nhà máy và công chúng.

Tất cả các yếu tố trên hợp với nhau để làm cho tự động hoá sản xuất trở nên khả thi và thay đổi không ngừng một cách hiệu quả so với lao động thủ công trong sản xuất.

### **1.5 Các ý kiến chống và ủng hộ Tự động hoá**

Vào những năm 50 và 60 của thế kỷ 20, tự động hoá sản xuất là vấn đề mang tính quốc gia tại các nước công nghiệp phát triển. Các lãnh đạo của công nhân và các quan chức Chính phủ đã tranh cãi xung quanh việc chống và ủng hộ Tự động hoá. Ngay cả những nhà kinh doanh những người dường như được lợi từ nó cũng thường xuyên tự hỏi liệu Tự động hoá có thực sự đáng giá khi chi phí đầu tư quá cao. Đã có những ý kiến nên hạn chế tốc độ của các công nghệ sản xuất mới trong công nghiệp. Ngược lại có những nghị định cho rằng Chính phủ không những phải khuyến khích các công nghệ Tự động hoá mới mà còn phải hỗ trợ về tài chính cho nó (như Chính

phù Nhật đã thực hiện). Ở đây chúng ta sẽ xem xét các ý kiến ủng hộ và chống Tự động hoá.

### 1.5.1 Các ý kiến chống lại Tự động hoá

1. *Tự động hoá dẫn đến việc thay thế con người bằng máy móc.* Điều này dẫn đến tranh cãi liệu công việc chân tay sẽ được nâng cấp hay hạ cấp bởi tự động hoá. Một mặt, tự động hoá nhằm chuyển kỹ năng cần có để thực hiện công việc từ con người sang máy móc. Nếu làm như vậy, sự cần thiết của các công nhân lành nghề sẽ giảm đi. Do vậy các công việc chân tay còn lại sau khi tự động hoá sẽ yêu cầu ít kỹ năng hơn. Vì vậy ở khía cạnh này, tự động hoá làm hạ cấp các công việc tay chân. Xét ở một góc độ khác, các công việc đơn điệu theo lộ trình là dễ dàng được tự động hoá. Cần ít công nhân hơn cho công việc này. Các công việc đòi hỏi kỹ năng cao thì rất khó tự động hoá. Do vậy tự động hoá đã nâng cấp cho công nhân sản xuất chứ không phải hạ cấp.

2. *Tự động hoá dẫn tới ít việc làm và gây ra thất nghiệp ngày càng tăng.* Do tự động hoá tăng năng suất sản phẩm với mức độ nhất định và các công việc mới được tạo ra không đáp ứng được nhu cầu sử dụng lao động nên công nhân bị sa thải ngày càng nhiều.

3. *Tự động hoá làm giảm sức mua.* Điều này là hệ quả của ít việc làm. Khi máy móc thay thế con người và các công nhân này tham gia vào đội ngũ thất nghiệp thì họ sẽ không có lương để mua các sản phẩm được sản xuất tự động hoá. Thị trường trở nên hạn chế đối với các sản phẩm do người dân không đủ khả năng để mua, tồn kho tăng lên, sản xuất phải ngừng lại. Đó là các lý do để dẫn đến sự suy thoái về kinh tế.

### 1.5.2 Các ý kiến ủng hộ Tự động hoá

1. *Tự động hoá là chìa khoá để giảm số ngày lao động trong tuần.* Xu hướng giảm giờ làm việc và tăng thời gian nghỉ ngơi đã và đang được quan tâm. Số giờ làm việc tiêu chuẩn hiện nay khoảng 40 trong một tuần. Nhiều ý kiến cho rằng việc tự động hoá sẽ cho phép số giờ làm việc trung bình trong tuần tiếp tục giảm và rõ ràng chất lượng cuộc sống sẽ tốt hơn khi số giờ nghỉ ngơi tăng lên.

2. *Tự động hoá mang đến điều kiện làm việc an toàn hơn cho người công nhân.* Do người công nhân sẽ ít trực tiếp tham gia vào các hoạt động gia công nên sẽ giảm các tai nạn lao động.

3. *Tự động hoá dẫn đến giá cả thấp và sản phẩm tốt hơn.* Có thể dự đoán được rằng chi phí để sản xuất một đơn vị sản phẩm bởi các máy công cụ chuyên dụng thông thường đòi hỏi sự vận hành của người công nhân sẽ lớn gấp hàng trăm lần chi phí để sản xuất loại sản phẩm đó trong dây chuyền sản xuất tự động hoá hàng loạt. Công nghệ về điện tử đã đưa ra rất nhiều các ví dụ trong việc cải thiện công nghệ sản xuất để giảm đáng kể chi phí trong khi tăng giá trị của sản phẩm, ví dụ như vô tuyến màu, các thiết bị stereo, máy tính...

4. *Sự lớn mạnh của công nghiệp tự động hoá sẽ làm tăng cơ hội việc làm.* Điều này đặc biệt đúng trong công nghiệp máy tính. Các công việc mới này không chỉ là các công việc trực tiếp sản xuất, mà còn là các công việc dành cho người lập trình, kỹ sư hệ thống...

5. *Tự động hoá là phương tiện để nâng cao chất lượng của cuộc sống.* Năng suất lao động tăng nhờ các biện pháp tự động hoá sẽ tăng mức sống của chúng ta. Nếu đồng lương tăng không kịp tăng năng suất sản phẩm sẽ dẫn đến lạm phát. Điều đó lại dẫn đến việc giảm mức sống của chúng ta. Để làm cho xã hội tốt hơn, việc tăng năng suất sản phẩm phải nhanh hơn tăng lương. Do vậy ở một khía cạnh nào đó, tự động hoá với yêu cầu tăng năng suất sản phẩm chính là phương tiện để nâng cao chất lượng cuộc sống.

## 2 NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ HOẠT ĐỘNG SẢN XUẤT

### 2.1 Những loại hình sản xuất

Sản xuất là một quá trình biến đổi nguyên vật liệu thành các sản phẩm có giá trị, nghĩa là có thể bán được. Có thể thấy rằng hoạt động sản xuất hiện diện trong hầu hết các ngành công nghiệp. Tuy các quá trình sản xuất trong các ngành công nghiệp khác nhau có những đặc thù khác nhau nhưng bản thân quá trình sản xuất có những đặc tính cơ bản chung. Để có thể tự động hóa được các quá trình sản xuất ta phải phân tích và tìm hiểu những đặc tính chung này.

Trước hết, các loại hình sản xuất có thể được phân loại như sau:

1. Sản xuất đơn chiếc
2. Sản xuất theo lô
3. Sản xuất hàng loạt

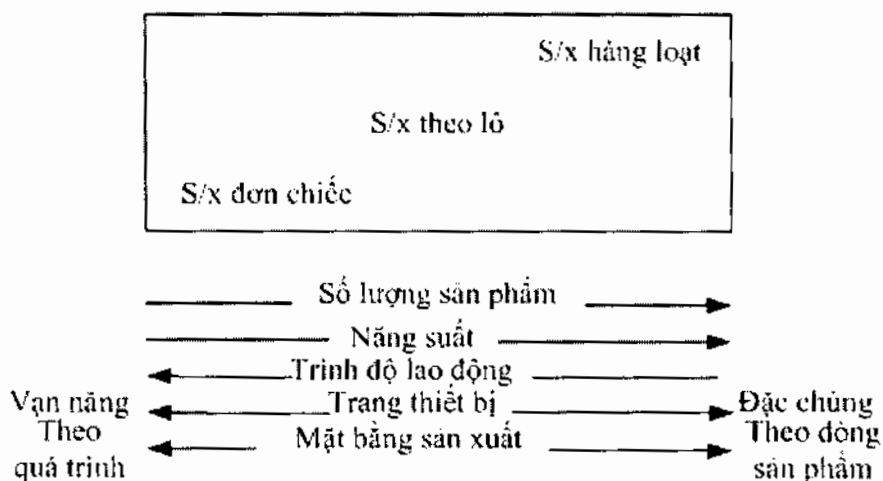
*Sản xuất đơn chiếc* là sản xuất mỗi lần chỉ làm một sản phẩm. Thông thường sản phẩm này có kích cỡ lớn và độ phức tạp cao, ví dụ như một chiếc máy bay, một chiếc tàu thủy, một tuabin cỡ lớn... Loại hình sản xuất này yêu cầu trang thiết bị có khả năng phục vụ nhiều loại công việc, người lao động phải có trình độ và kỹ năng tốt, phù hợp với nhiều loại công việc khác nhau.

*Sản xuất theo lô* là loại hình sản xuất mỗi lần cho ra một loạt sản phẩm giống nhau, số lượng vừa phải. Các lô sản phẩm có thể lặp lại theo chu kỳ hoặc thay đổi về chủng loại và số lượng nhằm đáp ứng nhu cầu của khách hàng. Trang thiết bị trong sản xuất theo lô phải có năng suất cao, có thể thay đổi để phù hợp với những sản phẩm khác nhau. Đặc điểm chính của loại hình sản xuất này là sản phẩm được tích tụ dần trong phân xưởng cho đến khi đạt đến số lượng của lô hàng thì được xuất hết đi cùng một lần, sau đó lại tích tụ dần dần.

*Sản xuất hàng loạt* đặc trưng bởi chỉ làm ra một loại sản phẩm nhưng với số lượng rất lớn và liên tục. Hệ thống trang thiết bị thường là loại đặc chủng, thiết kế riêng cho một loại sản phẩm và có năng suất rất cao. Loại hình sản xuất này chỉ yêu cầu lao động giản đơn, chỉ biết làm những công

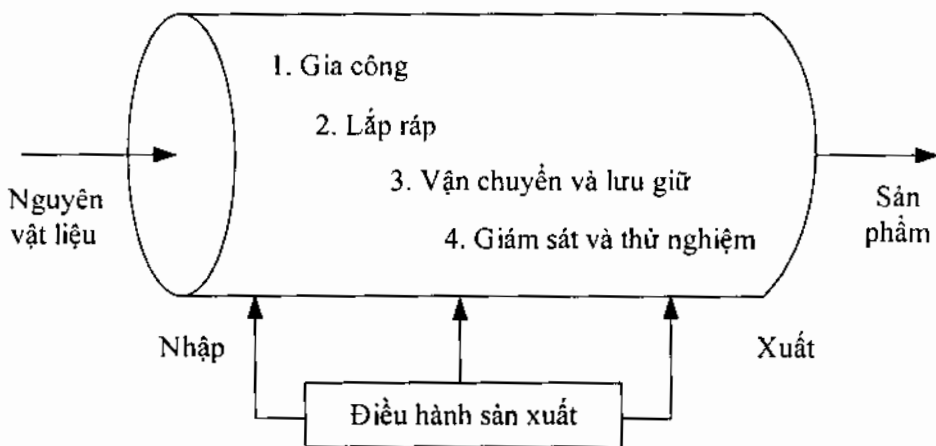
việc đơn giản, lặp đi lặp lại như di chuyển, sắp xếp hoặc theo dõi máy hoạt động.

Có thể so sánh những loại hình sản xuất này qua hình 2.1 dưới đây.



Hình 2.1 So sánh các loại hình sản xuất.

## 2.2 Những chức năng chính của hoạt động sản xuất



Hình 2.2 Mô hình hình ống của hoạt động sản xuất.

Hoạt động sản xuất thực hiện những công việc chính sau đây:

1. Gia công



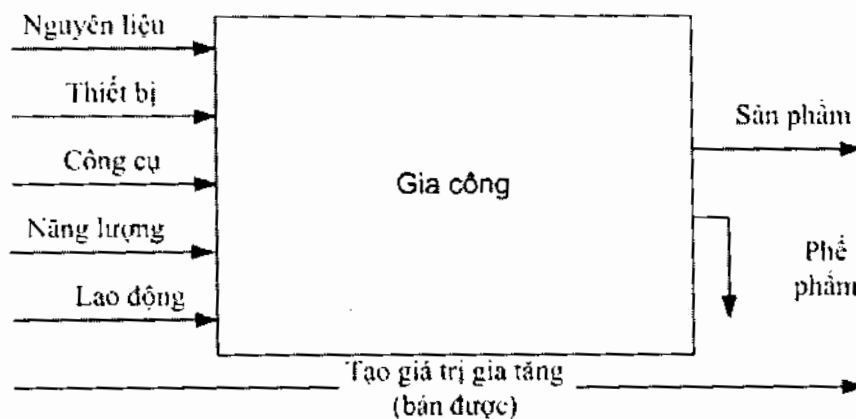
2. Lắp ráp
3. Vận chuyển và lưu giữ nguyên vật liệu
4. Giám sát và thử nghiệm
5. Điều hành

Mô hình sau đây trên hình 2.2 thể hiện các chức năng trên theo mô hình hình ống của hoạt động sản xuất.

### 2.2.1 Các quá trình gia công

Gia công bao gồm các quá trình cơ bản sau đây:

1. Cơ bản
2. Các gia công bước hai
3. Mở rộng các đặc tính vật lý
4. Hoàn thiện.



Hình 2.3 Chức năng của quá trình gia công.

Có thể mô tả về các bước gia công như sau. Bước gia công cơ bản nhằm tạo ra hình dạng ban đầu cho chi tiết dưới dạng phôi bao gồm các bước đục, rèn. Các quá trình bước hai nhằm tạo nên hình dạng hình học cho chi tiết bao gồm các bước tiện, phay, mài. Để mở rộng các đặc tính vật lý cho chi tiết có thể bao gồm các quá trình tôi, ủ. Bước cuối cùng để hoàn thiện chi tiết cần phải sơn bề mặt, mạ. Như sơ đồ trên hình vẽ 2.3 cho thấy, quá trình gia công đã sử dụng nhân công, năng lượng, máy móc để biến đổi các

nguyên vật liệu thô thành các chi tiết có giá trị. Một phần của đầu ra là các phế phẩm có thể phải bỏ đi hoặc quay lại để gia công lại.

### **2.2.2 Lắp ráp**

Lắp ráp là một trong những hoạt động cơ bản thứ hai trong sản xuất. Đối với một số xí nghiệp lắp ráp là một hoạt động chính, chiếm toàn bộ các chi phí trong quá trình sản xuất. Trong lắp ráp hoạt động chính là ráp nối các chi tiết lại với nhau để tạo nên sản phẩm cuối cùng, tuy nhiên phần lớn chi phí trong quá trình này lại có thể là để di chuyển dòng nguyên vật liệu, các chi tiết thành phần và các sản phẩm.

### **2.2.3 Di chuyển và lưu giữ**

Di chuyển và lưu giữ đóng một vai trò rất quan trọng trong bất cứ quá trình sản xuất nào. Trong một số trường hợp di chuyển và lưu giữ nguyên vật liệu và các bán thành phẩm một cách hợp lý là yếu tố chính tạo nên hiệu quả cho sản xuất.

### **2.2.4 Kiểm tra và thử nghiệm**

Kiểm tra và thử nghiệm đảm bảo sản xuất ra những sản phẩm chất lượng, giảm phế phẩm. Thử nghiệm thường được tiến hành với sản phẩm cuối cùng để chắc chắn rằng chúng có được những tính năng như thiết kế.

### **2.2.5 Giám sát và điều hành sản xuất**

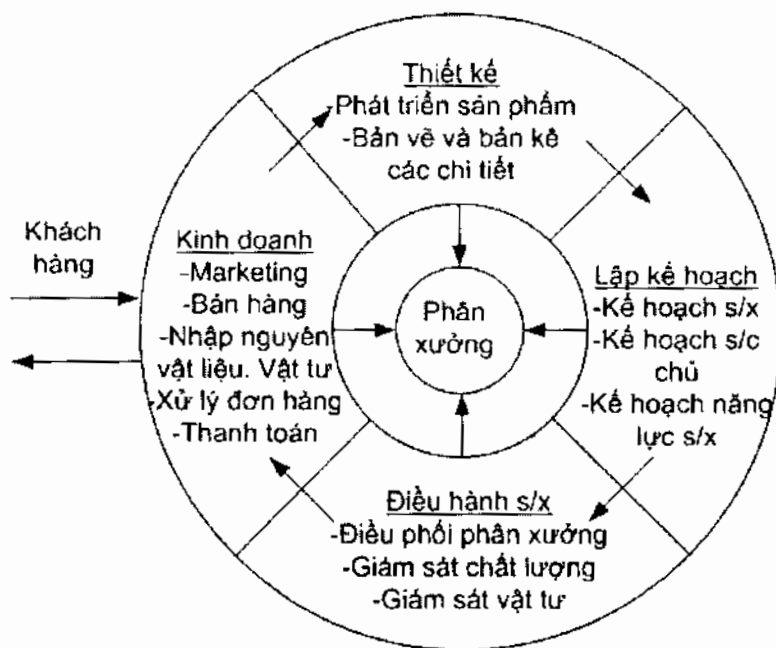
Giám sát và điều hành sản xuất đảm bảo rằng quá trình sản xuất diễn ra trôi chảy, liên tục, sử dụng một cách có hiệu quả các nguồn lực như trang thiết bị, vật tư, sức lao động, phối hợp các hoạt động nhằm đạt được các yêu cầu do quy trình công nghệ quy định.

## **2.3 Tổ chức và xử lý thông tin trong hoạt động sản xuất**

Dòng thông tin trong hoạt động sản xuất bao gồm bốn chức năng chính:

1. Kinh doanh
2. Thiết kế sản phẩm
3. Kế hoạch sản xuất
4. Điều hành sản xuất

Chi tiết về các chức năng trên đây và mối quan hệ giữa chúng và hoạt động sản xuất nói chung được thể hiện qua mô hình trên hình vẽ 2.4.



Hình 2.4 Dòng thông tin trong một đơn vị sản xuất.

## 2.4 Các loại mặt bằng sản xuất

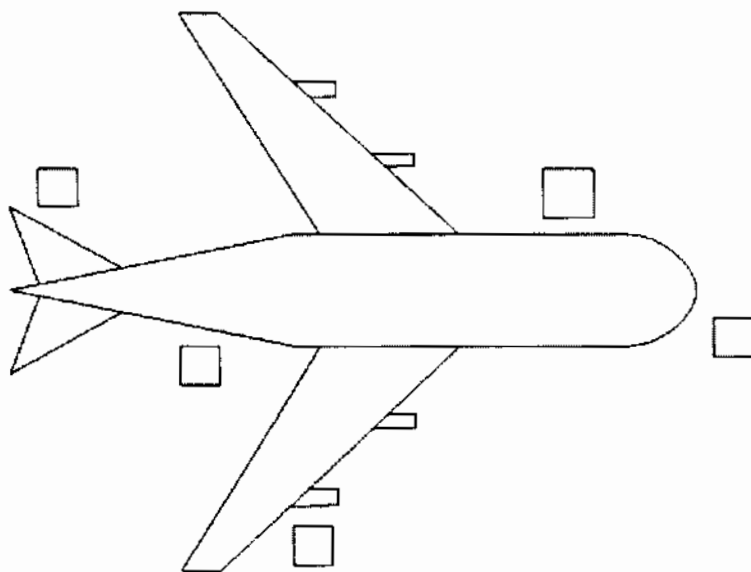
Cùng với cơ cấu tổ chức, mỗi nhà máy đều có một loại mặt bằng nhất định. Mặt bằng sản xuất liên quan đến việc bố trí trang thiết bị theo yêu cầu công nghệ. Có ba loại mặt bằng sản xuất chính:

- Mặt bằng cố định.
- Mặt bằng bố trí theo quá trình.
- Tổ chức mặt bằng theo dòng chảy sản phẩm.

### 1. Mặt bằng cố định

Trong kiểu mặt bằng này, thuật ngữ "cố định vị trí" chỉ trạng thái của sản phẩm trong quá trình sản xuất. Do kích thước lớn và khối lượng nặng,

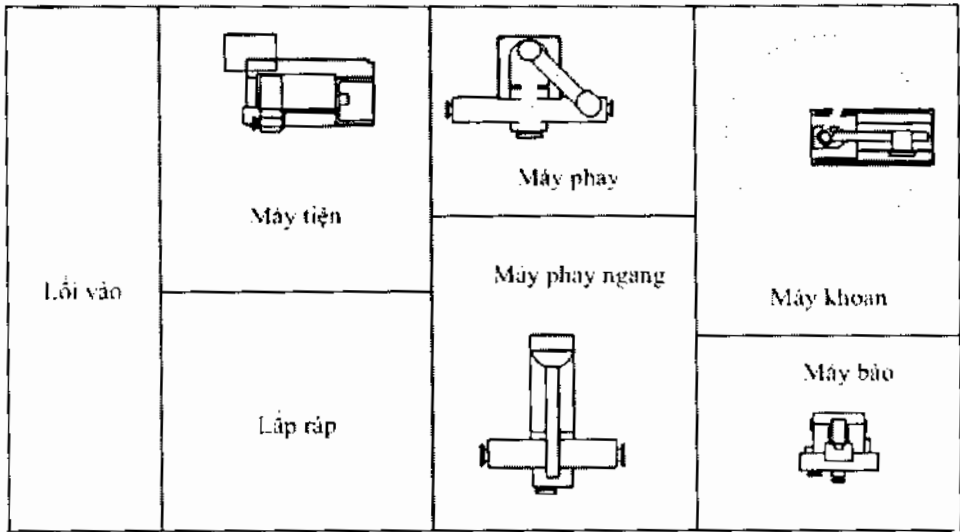
sản phẩm được đặt tại một chỗ và các thiết bị được sử dụng trong quá trình chế tạo được đưa tới nó. Lắp ráp máy bay và tàu thủy là các ví dụ về loại mặt bằng này. Loại hình mặt bằng dự án cũng có đặc điểm tương tự, ví dụ như xây cầu, nhà ở... Tuy nhiên sau khi hoàn thành, các sản phẩm được giữ lại tại vị trí, còn trong mặt bằng sản xuất cố định, các sản phẩm được chuyển đi cho công việc tiếp theo. Loại hình này thường được kết hợp với điều khiển sản xuất phân xưởng với các sản phẩm phức tạp được sản xuất với khối lượng nhỏ. Hình 2.5 biểu diễn một mặt bằng sản xuất cố định trong nhà máy chế tạo máy bay.



Hình 2.5 Mặt bằng sản xuất cố định.

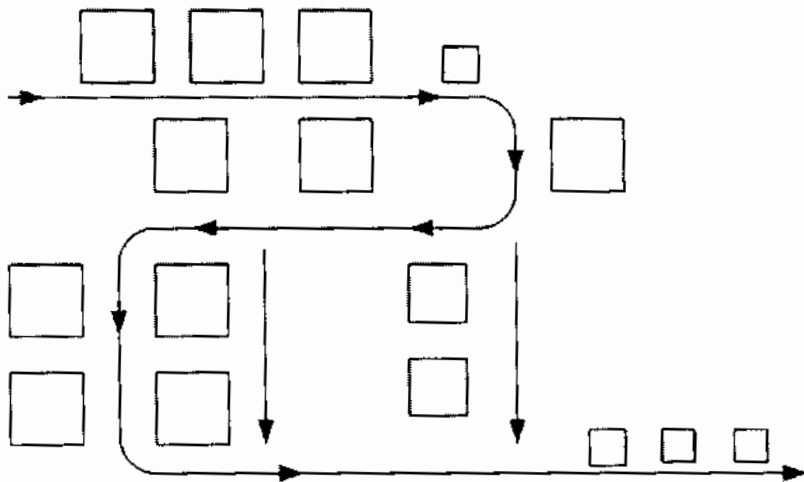
## 2. Mặt bằng bố trí theo quá trình

Trong loại hình này, các máy móc sản xuất được sắp xếp theo nhóm nguyên công sản xuất. Các máy tiện được sắp xếp ở một phân xưởng, các máy khoan ở phân xưởng khác và các máy đúc ở một phân xưởng khác... Hình 2.6 giới thiệu một mô hình đơn giản của dạng mặt bằng bố trí theo quá trình gia công. Ưu điểm của loại mặt bằng này là khá linh hoạt. Mỗi bộ phận khác nhau đòi hỏi quá trình gia công khác nhau có thể được đưa đến các phân xưởng tương ứng theo một trình tự hoàn chỉnh. Xe tải và xe tay được sử dụng để di chuyển các nguyên vật liệu và các bộ phận. Loại hình này phù hợp với sản xuất xưởng nhỏ hoặc sản xuất theo lô. Đôi khi cũng được sử dụng trong sản xuất hàng loạt.



Hình 2.6 Mặt bằng sản xuất theo quá trình.

### 3. Tổ chức mặt bằng theo dòng chảy sản phẩm



Hình 2.7 Mặt bằng theo dòng sản phẩm.

Dạng mặt bằng này được sử dụng khi nhà máy được đặt sản xuất một sản phẩm hoặc một lớp sản phẩm với khối lượng lớn hoặc thể tích lớn, đặc biệt khi các sản phẩm được lắp ráp phức tạp. Với loại hình này, các trang

thiết bị gia công và lắp ráp của nhà máy được sắp xếp dọc theo dòng chảy của sản phẩm. Các sản phẩm dở dang được vận chuyển bởi các băng chuyền hoặc các phương tiện tương tự từ phân xưởng này tới phân xưởng khác. Rõ ràng loại hình này thích hợp cho sản xuất hàng loạt. Việc sắp xếp như vậy không linh hoạt và chỉ đảm bảo khi số lượng lớn được đặt hàng để bù vào chi phí đầu tư ban đầu. Hình 2.7 biểu diễn một sơ đồ sắp xếp mặt bằng theo dòng chảy sản phẩm trong nhà máy.

## 2.5 Mô tả toán học các hoạt động trong sản xuất

Một số khái niệm liên quan đến hoạt động sản xuất cần được lượng hóa để có thể phân tích được các hoạt động này bằng toán học. Dưới đây sẽ trình bày một số khái niệm cơ bản nhất.

### 2.5.1 Thời gian chế tạo (*MLT-manufacturing lead time*)

Thời gian chế tạo (*MLT*) là một trong những khái niệm quan trọng nhất trong sản xuất. *MLT* là toàn bộ thời gian cần thiết để hoàn thành một sản phẩm trong nhà máy. Thời gian này bao gồm nhiều thành phần nhưng có thể chia làm hai nhóm: thời gian tích cực và thời gian thụ động. Thời gian tích cực là thời gian máy chạy để gia công sản phẩm. Ký hiệu  $T_o$  là thời gian tích cực, nghĩa là thời gian máy chạy, và  $T_{no}$  là thời gian máy không chạy, một thành phần của thời gian thụ động. Thời gian thụ động là các khoảng thời gian để chuẩn bị, di chuyển, lưu kho và những khoảng thời gian chậm trễ khác. Giả sử trong trường hợp đang xét chi tiết phải chế tạo qua  $n_m$  máy. Chi tiết được chế tạo theo lô, mỗi lô  $Q$  sản phẩm. Để bắt đầu chế tạo một lô  $Q$  sản phẩm cần một thời gian chuẩn bị chung là  $T_{su}$ . Thời gian chuẩn bị bao gồm thời gian sắp đặt các chi tiết, chuẩn bị đồ gá và các công cụ cần thiết. Khi đó có thể biểu diễn *MLT* như sau:

$$MLT = \sum_{i=1}^{n_m} (T_{sui} + QT_{oi} + T_{noi}) \quad (2.1)$$

Nếu giả thiết rằng thời gian tích cực, thời gian thụ động ở tất cả các máy là bằng nhau, biểu thức (2.1) trở thành:

$$MLT = n_m (T_{su} + QT_o + T_{no}) \quad (2.2)$$

Biểu thức (2.2) có thể áp dụng cho các dạng sản xuất khác nhau. Với sản xuất đơn chiếc  $Q = 1$ . Với sản xuất hàng loạt  $Q$  rất lớn, *MLT* chủ yếu xác định bởi  $T_o$ .

Ví dụ: Một sản phẩm được sản xuất theo lô 50 chiếc, tuần tự phải chạy qua 8 máy. Thời gian chuẩn bị là 3 h. Thời gian chạy máy là 6 phút. Thời gian thụ động bao gồm vận chuyển, kiểm tra, đóng gói là 7 h. Hãy tính số ngày cần thiết để sản xuất xong một lô nếu phân xưởng hoạt động 7 h/ngày.

$$MLT = 8(3 + 50 \cdot 0,1 + 7) = 120 \text{ h.}$$

Số ngày cần thiết là:  $120/7 = 17,14$  ngày.

### 2.5.2 Năng suất

Năng suất của một khâu trong dây chuyền sản xuất hoặc lắp ráp được xác định là số sản phẩm làm ra được trong một đơn vị thời gian, thường lấy là 1 h.

Từ (2.2) có thể thấy thời gian để chuẩn bị và gia công tại một máy cho mỗi lô sản phẩm là:

$$T_{p,Q} = T_{su} + QT_o \quad (2.3)$$

Nếu  $Q$  là số sản phẩm cần chế tạo và quá trình sản xuất có một tỷ lệ phế phẩm  $q$  nào đó, khi đó sẽ có  $Q/(1-q)$  sản phẩm phải chạy qua một máy. Do đó:

$$T_{p,Q} = T_{su} + QT_o / (1-q) \quad (2.4)$$

Như vậy thời gian trung bình cho một sản phẩm trên một máy trong dây chuyền sẽ là:

$$T_p = T_{p,Q} / Q = \frac{T_{su} + QT_o / (1-q)}{Q} \quad (2.5)$$

Vậy năng suất của máy đó sẽ là:

$$R_p = 1/T_p \quad (2.6)$$

Trong sản xuất đơn chiếc  $Q = 1$  nên thời gian chế tạo sẽ là:

$$T_p = T_{su} + T_o \quad (2.7)$$

### 2.5.3 Các thành phần của thời gian tích cực $T_o$

Thời gian tích cực là thời gian sản phẩm nằm trên một máy nào đó. Tuy nhiên không phải toàn bộ thời gian đó máy gia công sản phẩm. Để chuẩn bị cho gia công, chi tiết còn phải được gá lên máy và các công cụ cần thiết được lắp lên máy. Vì vậy có thể biểu diễn  $T_o$  như sau:

$$T_o = T_m + T_h + T_{th} \quad (2.8)$$

trong đó

$T_m$  : thời gian máy chạy;

$T_h$  : thời gian gá chi tiết;

$T_{th}$  : thời gian gá công cụ.

#### 2.5.4 Năng lực sản xuất

Năng lực sản xuất của nhà máy hoặc của một dây chuyền sản xuất xác định khả năng lớn nhất số lượng sản phẩm có thể làm ra được trong những điều kiện nhất định nào đó. Những điều kiện nào đó có thể là số giờ làm việc trong một ca sản xuất, số ca trong một ngày, số ngày trong một tuần...

Thông thường, năng lực sản xuất xác định theo số lượng sản phẩm có thể làm ra được trong một ca hay một tuần đối với một máy hoặc một nhóm máy, và được xác định như sau:

$$PC = WS_w HR_p \quad (2.9)$$

trong đó

$PC$ : năng lực sản xuất trong một tuần;

$W$  : số nhóm máy;

$S_w$  : số ca sản xuất trong một tuần;

$H$  : số giờ sản xuất trong một ca;

$R_p$  : năng suất của một máy.

Đối với sản xuất theo lô mỗi sản phẩm phải chạy qua  $n_m$  máy thì năng lực sản xuất của nhà máy được tính như sau:

$$PC = \frac{WS_w HR_p}{n_m} \quad (2.10)$$

Có thể sử dụng khái niệm năng lực sản xuất để tính toán các nguồn lực cần huy động để đáp ứng nhu cầu trong một tuần nào đó. Giả sử  $D_w$  là nhu cầu trong một tuần, thay  $PC$  trong (2.10) bằng  $D_w$ , ta có:

$$WS_w H = \frac{D_w n_m}{R_p} \quad (2.11)$$



(2.11) cho thấy nếu năng suất của nhà máy đã biết thì cần huy động những nguồn lực như thế nào để đáp ứng nhu cầu:

1. Thay đổi số máy trong nhà máy,  $W$ ;
2. Thay đổi số ca làm việc trong tuần,  $S_w$ ;
3. Thay đổi số giờ làm việc trong một ca làm việc,  $H$ .

Trong trường hợp năng suất thay đổi có thể hiệu chỉnh lại biểu thức của năng lực sản xuất đối với các sản phẩm khác nhau như sau:

$$WS_w H = \sum \frac{D_w n_m}{R_p} \quad (2.12)$$

### 2.5.5 Mức độ sử dụng và mức độ sẵn sàng

Mức độ sử dụng là tỷ số giữa số lượng sản phẩm đầu ra của nhà máy so với năng lực sản xuất, ký hiệu là  $U$ :

$$U = \frac{\text{Output}}{PC} \quad (2.13)$$

Đôi khi  $U$  cũng được thể hiện qua tỷ số thời gian hoạt động so với quỹ thời gian có thể cho phép trong những điều kiện nhất định nào đó và thường được biểu diễn qua phần trăm (%).

Mức độ sẵn sàng là mức đo độ tin cậy của các thiết bị. Mức độ sẵn sàng được xác định qua hai khái niệm về độ tin cậy, đó là thời gian trung bình giữa hai lần máy hỏng (*MTBF - mean time between failure*) và thời gian sửa chữa trung bình (*MTTR - mean time to repair*).

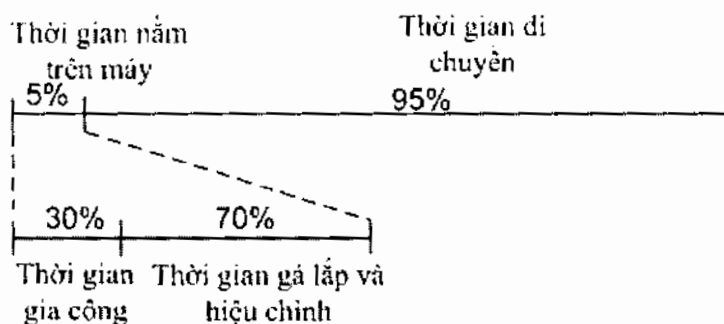
$$\text{availability} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF} \quad (2.14)$$

### 2.5.6 Tồn kho trong quá trình sản xuất (*WIP - Work in process*)

Tồn kho trong quá trình sản xuất (còn gọi là sản phẩm dở dang), *WIP*, là số lượng sản phẩm nằm trong nhà máy do đang được gia công hoặc đang chờ được gia công. Như vậy *WIP* là tất cả những gì nằm giữa quá trình chế biến từ nguyên liệu thô đến sản phẩm cuối cùng. *WIP* được xác định như sau:

$$WIP = \frac{PC.U}{S_w.H} (MLT), \quad (2.15)$$

trong đó  $WIP$  là số đơn vị sản phẩm đang trong quá trình gia công. Công thức (2.15) thể hiện dòng sản phẩm theo mô hình hình ống của hoạt động sản xuất nhân với thời gian,  $MLT$ , mà sản phẩm nằm trong quá trình chế tạo. Lưu ý đơn vị của  $PC.U/S_w.H$  (số sản phẩm trên một tuần) phải cùng đơn vị với  $MLT$  (tính theo tuần).



Hình 2.8 Phân bố thời gian trong nhà máy.

$WIP$  thể hiện lượng đầu tư mà chưa được biến thành lợi nhuận do chưa được hoàn thành. Rõ ràng nhà máy phải gánh chịu chi phí cho lượng đầu tư này. Chính vì vậy giảm được  $WIP$  là mục tiêu quan trọng trong điều hành sản xuất để dẫn đến tăng cường hiệu quả sản xuất. Người ta nghiên cứu và thấy rằng 95% thời gian sản phẩm nằm trong nhà máy là để được di chuyển và chờ được gia công, chỉ có 5% thời gian là được dùng để chế biến. Trong 5% thời gian đó lại chỉ có 30% là chi tiết được gia công trên máy, còn lại 70% là thời gian để gá lắp, hiệu chỉnh, ... Điều này được minh họa trên hình 2.8. Do đó, để giảm  $WIP$ , một trong những biện pháp quan trọng là cải tiến khâu vận chuyển và lưu giữ.

Người ta đánh giá  $WIP$  qua hai chỉ số: tỷ số  $WIP$  và tỷ số  $TIP$ . Tỷ số  $WIP$  là tỷ số giữa  $WIP$  và số máy đang vận hành. Số máy đang vận hành chính là:

$$\text{Number of machines processing} = W.U.Q.T_s / (T_{su} + Q.T_o),$$

trong đó

$W$ : số máy có trong nhà máy;

$U$ : mức độ sử dụng;

$Q$ : lô sản phẩm;

$T_o, T_{su}$  : thời gian tích cực và thời gian chuẩn bị.

Do đó tỷ số *WIP* chính là:

$$WIP \text{ ratio} = \frac{WIP}{\text{number of machines procesing}} \quad (2.16)$$

Tỷ số *WIP* lý tưởng là 1:1, chứng tỏ tất cả các sản phẩm đang được gia công. Trong sản xuất dây chuyền tỷ số này rất gần 1:1. Trong sản xuất theo lô tỷ số này cao hơn, có thể là 50:1, tùy thuộc vào số lượng sản phẩm trong một lô, thời gian thụ động,...

Tỷ số *TIP* đo thời gian tương đối mà sản phẩm nằm trong nhà máy với thời gian thực tế nó được gia công.

$$TIP \text{ ratio} = \frac{MLT}{n_m T_o} \quad (2.17)$$

Tỷ số *TIP* lý tưởng cũng là 1:1 và càng nhỏ càng tốt. Nói chung rất khó đạt được *TIP* lý tưởng, thậm chí *TIP* nhỏ nhất là 20:1.

### 2.5.7 Nhận xét về các khái niệm đưa ra ở trên

❖ *MLT* thể hiện một sản phẩm phải nằm bao lâu trong nhà máy mới được đưa đến tay khách hàng.

❖ Rõ ràng TĐH có vai trò quan trọng để rút ngắn thời gian *MLT*.

❖ Nâng cao năng suất là một trong những mục tiêu hàng đầu của một cơ sở sản xuất

❖ Độ sẵn sàng và mức độ sử dụng đều là hai mức đo hiệu quả trong một nhà máy. Độ sẵn sàng đánh giá quá trình bảo trì, bảo dưỡng thiết bị tốt đến mức nào. Mức độ sử dụng đánh giá các nguồn lực trong nhà máy được sử dụng như thế nào. Khi mức độ sử dụng rất cao, gần 95%, là dấu hiệu nhà máy có thể phải đầu tư thêm để mở rộng sản xuất.

❖ Cuối cùng *WIP* là số đo hiệu quả của quá trình điều hành sản xuất. Rất nhiều nhà máy đều cố gắng giảm nhỏ *WIP*. Một trong những biện pháp là áp dụng TĐH để tự động thêm nhiều khâu trong sản xuất.

## 2.6 Các chiến lược tự động hóa

Các chiến lược TĐH có thể được tóm tắt sau đây:

1. **Chuyên môn hóa.** Trong chiến thuật này, các thiết bị đặc dụng được thiết kế và sử dụng để thực hiện một hoạt động sản xuất với hiệu quả cao nhất có thể. Điều này tương tự với khái niệm chuyên môn hoá nhân công lao động.

2. **Kết hợp các hoạt động.** Sản xuất là một chuỗi theo trình tự các hoạt động, Các chi tiết phức tạp có thể đòi hỏi hàng trăm các bước gia công. Điều này dẫn đến chiến lược kết hợp các hoạt động nhằm giảm bớt số lượng máy móc sản xuất và phân xưởng mà các chi tiết phải đi qua. Một máy móc có thể thực hiện nhiều thao tác sản xuất, điều này sẽ làm giảm số các máy đơn cần thiết. Do mỗi máy liên quan đến vấn đề khởi động, do đó thời gian khởi động có thể được tiết kiệm.

3. **Thực hiện nhiều quá trình song song.** Đây là sự mở rộng logic của chiến lược hoạt động hợp tác trên nhằm thực hiện đồng thời các hoạt động được kết hợp trong một phân xưởng. Thực tế, hai hoặc nhiều hoạt động được thực hiện đồng thời trên cùng một hệ thống máy, do đó giảm được thời gian gia công.

4. **Tích hợp nhiều quá trình lại với nhau.** Một chiến lược khác là nối một vài phân xưởng thành một cơ cấu tích hợp nhờ các thiết bị vận chuyển tự động giữa các phân xưởng. Như vậy, số lượng máy móc theo điều độ sẽ giảm, tăng sản phẩm đầu ra nói chung của hệ thống.

5. **Tăng độ mềm dẻo.** Chiến thuật này sử dụng một loại máy đa năng để sản xuất nhiều sản phẩm khác nhau, rõ ràng nó liên quan đến bài toán tự động hoá linh hoạt. Mục tiêu của nó là giảm thời gian khởi động và thời gian lập trình cho máy sản xuất. Thời gian đợi gia công ngắn hơn và các sản phẩm dở dang cũng giảm đi.

6. **Làm tốt hơn vấn đề di chuyển và lưu giữ.** Một cơ hội lớn cho việc giảm thời gian không gia công nhờ sử dụng các hệ thống lưu kho và vận chuyển nguyên vật liệu tự động. Tương tự thời gian gia công cũng giảm đi và số lượng sản phẩm dở dang cũng nhỏ đi.

7. **Giám sát trực tiếp trên dây chuyền.** Việc kiểm tra sản phẩm thường được tiến hành sau khi sản phẩm sản xuất xong. Điều đó có nghĩa là các sản phẩm kém chất lượng đã được sản xuất trước khi bị kiểm tra. Phối hợp kiểm tra trong quá trình sản xuất cho phép kiểm tra các quá trình khi sản phẩm đang được tạo ra.

8. **Điều khiển quá trình và tối ưu hóa.** Điều này bao gồm một khối lượng lớn các sơ đồ nhằm thực hiện các quá trình gia công đơn lẻ và các

thiết bị một cách hiệu quả hơn. Nhờ chiến lược này, thời gian gia công được giảm và chất lượng sản phẩm tăng.

9. **Giám sát hoạt động của toàn bộ nhà máy.** Các chiến lược trên liên quan đến điều khiển quá trình sản xuất đơn, chiến lược này giải quyết bài toán điều khiển ở mức độ doanh nghiệp. Nó quản lý và điều khiển các hoạt động trong nhà máy hiệu quả hơn. Việc thực hiện chiến lược này thường được tiến hành ở mức độ cao của mạng máy tính trong doanh nghiệp.

10. **Tích hợp máy tính (CIM).** Chiến lược này là cao nhất so với các chiến lược khác. Chúng ta tích hợp tất cả các hoạt động của sản xuất phân xưởng với thiết kế, kinh doanh của doanh nghiệp. CIM liên quan tới việc sử dụng các ứng dụng của máy tính, cơ sở dữ liệu và mạng máy tính trong công ty.

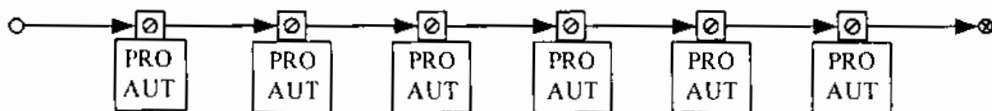
## 3 DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT TỰ ĐỘNG HÓA

### 3.1 Những vấn đề chính về dây chuyền tự động

#### 3.1.1 Các dạng dây chuyền tự động hoá

Dây chuyền sản xuất tự động hoá được sử dụng để sản xuất các chi tiết với số lượng lớn. Dây chuyền thường được cấu tạo từ một số máy gia công và nối giữa chúng là các cơ cấu vận chuyển và lưu giữ các chi tiết. Nguyên liệu thô được đưa đến ở đầu vào, qua một loạt các bước gia công tuần tự để trở thành các sản phẩm ở đầu ra. Các chi tiết được vận chuyển một cách tự động và tại các máy gia công, các công đoạn chế biến cũng được thực hiện tự động.

Một dây chuyền có thể được ký hiệu như trên hình 3.1. Các ký hiệu trên sơ đồ có ý nghĩa nhất định. Ví dụ, các trạm gia công là các máy tự động ký hiệu là PRO AUT. Nếu là trạm lắp ráp nó được ký hiệu là ASBY. Nếu là máy làm việc bằng tay thì AUT đổi thành MAN. Vòng tròn nhỏ trắng thể hiện nguyên liệu hoặc chi tiết đầu vào, các vòng tròn có gạch chéo thể hiện chi tiết đang được gia công, vòng tròn có hai gạch chéo là chi tiết đã hoàn thành. Các mũi trên chỉ hệ thống vận chuyển.



Hình 3.1 Định dạng một dây chuyền sản xuất.

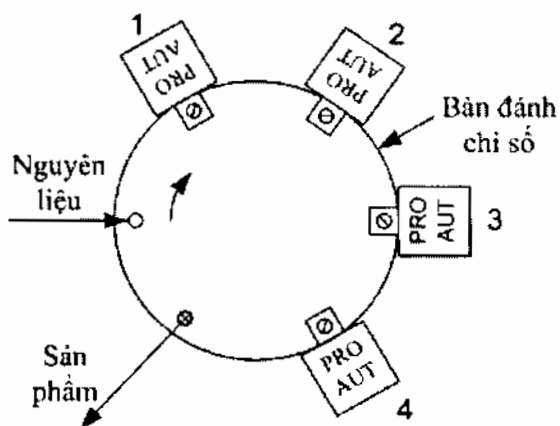
Mục đích của việc áp dụng dây chuyền là:

- Giảm chi phí nhân công,
- Tăng năng suất,
- Giảm tồn kho (*WIP*) trong sản xuất,
- Giảm khoảng cách phải di chuyển giữa các khâu gia công,
- Chuyên môn hoá,
- Tích hợp nhiều công đoạn.

Có hai loại dây chuyền chính:

- Loại sắp xếp theo đường thẳng
- Loại sắp xếp theo vòng tròn.

Trong dây chuyền loại sắp xếp theo đường thẳng, các máy gia công bố trí theo các trục thẳng với một vài đoạn uốn vuông góc  $90^\circ$ , có thể để quay các chi tiết hoặc do giới hạn của phân xưởng. Ví dụ tiêu biểu của dạng này là dây chuyền bố trí theo hình chữ nhật, do đó công nhân có thể vừa đưa chi tiết lên máy vừa dỡ xuống được. Ví dụ về dây chuyền loại này cho trên hình 3.1.



Hình 3.2 Dây chuyền sản xuất dựa trên máy đánh chỉ số.

Trong loại sắp xếp theo hình tròn thông thường các chi tiết được định vị tại những vị trí nhất định, có đánh số, theo chu vi của một bàn tròn. Các máy gia công bố trí cố định theo vòng tròn bên ngoài. Các máy này có tên gọi là máy có chỉ số. Ví dụ về dây chuyền loại này cho trên hình 3.2.

### 3.1.2 Các phương pháp di chuyển chi tiết

Cơ cấu di chuyển phải vận chuyển các chi tiết và sắp xếp chi tiết theo đúng hướng yêu cầu.

Có ba loại cơ cấu di chuyển:

1. Liên tục.
2. Gián đoạn hay đồng bộ.
3. Không đồng bộ.

Trong loại *liên tục* cơ cấu di chuyển với tốc độ không đổi. Ví dụ như các máy đóng chai, đóng bao...

Trong loại *gián đoạn* cơ cấu di chuyển với các chuyển động và dừng xen kẽ nhau. Các chi tiết được di chuyển cùng một lúc giữa các máy và

dừng lại theo đúng vị trí tại các máy cần thiết, do đó loại này còn có tên gọi là cơ cấu đồng bộ.

Loại *không đồng bộ* hay còn gọi là loại chạy-nghi, trong đó các chi tiết di chuyển độc lập với nhau từ máy nọ sang máy kia mỗi khi được gia công xong một công đoạn. Loại này có khả năng mềm dẻo hơn hai loại trên và thường được sử dụng để cân bằng, phối hợp hoạt động của các đoạn dây chuyền với nhau. Nhược điểm của loại này là tốc độ không cao bằng hai loại trên.

Cơ cấu di chuyển có thể được thiết kế để phù hợp với một số loại đế hàng. Chi tiết cần di chuyển được gắn lên đế hàng và để được di chuyển mang theo chi tiết đến các máy gia công khác nhau. Các đế hàng được thiết kế chuẩn để có thể được di chuyển, định vị một cách dễ dàng. Ngoài ra đế còn được thiết kế để phù hợp với nhiều loại chi tiết tương tự.

### 3.1.3 Bộ đệm

Bộ đệm là bộ phận không thể thiếu được trong các dây chuyền tự động. Bộ đệm được sử dụng để liên kết hai hay ba đoạn cơ cấu di chuyển lại với nhau. Có hai lý do chính dẫn đến phải dùng bộ đệm.

Lý do thứ nhất là bộ đệm được dùng để giảm ảnh hưởng do bị dừng máy ở một công đoạn nào đó đến hoạt động của toàn bộ dây chuyền. Trong cơ cấu di chuyển liên tục và đồng bộ toàn bộ dây chuyền giống như một cơ cấu duy nhất. Khi một bộ phận nào đó bị dừng máy hoặc khi cần bảo dưỡng một máy nào đó toàn bộ dây chuyền sẽ phải ngừng lại. Lý do dừng máy có thể như sau:

- Công cụ bị hỏng hoặc cần phải hiệu chỉnh,
- Công cụ cần phải thay thế,
- Chi tiết có khuyết tật, cần phải bỏ ra ngoài,
- Trước các khâu lắp ráp cần tích tụ đủ các chi tiết thành phần,
- Cơ cấu điều khiển bị trục trặc,
- Phần cơ khí bị hỏng,..

Khi có một máy bị dừng chức năng của bộ đệm là để các phần còn lại của dây chuyền vẫn có thể tiếp tục hoạt động.

Lý do thứ hai để phải sử dụng bộ đệm là để phối hợp hoạt động của các công đoạn có thời gian chu kỳ khác nhau, đặc biệt trong trường hợp trong dây chuyền có khâu lắp ráp bằng tay. Ví dụ, tại khâu lắp ráp người vận hành



phải lắp hai chi tiết liên tiếp, trong đó một chi tiết đòi hỏi thời gian lâu hơn chi tiết kia và thời gian lắp chi tiết cũng không giống nhau ở mỗi lần. Khi đó bộ đệm là cần thiết để người vận hành có thể làm việc liên tục.

### **3.1.4 Các chức năng về điều khiển**

Điều khiển một dây chuyền tự động là một vấn đề phức tạp với ba chức năng chính: điều khiển tuần tự, giám sát về an toàn và cuối cùng là đảm bảo chất lượng.

Điều khiển tuần tự là phối hợp sự hoạt động của các cơ cấu di chuyển với các máy gia công. Các công đoạn thực hiện trong dây chuyền là các tác động nhỏ, có thể tính bằng giây và phải được thực hiện chính xác theo thời gian cũng như theo quá trình. Vì vậy điều khiển tuần tự là vấn đề cơ bản nhất trong một dây chuyền tự động.

Giám sát về an toàn là để đảm bảo các cơ cấu di chuyển không vượt ra ngoài phạm vi an toàn hoặc vào những vùng nguy hiểm. Nhiều cơ cấu an toàn cần phải được đưa vào và liên tục giám sát hoạt động của các cơ cấu di chuyển với các tác động theo mức độ nguy hiểm như cảnh báo, dừng máy hoặc cắt nguồn điện cung cấp.

Đảm bảo chất lượng bao hàm việc giám sát một số đặc tính của chi tiết, qua đó phát hiện những chi tiết có khuyết tật, một số khâu lắp ráp không đúng quy cách, qua đó đưa chi tiết ra khỏi dây chuyền hoặc chuyển ngược lại để thực hiện lại. Thông thường các thiết bị giám sát chất lượng được lắp đặt ngay trong các máy gia công hoặc là một trạm riêng ngay trong dây chuyền.

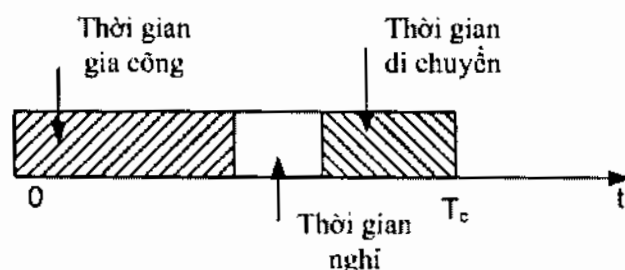
## **3.2 Phân tích một dây chuyền tự động**

Phân tích một dây chuyền tự động là để đánh giá được hiệu quả của dây chuyền đó. Ở đây có hai vấn đề liên quan chính, thứ nhất, đó là bản thân quá trình công nghệ sản xuất một sản phẩm nào đó, và thứ hai, đó là vấn đề thiết kế hệ thống và vận hành hệ thống đó. Quá trình công nghệ thường liên quan đến các máy móc thiết bị cần thiết để chế tạo ra sản phẩm, tuy nhiên máy móc tốt chưa chắc đã đảm bảo một dây chuyền sản xuất có hiệu quả. Về quan điểm hệ thống, một dây chuyền tự động có thể hoạt động được thì vấn đề trước hết là đảm bảo được độ tin cậy. Dây chuyền tự động hoạt động giống như một cơ cấu duy nhất nên mỗi trục trục nhỏ ở một khâu cũng sẽ dẫn đến ngừng trệ sản xuất. Những câu hỏi liên quan ở đây là: bao nhiêu trạm gia công thì vừa đủ, cần bao nhiêu bộ đệm và bộ đệm với dung tích chùng nào, có nên sắp xếp một hay một vài trạm lắp ráp bằng tay hay

không?... Dưới đây ta sẽ phân tích dây chuyền tự động từ những khía cạnh này.

### 3.2.1 Các thuật ngữ

Hiệu quả của một dây chuyền tự động được đo bởi ba thông số cơ bản: năng suất trung bình, tỷ lệ thời gian dây chuyền vận hành (hiệu suất của dây chuyền), giá thành trên đơn vị sản phẩm.



Hình 3.3 Các thành phần của một chu kỳ máy  $T_c$ .

Giả sử rằng chi tiết được đưa đến gia công ở một máy và sau đó được chuyển đi sang máy thứ hai theo một chu trình nhất định, có độ dài  $T_c$ . Trong khoảng thời gian  $T_c$  chi tiết được gia công, được di chuyển và có khoảng nghỉ. Các thành phần của  $T_c$  được thể hiện trên hình 3.3.

Do có lúc bị dừng máy, thời gian hoàn thành một chi tiết  $T_p$  sẽ không bằng chu kỳ  $T_c$ . Giả sử  $T_d$  là thời gian trung bình để phát hiện ra hỏng hóc và tiến hành sửa chữa,  $F$  là xác suất xuất hiện dừng máy, khi đó thời gian hoàn thành trung bình sẽ là:

$$T_p = T_c + FT_d \quad (3.1)$$

Thời gian  $FT_d$  được cộng thêm vào thời gian  $T_c$  để xác định thời gian hoàn thành trung bình như được mô tả trên hình 3.4.

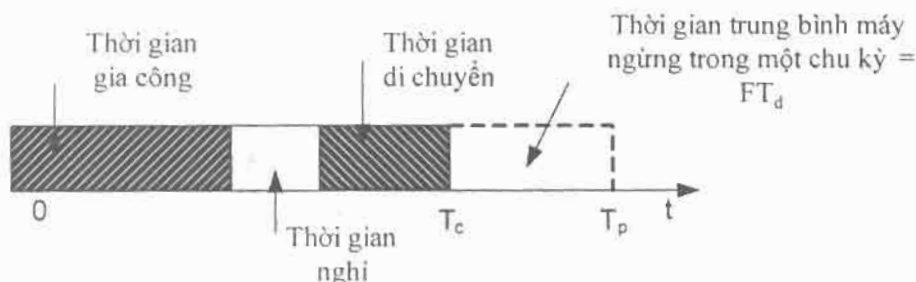
Nếu có nhiều lý do dẫn đến dừng máy và ta muốn phân biệt những lý do này bằng cách đưa vào chỉ số  $j$  đối với mỗi thành phần  $F_j T_{dj}$ . Khi đó  $T_p$  sẽ là:

$$T_p = T_c + \sum_{j=1}^n F_j T_{dj} \quad (3.2)$$

Năng suất trung bình, ký hiệu là  $R_p$ , một trong những số đo hiệu quả của dây chuyền sản xuất, có thể được biểu diễn như sau:

$$R_p = \frac{1}{T_p} \quad (3.3)$$

Các nhà sản xuất thiết bị thường tính năng suất máy họ làm ra bằng  $1/T_c$ , ứng với hiệu suất làm việc 100%, nhưng hiển nhiên là không có máy nào có thể hoạt động với 100% hiệu suất.



Hình 3.4 Thời gian máy bị ngừng được cộng thêm vào  $T_c$  để xác định thời gian hoàn thành một sản phẩm.

Hiệu suất của dây chuyền, ký hiệu là  $E$ , sẽ là tỷ số giữa thời gian dây chuyền hoạt động và thời gian hoàn thành:

$$E = \frac{T_c}{T_p} = \frac{T_c}{T_c + FT_d} \quad (3.4)$$

Một cách biểu diễn khác của hiệu suất là tỷ lệ thời gian máy dừng so với thời gian hoàn thành:

$$D = \frac{FT_d}{T_p} = \frac{FT_d}{T_c + FT_d} \quad (3.5)$$

Đĩ nhiên ta có  $E + D = 1$ .

Số đo hiệu quả thứ ba là giá thành trên một đơn vị sản phẩm. Giả sử  $C_m$  là chi phí nguyên liệu thô cho một đơn vị sản phẩm.  $C_L$  là giá thành cho một phút vận hành dây chuyền. Giá này bao gồm chi phí nhân công, chi phí quản lý, chi phí bảo dưỡng, và khấu hao thiết bị trong thời gian khấu hao của nó (đây là phần lớn nhất). Chi phí về công cụ tiêu hao là  $C_t$ . Như vậy giá thành một chi tiết  $C_{pc}$  sẽ là:

$$C_{pc} = C_m + C_t T_p + C_l \quad (3.6)$$

**Ví dụ 3.1:** Một dây chuyền gồm 10 máy dùng để sản xuất một chi tiết dùng cho máy bơm. Chu trình được xác định là  $T_c = 1$  phút. Xác suất bị dừng máy được dự tính là như nhau trong mỗi chu kỳ,  $F = 0,1$  lần/chu kỳ, và thời gian dừng máy trung bình là 6 phút. Tỷ lệ phế phẩm là 5%. Phôi cho

mỗi chi tiết giá 1,5\$, chi phí chạy dây chuyền là 60\$/h. Công cụ dao cắt phải sử dụng giá 0,15\$/1 chi tiết. Hãy xác định các số đo hiệu quả của dây chuyền này:

- Năng suất.
- Số giờ yêu cầu để sản xuất đáp ứng nhu cầu 1500 chi tiết/một tuần.
- Hiệu suất dây chuyền.
- Giá thành một chi tiết.

**Bài giải:**

- a) Thời gian sản xuất trung bình tính theo (3.1) là:

$$T_p = 1 + 0,1.6 = 1,6 \text{ phút};$$

Năng suất trung bình tính theo (3.3) là:

$$R_p = 1/1,6 = 0,625 \text{ chi tiết/ phút hoặc } 37,5 \text{ chi tiết/h};$$

Do phế phẩm 5% năng suất thật ra là:

$$37,5.(95\%) = 35,625 \text{ chi tiết/h};$$

- b) Số giờ yêu cầu để sản xuất 1500 chi tiết là:

$$1500/35,625 = 42,1 \text{ h};$$

- c) Hiệu suất dây chuyền bằng tỷ lệ thời gian chu kỳ trên thời gian sản xuất:

$$E = 1/1,6 = 0,625;$$

Tỷ lệ thời gian dừng máy là:

$$D = 0,1.6/1,6 = 0,375;$$

- d) Giá thành một chi tiết cần phải tính tới tỷ lệ phế phẩm, dựa trên (3.6) sẽ là:

$$C_{pc} = (1/0,95).(1,5 + 1.1,6 + 0,15) = 3,42\$/\text{chi tiết}.$$

### 3.2.2 Phân tích dây chuyền tự động không có bộ đệm

Có hai phương pháp phân tích dây chuyền không có bộ đệm, đó là phương pháp cận trên và phương pháp cận dưới. Theo phương pháp cận trên ta giả sử rằng chi tiết bị hỏng không bị đưa ra khỏi dây chuyền, còn theo phương pháp cận dưới chi tiết hỏng sẽ bị bỏ ra khỏi dây chuyền.

## 1. Phương pháp cận trên

Phương pháp cận trên dùng để đánh giá cận trên xác suất dây chuyền bị dừng trong một chu kỳ. Ở đây ta giả sử rằng chi tiết bị hỏng không bị đưa ra ngoài dây chuyền. Do đó có thể xảy ra nhiều hơn một lần dừng máy đối với mỗi chi tiết. Ví dụ do cơ cấu thủy lực bị trục trặc hoặc dao cắt bị hỏng, phải dừng máy để sửa chữa, rõ ràng khi đó không có lý do gì để phải nhắc chi tiết ra ngoài.

Giả sử  $p_i$  là xác suất chi tiết bị kẹt ở máy thứ  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Vì chi tiết không bị đưa ra ngoài nên có khả năng chi tiết bị kẹt ở mỗi máy. Số lần dây chuyền bị dừng trên mỗi chi tiết chính là tổng của các xác suất  $p_i$  đối với cả  $n$  máy. Vì mỗi máy trong  $n$  máy trên dây đều gia công chi tiết trong mỗi chu kỳ nên số lần dây chuyền bị dừng trên mỗi chi tiết cũng chính là xác suất dây chuyền bị dừng trong mỗi chu kỳ:

$$F = \sum_{i=1}^n p_i \quad (3.7)$$

Nếu các xác suất  $p_i$  đều bằng nhau,  $p_1 = p_2 = \dots = p_n = p$ , thì

$$F = np \quad (3.8)$$

**Ví dụ 3.2:** Trong dây chuyền tự động gồm 10 máy xác suất để một máy nào đó bị dừng đối với một chi tiết nào đó là bằng nhau và bằng 0,01. Xác suất này như nhau đối với cả 10 máy. Vậy theo phương pháp cận trên tần suất để dây chuyền bị dừng trong mỗi chu kỳ máy là:

$$F = 10 \cdot 0,01 = 0,10.$$

Đây chính là giá trị của  $F$  ở trong ví dụ trên.

## 2. Phương pháp cận dưới

Phương pháp cận dưới đánh giá cận dưới số lần máy bị dừng trong mỗi chu kỳ máy. Trong phương pháp này ta giả sử khi máy dừng chi tiết sẽ bị đánh hỏng. Ví dụ như khi đang khoan thì mũi khoan bị gãy, sẽ phải thay mũi khoan và chi tiết sẽ phải bỏ ra ngoài.

Lại giả sử  $p_i$  là xác suất chi tiết bị kẹt ở máy thứ  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , khi đó xác suất chi không bị kẹt ở máy thứ  $i$  sẽ là  $(1 - p_i)$  và sẽ được chuyển sang máy tiếp theo để gia công tiếp. Xác suất để chi tiết lại bị kẹt ở máy tiếp theo sẽ là  $p_{i+1}(1 - p_i)$ . Tổng quát hoá lên ta thấy:

$$p_i(1 - p_{i-1})(1 - p_{i-2}) \dots (1 - p_2)(1 - p_1), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

sẽ là xác suất để chi tiết bị kẹt ở máy thứ  $i$ . Cộng tất cả các xác suất này lại cho  $n$  máy ta sẽ được tần suất máy bị dừng trong một chu kỳ máy.

Xác suất để chi tiết không bị dừng ở máy nào là:

$$\prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad (3.9)$$

Do đó tần suất dây chuyền bị dừng trong mỗi chu kỳ máy là:

$$F = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad (3.10)$$

Nếu các xác suất  $p_i$  đều bằng nhau,  $p_1 = p_2 = \dots = p_n = p$ , thì

$$F = 1 - (1 - p)^n \quad (3.11)$$

Trong phương pháp cận dưới các chi tiết bị kẹt sẽ bị bỏ ra khỏi dây chuyền, do đó đầu ra theo công thức (3.3) phải được sửa thành

$$R_p = \frac{1 - F}{T_p} \quad (3.12)$$

Trong đó  $F$  không chỉ là tần suất dây chuyền bị dừng trong một chu kỳ máy mà còn chính là tỷ lệ chi tiết bị bỏ ra ngoài theo phương pháp cận dưới.

**Ví dụ 3.3:** Tính  $F$  cho ví dụ 3.2.

Từ công thức (3.11):

$$F = 1 - (1 - 0,01)^{10} = 0,0956$$

Giá trị này của  $F$  hơi nhỏ hơn so với khi tính bằng phương pháp cận trên nhưng độ chênh lệch rất nhỏ. Độ chênh lệch sẽ lớn lên khi có nhiều máy hơn và khi  $p$  lớn hơn.

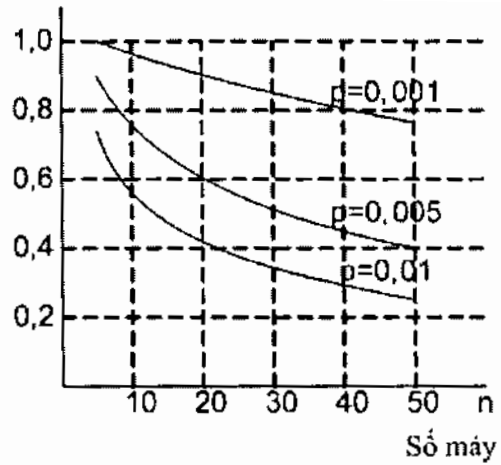
Có thể tính năng suất của dây chuyền theo phương pháp này như sau:

$$R_p = \frac{1 - 0,0956}{1,5736} = 0,575 \text{ pc/phút hay } 34,5/\text{h},$$

trong đó  $T_p$  được tính lại theo (3.1) là 1,5736, với tỷ lệ phế phẩm là  $F=0,0956$ .  $R_p$  ở đây hơi nhỏ hơn giá trị 35,5 chi tiết/h như trong ví dụ 3.1, khi phần trăm phế phẩm là 5%. Nói chung, phương pháp cận trên và cận dưới cho phép ước lượng cận trên và cận dưới của tần suất dừng máy trong một chu kỳ máy, qua đó cũng ước lượng cận trên và dưới cho năng suất của

dây chuyền. Những trường hợp hợp trung gian xảy ra khi một số chi tiết có thể bị bỏ ra ngoài hoặc không.

Đồ thị trên hình 3.5 cho thấy mối quan hệ giữa hiệu suất của dây chuyền  $E$  với số lượng máy  $n$  và xác suất dừng máy  $p$  khác nhau. Rõ ràng khi số lượng máy tăng lên thì hiệu suất dây chuyền sẽ giảm đi rõ rệt. Khi số máy là lớn 100 thì dây chuyền bị dừng tới hơn 50% thời gian hoạt động.



Hình 3.5 Quan hệ giữa hiệu suất dây chuyền  $E$  với số lượng máy  $n$  trong dây chuyền với các xác suất máy dừng khác nhau  $p$ .

### 3.2.3 Dây chuyền bán tự động

Trong nhiều trường hợp có thể cần phải đưa vào dây chuyền một số khâu làm bằng tay. Lý do có thể là một số công việc rất khó làm tự động hoàn toàn, ví dụ như một số khâu lắp ráp đặc biệt đòi hỏi có con người để gắp nối, sắp đặt các chi tiết, một số công đoạn kiểm tra, giám sát chất lượng, khi đó con người có thể phát hiện ra các sai sót một cách dễ dàng nhưng máy móc thì rất khó. Việc sử dụng con người còn có một ưu điểm nữa là người thì không bị dừng lại bao giờ và rất dễ dàng phối hợp với các máy móc có chu trình hoạt động khác nhau.

Vấn đề đặt ra ở đây thường là để đánh giá việc sử dụng con người có mang lại hiệu quả tốt hơn không. Giả sử rằng trong mô hình  $n$  máy ở trên ta muốn thay thế  $n_o$  máy bằng người và giữ lại  $n_a$  máy là tự động.  $n_o + n_a = n$ . Chi phí vận hành cho một người là  $C_o$ , của một máy là  $C_{as}$ , \$/phút.  $C_{at}$  là chi phí của khâu vận chuyển. Khi đó chi phí vận hành dây chuyền sẽ là:

$$C_L = n_o C_o + n_a C_{as} + C_{at} \quad (3.13)$$

Thời gian sản xuất sẽ là:

$$\begin{aligned} T_p &= T_c + FT_d \\ &= T_c + n_o p T_d \end{aligned} \quad (3.14)$$

trong đó chỉ tính tới trường hợp máy mới đưa vào bị dừng làm ảnh hưởng đến dây chuyền. Khi dừng con người ta luôn giả thiết con người đủ thông minh để không bao giờ bị dừng. Thay (3.13), (3.14) vào (3.6) ta tính được giá thành một sản phẩm như sau:

$$C_{pc} = C_m + (n_o C_o + n_u C_{as} + C_{at})(T_c + n_a p T_d) + C_l \quad (3.15)$$

**Ví dụ 3.4:** Xem xét phương án thay thế dây chuyền 10 máy trong ví dụ 3.1 với 4 công đoạn làm bằng tay. Chu kỳ máy hiện tại là 30 s. Nếu thay thế người bằng một máy tự động thì chu kỳ máy giảm đi còn 24 s. Máy thay thế chỉ phí 0,25\$/phút. các chi phí khác như sau:

$$C_o = 0,15 \text{ \$/phút};$$

$$C_{as} = 0,10 \text{ \$/phút};$$

$$C_{at} = 0,10 \text{ \$/phút}.$$

Xác suất dừng máy ở 6 máy tự động là  $p = 0,01$ . Thời gian dừng máy trung bình là 3 phút. Giá trị của  $p$  đối với máy mới là  $p = 0,02$ . Thời gian dừng máy trung bình không thay đổi. Chi phí vật liệu cho một sản phẩm là 0,50\$/chi tiết. Chi phí công cụ có thể bỏ qua ( $C_l = 0$ ). Hãy lập phương án thay thế máy cho khâu làm bằng tay.

#### **Bài giải:**

Với phương án dây chuyền hiện tại:

$$T_p = 0,5 + 6(0,01).3 = 0,68 \text{ chi tiết/phút};$$

$$C_L = 4.(0,15) + 6.(0,10) + 0,10 = 1,30 \text{ \$/phút};$$

$$C_{pc} = 0,50 + 1,30.(0,68) = 1,384 \text{ \$/chi tiết}.$$

Với phương án thay thế máy cho người:

$$T_p = 0,4 + (6.0,01 + 0,02).3 = 0,64 \text{ chi tiết/phút};$$

$$C_L = 3.(0,15) + 6.(0,10) + 0,25 + 0,10 = 1,40 \text{ \$/phút};$$

$$C_{pc} = 0,50 + 1,40.(0,64) = 1,396 \text{ \$/chi tiết}.$$

Như vậy là thay thế máy bằng người thì chi phí sản xuất sẽ đắt hơn. Nếu như  $p$  cho máy mới cũng là 0,01 thì phương án thay thế sẽ cho giá thành rẻ hơn.



### 3.3 Dây chuyền có bộ đệm

Bổ trí thêm một hay vài bộ đệm vào trong dây chuyền sẽ làm cho hiệu suất của dây chuyền tăng lên rõ rệt. Bộ đệm chia dây chuyền thành các phần nhỏ hơn gọi là một công đoạn. Trong dây chuyền không có bộ đệm mỗi khâu trong dây chuyền sẽ phụ thuộc lẫn nhau. Khi có trục trặc ở một khâu tất cả các khâu khác sẽ bị ảnh hưởng, ngay lập tức hoặc sau một số chu kỳ máy, vì một trong hai lý do sau đây:

- **Máy đối.** Thuật ngữ máy đối để chỉ hiện tượng máy không còn chi tiết để gia công nữa. Khi một máy bị dừng, toàn bộ các máy phía sau là máy đối vì các chi tiết không được chuyển đến chúng.

- **Máy ú.** Thuật ngữ máy ú để chỉ hiện tượng chi tiết không thể đi qua máy được. Khi một máy bị dừng, toàn bộ các máy phía trước là máy ú vì chi tiết không thể đi qua chúng được nữa.

Nếu có một bộ đệm giữa hai nhóm máy thì chi tiết có thể tạm dừng ở đây khi phía sau có một máy bị dừng, chi tiết có thể tiếp tục cung cấp cho các máy phía sau nếu phía trước có một máy bị dừng. Như vậy có thể tránh được hiện tượng máy đối và máy ú.

#### 3.3.1 Các giới hạn về hiệu quả của bộ đệm

Ta sẽ xét hai trường hợp tới hạn về hiệu quả của bộ đệm như sau:

- Bộ đệm có dung tích chứa bằng không
- Bộ đệm có dung tích chứa bằng vô cùng.

##### 1) Bộ đệm có dung tích bằng không

Đây là trường hợp tương đương với không có bộ đệm nào, cả dây chuyền hoạt động giống như một máy. Khi đó hiệu suất của dây chuyền được biểu diễn bởi (3.4), ta viết lại biểu thức như sau:

$$E_o = \frac{T_c}{T_c + FT_d} \quad (3.16)$$

Chỉ số  $\sigma$  ở  $E_o$  là ký hiệu hiệu suất khi dung tích bộ đệm bằng không.

##### 2) Bộ đệm có dung tích bằng vô cùng

Ta giả sử rằng tại mỗi công đoạn của dây chuyền đều có bộ đệm và bộ đệm có dung tích chứa vô cùng lớn và đang chứa đến một nửa dung tích của mình. Khi đó mỗi công đoạn trong dây chuyền hoạt động độc lập với nhau, không có máy nào là máy đối và cũng không có máy nào là máy ú. Giả sử

rằng chu kỳ máy  $T_c$  là như nhau đối với mọi máy, khi đó hiệu suất của máy thứ  $k$  nào đó là:

$$E_k = \frac{T_c}{T_c + F_k T_{dk}} \quad (3.17)$$

Hiệu suất của toàn bộ dây chuyền sẽ là:

$$E_\infty = \min_k E_k \quad (3.18)$$

### 3) Bộ đệm có dung tích nào đó

Khi bộ đệm có một dung tích chứa hữu hạn nào đó hiệu suất của dây chuyền sẽ nằm giữa các giá trị tới hạn:

$$E_o < E < E_\infty \quad (3.19)$$

Các biểu thức (3.16), (3.18), (3.19) có các ý nghĩa như sau:

- a. Nếu  $E_o$  gần bằng  $E_\infty$  thì việc thêm vào bộ đệm không có ý nghĩa gì.
- b. Cần phải chia các công đoạn trong dây chuyền ra thành các nhóm sao cho hiệu suất của mỗi nhóm này càng gần bằng nhau càng tốt. Trong trường hợp này các giá trị  $E_o$ ,  $E_\infty$  sẽ sai khác nhau ít nhất.
- c. Hiệu suất của toàn bộ dây chuyền sẽ cao nhất nếu đạt được:
  - i. Phân chia các công đoạn bằng với số các máy, nghĩa là giữa các công đoạn đều có các bộ đệm.
  - ii. Đảm bảo được rằng xác suất dừng máy ở tại mỗi công đoạn đều bằng nhau.
  - iii. Thiết kế các bộ đệm có dung tích chưa tương đối lớn. Dung tích chứa sẽ xác định bởi thời gian dừng máy trung bình. Nếu tỷ số  $T_d/T_c$  lớn phải tăng dung tích của bộ đệm.
- d. Mặc dù các bộ đệm giúp tăng hiệu suất của dây chuyền nhưng khi số lượng bộ đệm tăng lên quá nhiều thì năng suất toàn dây chuyền sẽ giảm.

### 3.3.2 Phân tích dây chuyền hai công đoạn

Trong dây chuyền gồm hai công đoạn có một bộ đệm có dung tích  $b$ , trong đó dung tích chỉ số chi tiết mà bộ đệm có thể chứa được. Giả sử  $F_1, F_2$

là tần suất xảy ra dừng máy ở công đoạn 1 và công đoạn 2. Ký hiệu  $r$  là tỷ số giữa hai tần suất này:

$$r = \frac{F_1}{F_2} \quad (3.20)$$

Chu kỳ máy  $T_c$  là như nhau đối với cả hai công đoạn. Thời gian dừng máy trung bình ở các công đoạn tương ứng là  $T_{d1}$ ,  $T_{d2}$ . Về lâu dài hiệu suất của hai công đoạn có xu hướng bằng nhau. Thật vậy, nếu công đoạn 1 có xu hướng hiệu suất cao hơn thì bộ đệm sẽ dần dần bị lấp đầy dẫn tới công đoạn 1 sẽ bị ứ. Tương tự, nếu công đoạn 2 có xu hướng hiệu suất cao hơn thì sẽ không còn chi tiết nào trong bộ đệm và công đoạn 2 sẽ trở thành máy đối. Như vậy, theo thời gian, hai công đoạn sẽ tiến tới có hiệu suất như nhau.

Về lâu dài hiệu suất của dây chuyền hai công đoạn được biểu diễn như sau:

$$E = E_o + D_1 h(b) \quad (3.21)$$

Trong đó  $E_o$  là hiệu suất dây chuyền khi  $b = 0$ :

$$E_o = \frac{T_c}{T_c + F_1 T_{d1} + F_2 T_{d2}} \quad (3.22)$$

Số  $D_1 h(b)$  biểu diễn thành phần hiệu suất được cải thiện do bộ đệm có dung tích lớn hơn không ( $b > 0$ ).  $D_1$  là phần thời gian mà công đoạn 1 bị dừng, được xác định theo Buzzacott như sau:

$$D_1 = \frac{F_1 T_{d1}}{T_c + F_1 T_{d1} + F_2 T_{d2}} \quad (3.23)$$

Thừa số  $h(b)$  biểu diễn phần thời gian  $D_1$  (khi công đoạn 1 dừng) mà công đoạn 2 vẫn hoạt động được nhờ có các chi tiết còn được tích trong bộ đệm với dung tích  $b$ . Có thể tính được  $h(b)$  trong một số những điều kiện sau đây.

#### **Xác định $h(b)$ :**

Giả thiết cả hai công đoạn có chu kỳ máy như nhau và thời gian sửa chữa như nhau:

$$T_{d1} = T_{d2} = T_d$$

$$T_{c1} = T_{c2} = T_c$$

Đặt

$$b = B \frac{T_d}{T_c} + L \quad (3.24)$$

trong đó  $B$  là số dương lớn nhất thoả mãn điều kiện:

$$b \frac{T_c}{T_d} \geq B$$

Với các giả thiết trên có thể xác định được  $h(b)$  trong hai trường hợp sau đây nếu biết được phân bố xác suất của thời gian dừng máy.

1. Thời gian sửa chữa có phân bố xác suất không đều

Mỗi lần máy dừng đều yêu cầu thời gian sửa chữa là  $T_d$ , khi đó:

$$r \neq 1: h(b) = r \frac{1-r^B}{1-r^{B+1}} + L \frac{T_d}{T_c} \frac{r^{B+1}(1-r)^2}{(1-r^{B+1})(1-r^{B+2})} \quad (3.25)$$

$$r = 1: h(b) = \frac{B}{B+1} + L \frac{T_d}{T_c} \frac{1}{(B+1)(B+2)} \quad (3.26)$$

2. Thời gian sửa chữa có phân bố xác suất hình học

Phân bố xác suất hình học nói lên rằng xác suất để quá trình sửa chữa hoàn tất trong một chu kỳ máy không phụ thuộc vào thời điểm bắt đầu sửa chữa. Với thông số  $K$  xác định bởi biểu thức sau đây:

$$K = \frac{1+r-T_c/T_d}{1+r-rT_c/T_d}$$

thì

$$r \neq 1: h(b) = r \frac{1-K^B}{1-rK^B} \quad (3.27)$$

$$r = 1: h(b) = \frac{bT_c/T_d}{2+(b-1)T_c/T_d} \quad (3.28)$$

Hiệu suất của dây chuyền hai công đoạn bây giờ có thể tính theo biểu thức tốt hơn (3.29) sau đây, thay vì dùng (3.21):

$$E = E_o + D_1 h(b) E_2 \quad (3.29)$$

**Ví dụ 3.5:** Một dây chuyền tự động có 10 máy, mỗi máy có xác suất bị dừng là 0,02. Chu kỳ máy là 1 phút, mỗi lần dừng máy cần đúng 5 phút để sửa chữa. Người ta muốn chia dây chuyền thành 2 công đoạn với một bộ đệm. Hãy tính toán hiệu suất của dây chuyền với các dung lượng khác nhau của bộ đệm.

**Bài giải:**

Trước hết ta tính hiệu suất dây chuyền khi không dùng bộ đệm. Có:

$$F = np = 10 \cdot 0,02 = 0,2$$

Theo (3.16)

$$E_o = \frac{1,0}{1,0 + 0,25} = 0,50$$

Nếu chia dây chuyền thành 2 công đoạn và bộ đệm có dung lượng bằng vô cùng thì hiệu suất mỗi công đoạn được xác định theo (3.17).

$$F_1 = F_2 = 5 \cdot 0,02 = 0,1$$

$$E_1 = E_2 = \frac{1,0}{1,0 + 0,15} = 0,667$$

Theo (3.18)  $E_\infty = 0,667$  là hiệu suất cao nhất có thể đạt được bằng cách dùng bộ đệm có dung tích chứa bằng vô cùng.

Bây giờ ta xem xét các khả năng sử dụng bộ đệm với  $b = 1, 10$  và  $100$ .

Với  $b = 1$ , từ (3.24) suy ra  $B = 0, L = 1$ . Nếu xác suất phân bố thời gian sửa chữa là không đổi và tần suất xảy ra dừng máy là như nhau ở cả hai công đoạn thì  $r = 1$ . Từ (3.26) tính ra  $h(1)$ :

$$h(1) = 0 + \frac{1 \cdot 1,0}{5,0} \frac{1}{(0+1)(0+2)} = 0,10$$

Theo (3.23) phần thời gian công đoạn 1 bị dừng máy là:

$$D_1 = \frac{F_1 T_{d1}}{T_c + F_1 T_{d1} + F_2 T_{d2}} = \frac{0,1 \cdot 0,5}{1,0 + 0,2 \cdot 0,5} = 0,25$$

Theo (3.29) hiệu suất của dây chuyền sẽ là:

$$E = 0,50 + 0,25 \cdot (0,10) \cdot 0,667 = 0,5167$$

Như vậy hiệu suất của dây chuyền được cải thiện nhưng không đáng kể.

Khi  $b = 10, B = 2, L = 0$ , ta tính được theo (3.26)

$$h(10) = \frac{2}{2+1} + 0 = 0,6667$$

$$E = 0,5 + 0,25 \cdot 0,6667 \cdot 0,6667 = 0,6111$$

Khi đó hiệu suất tăng được khoảng 20% so với  $E_0$ .

Khi  $b = 100, B = 20, L = 0$

$$h(100) = 20/21 + 0 = 0,952$$

$$E = 0,50 + 0,25 \cdot 0,925 \cdot 0,6667 = 0,6587.$$

Như vậy hiệu suất cao hơn khoảng 32% so với  $E_0$ .

### **3.4 Các hệ thống lắp ráp và vấn đề cân bằng dây chuyền**

#### **3.4.1 Các hệ thống lắp ráp**

Lắp ráp là quá trình ráp hai hay nhiều hơn các bộ phận để được một chi tiết hay một sản phẩm phức tạp hơn. Có thể thấy rằng lắp ráp là một trong những hoạt động cơ bản của sản xuất và chiếm một tỷ trọng rất lớn trong các ngành công nghiệp. Theo phương pháp thực hiện lắp ráp có thể phân chia thành ba loại chính:

- Ghép nối bằng cơ khí;
- Ghép nối bằng hàn;
- Ghép nối bằng dán.

Ghép nối bằng cơ khí có thể dùng một số phương pháp sau:

- Ghép bằng bulông, ốc vít.
- Ghép nối bằng đinh tán.
- Ghép nối bằng ép khí.
- Ghép nối bằng khâu, móc nối vào nhau.

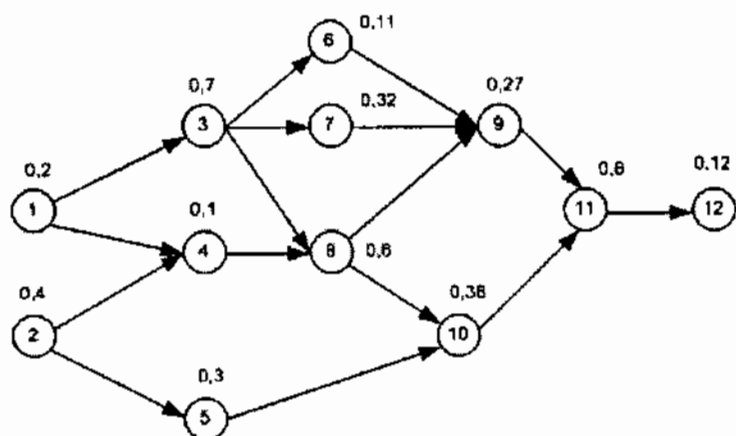
Trong ghép nối bằng mối hàn các chi tiết sẽ gần như trở thành một khối, không còn ranh giới phân biệt nữa.

Ghép nối bằng dán là sử dụng một số vật liệu trung gian có tác dụng gắn dính hai vật thể lại với nhau.

Các hệ thống lắp ráp có thể phân chia thành ba loại như sau:

1. **Trạm lắp ráp đơn lẻ bằng tay.** Trạm đơn lẻ có thể sử dụng một hoặc nhiều công nhân, thường thực hiện lắp ráp các sản phẩm phức tạp, với số lượng nhỏ.
2. **Dây chuyền lắp ráp bằng tay.** Dây chuyền bao gồm nhiều trạm, mỗi trạm thường sử dụng một công nhân và thực hiện một công việc đơn giản, giữa các trạm thường có hệ thống băng tải vận chuyển các chi tiết chưa hoàn chỉnh đến các công đoạn khác nhau.
3. **Dây chuyền lắp ráp tự động.** Dây chuyền tự động thường có mức độ tự động hoá rất cao với năng suất rất lớn.

### 3.4.2 Vấn đề cân bằng dây chuyền trong dây chuyền lắp ráp bằng tay



Hình 3.6 Đồ thị ràng buộc thứ tự các phần tử việc.

Trong một dây chuyền lắp ráp công việc thường được chia ra thành những phần việc nhỏ nhất, gọi là phần tử công việc. Nghĩa “phần tử” ở đây là không thể chia nhỏ hơn ra được nữa. Mỗi phần tử việc lại phải được thực hiện theo một thứ tự nhất định, gọi là ràng buộc về thứ tự. Nếu coi các phần tử việc là các nốt, trật tự thực hiện là các mũi tên nối việc nọ với việc kia, thì một công việc có thể được biểu diễn dưới dạng một đồ thị có hướng, ví dụ như trên hình 3.6. Trên đồ thị hình 3.6 các nốt được đánh số ký hiệu phần tử công việc, bên ngoài các nốt là số chỉ thời gian thực hiện phần tử việc đó, các mũi tên đi đến nốt chỉ các việc phải thực hiện trước, các mũi tên từ nốt đi chỉ việc thực hiện sau việc đó.

Ở các phần trên ta đã biết rằng hiệu suất của một dây chuyền sẽ cao nhất nếu có thể phân chia dây chuyền thành các công đoạn, hay các trạm, sao cho thời gian thực hiện công việc ở mỗi trạm này là bằng nhau. Việc phân chia các công việc phải hoàn thành sao cho mỗi công đoạn có thời gian hoạt động bằng nhau chính là nội dung của cái gọi là *vấn đề cân bằng dây chuyền*.

Ký hiệu số các phần tử việc là  $n_e$ , mỗi phần tử việc đòi hỏi thời gian là  $T_{ej}$ , khi đó toàn bộ công việc sẽ đòi hỏi thời gian là:

$$T_{wc} = \sum_{j=1}^{n_e} T_{ej} \quad (3.30)$$

Nếu công việc được chia ra làm  $n$  công đoạn, mỗi công đoạn đòi hỏi thời gian là  $T_{si}$  thì ta phải có:

$$\sum_{i=1}^n T_{si} = \sum_{j=1}^{n_e} T_{ej} \quad (3.31)$$

Khi thiết kế dây chuyền ta phải xác định chu kỳ  $T_c$ , là thời gian để cho ra đời một sản phẩm, sao cho thoả mãn yêu cầu về hiệu suất cũng như năng suất dây chuyền. Tuy nhiên, do những thời gian dừng bất khả kháng,  $T_c$  phải thoả mãn điều kiện sau:

$$T_c \leq \frac{E}{R_p} \quad (3.32)$$

Hiển nhiên là  $T_c$  phải lớn hơn  $T_{si}$  lớn nhất.

$$T_c \geq \max T_{si} \quad (3.33)$$

Do thực tế không thể phân chia để các công đoạn đều có yêu cầu thời gian như nhau nên ở một số công đoạn sẽ có những khoảng thời gian rỗi. Những thời gian rỗi này làm giảm hiệu suất của dây chuyền. Độ giảm này có thể đo được qua hệ số, gọi là hệ số mất cân bằng của dây chuyền, ký hiệu qua  $d$ :

$$d = \frac{nT_c - T_{wc}}{nT_c} \quad (3.34)$$

Nếu dây chuyền được cân bằng lý tưởng thì  $d = 0$  và  $nT_c = T_{wc}$ .

Ví dụ, đối với dây chuyền trên hình 3.7,  $T_{wc} = 4$  phút. Nếu chọn  $T_c = 1$  phút và  $n = 4$  thì  $d = 0$ . Tương tự nếu chọn  $T_c = 0,8$  phút và  $n = 5$  thì cũng có



$d = 0$ . Khi  $n = 5$  thì sẽ có thêm 1 trạm lắp ráp, thêm một công nhân, như vậy chi phí sẽ nhiều lên. Tuy nhiên trong trường hợp này năng suất của dây chuyền về lý thuyết có thể đẩy lên đến 1,25 chi tiết/phút, cao hơn so với khi  $n = 4$ . Có thể kiểm tra được rằng có nhiều tổ hợp giữa  $T_c$  và  $n$  cho phép đạt được độ cân bằng dây chuyền lý tưởng với  $d = 0$ .

Trong thực tế, do những ràng buộc về trật tự công việc cũng như giới hạn kiểu (3.33) cân bằng lý tưởng hầu như không thể thực hiện được.

### 3.4.3 Các phương pháp cân bằng dây chuyền

Các phương pháp cân bằng dây chuyền được áp dụng hiện nay đều là những heuristic, nghĩa là đây là những thuật toán cho phép có được kết quả tốt nhất nhưng không nhất thiết phải là tối ưu. Ta sẽ xét ba phương pháp heuristic sau đây.

#### 1. Quy tắc chọn phần tử dài nhất

Phương pháp này lựa chọn các phần tử công việc chỉ dựa trên thời gian của nó  $T_e$  và tiến hành theo các bước sau đây:

- Bước 1: Liệt kê tất cả các phần tử công việc theo chiều giảm của  $T_e$ ,  $T_e$  lớn nhất đứng đầu danh sách.
- Bước 2: Để ghép các phần tử công việc vào trạm thứ nhất, bắt đầu từ phần tử đứng đầu danh sách xét xuống phía dưới, chọn phần tử đầu tiên thoả mãn ràng buộc về trật tự công việc và không làm tổng thời gian của trạm vượt quá  $T_c$ .
- Bước 3: Lặp lại bước 2 để tìm các phần tử còn lại cho đến khi thời gian của trạm không vượt quá  $T_c$ .
- Bước 4: Lặp lại bước 2, 3 cho các trạm còn lại cho đến khi không còn phần tử công việc nào.

**Ví dụ 3.6:** Thiết lập các công đoạn (các trạm) cho dây chuyền có các phần tử công việc như trên hình 3.6.

#### Bài giải:

- Bước 1: Lập danh sách các phần tử công việc theo chiều giảm của  $T_e$  như trong bảng sau đây.

Phần tử công việc	Thời gian $T_e$ (phút)	Ràng buộc thứ tự (Phần tử ngay trước đó)
3	0,7	1
8	0,6	3, 4
11	0,5	9, 10
2	0,4	-
10	0,38	5, 8
7	0,32	3
5	0,3	2
9	0,27	6, 7, 8
1	0,2	-
12	0,12	11
6	0,11	3
4	0,1	1, 2

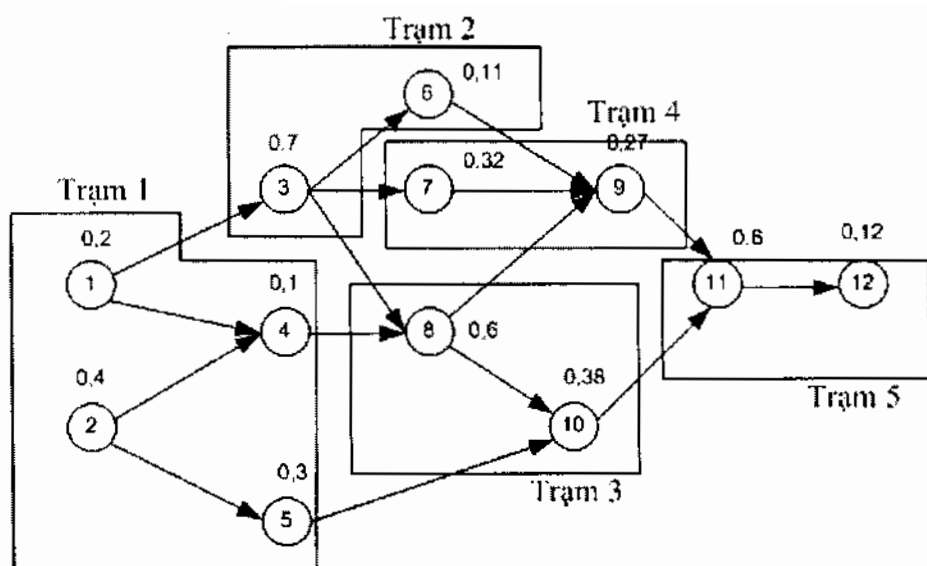
Các bước 2, 3, 4 được mô tả qua bảng sau đây:

Trạm	Phần tử công việc	$T_e$	Tổng thời gian
1	2	0,4	1,0
	5	0,3	
	1	0,2	
	4	0,1	
2	3	0,7	0,81
	6	0,11	
3	8	0,6	0,98
	10	0,38	
4	7	0,32	0,59
	9	0,37	
5	11	0,5	0,62
	12	0,11	

Theo kết quả tìm được, hệ số cân bằng của dây chuyền là:

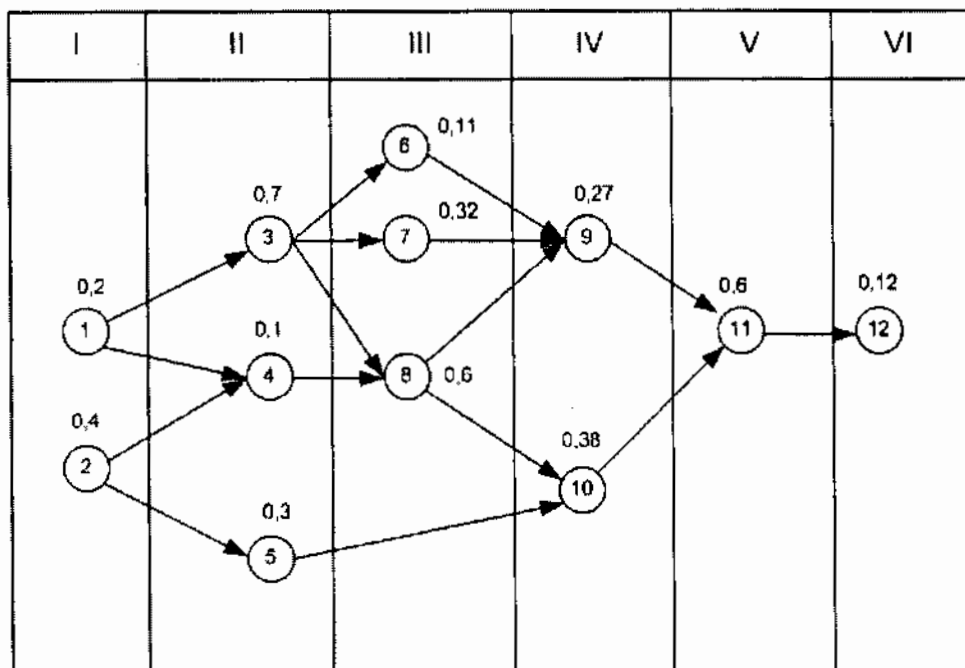
$$d = \frac{5 \cdot 1,0 - 4,0}{5 \cdot 1,0} = 0,20 = 20\%$$

Kết quả phân chia cũng được thể hiện qua đồ thị trên hình 3.7.



Hình 3.7 Phân chia dây chuyền thành các trạm.

## 2. Phương pháp Kilbrige-Wester



Hình 3.8 Sắp xếp các phân tử việc theo các cột với cùng ràng buộc về thứ tự.

Các bước tiến hành:

- Bước 1: Xây dựng đồ thị ràng buộc thứ tự sao cho các nốt có cùng thứ tự ở trên cùng một cột. Lấy lại ví dụ từ hình 3.6, kết quả của bước 1 được thể hiện trên hình 3.8.

- Bước 2: Lập danh sách các phần tử việc theo thứ tự cột của chúng, cột I ở trên cùng. Kết quả của bước này qua ví dụ trên thể hiện trong bảng sau đây.

Phần tử công việc	Cột	$T_e$	Tổng thời gian
1	I	0,2	0,6
2	I	0,4	
3	II	0,7	1,1
4	II	0,1	
5	II, III	0,3	
6	III	0,11	1,03
7	III	0,32	
8	III	0,6	1,03
9	IV	0,27	
10	IV	0,38	0,65
11	V	0,5	0,5
12	VI	0,12	0,12

- Bước 3: Để ghép các phần tử việc vào một trạm, bắt đầu từ các phần tử của cột I. Tiếp tục chọn các phần tử ở các cột tiếp theo sao cho thời gian tổng không vượt quá  $T_c$ .

Kết quả cuối cùng thể hiện trong bảng sau đây.

Trạm	Phần tử việc	$T_e$	Tổng thời gian
1	1	0,2	1,0
	2	0,4	
	4	0,1	
	5	0,3	
2	3	0,7	0,81
	6	0,11	
3	7	0,32	0,92
	8	0,6	
4	9	0,27	0,65
	10	0,38	
5	11	0,5	0,62
	12	0,12	

### 3. Phương pháp đánh trọng số thứ tự

Phương pháp này dựa trên cách đánh trọng số thứ tự cho mỗi phần tử việc và sau đó sắp xếp các phần tử việc theo trọng số này. Trọng số của một phần tử là tổng thời gian của tất cả các phần tử trong chuỗi mũi tên bắt đầu từ phần tử này cộng với thời gian của chính nó. Ví dụ phần tử 1 trong hình 3.6 có các phần tử trong chuỗi theo mũi tên bắt đầu từ nó là 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Trọng số của 1 là 3,30. Các bước tiến hành như sau:

- Bước 1: Tính trọng số của tất cả các phần tử trong dây chuyền.
- Bước 2: Lập danh sách các phần tử theo chiều giảm trọng số của nó.
- Bước 3: Gán các phần tử vào các trạm theo trọng số của nó mà không vi phạm ràng buộc về thứ tự và vượt quá thời gian  $T_c$ .

**Ví dụ 3.7.** Tính toán các trọng số và lập bảng các phần tử theo thứ tự trọng số sau đây:

Phần tử	Trọng số	$T_e$	Phần tử ngay trước
1	3,30	0,2	-
3	3,00	0,7	1
2	2,67	0,4	-
4	1,97	0,1	1, 2
8	1,87	0,6	3, 4
5	1,30	0,3	2
7	1,21	0,32	3
6	1,00	0,11	3
10	1,00	0,38	5, 8
9	0,89	0,27	6, 7, 8
11	0,62	0,5	9, 10
12	0,12	0,12	11

Phương pháp này dùng 5 trạm nhưng trạm có tổng thời gian lớn nhất là 0,92. Vì vậy có thể chọn chu kỳ máy là  $T_c = 0,92$ , khi đó  $R_p = 1,075$  chi tiết/phút và hệ số cân bằng là:

$$d = \frac{5,0,92 - 4,0}{5,0,92} = 0,13 = 13\%,$$

cao hơn so với các phương pháp trước. Lý do là vì phương pháp này có tính đến yếu tố vị trí của phần tử trong ràng buộc về thứ tự.

Gán các phần tử vào các trạm theo bảng sau đây:

Trạm	Phần tử	$T_e$	Thời gian tổng
1	1	0,2	0,9
	3	0,7	
2	2	0,4	0,91
	4	0,1	
	5	0,3	
	6	0,11	
3	8	0,6	0,92
	7	0,32	
4	10	0,38	0,65
	9	0,27	
5	11	0,5	0,62
	12	0,12	

Các phương pháp cân bằng dây chuyền trên đây thực hiện bằng tay. Đối với các dây chuyền phức tạp hơn có thể sử dụng máy tính để tránh nhầm lẫn và thu được tất cả các kết quả khả dĩ, từ đó chọn ra một phương án tốt nhất.

# 4 CÁC HỆ THỐNG SẢN XUẤT ĐIỀU KHIỂN SỐ

## 4.1 Khái niệm về điều khiển số

Điều khiển số (Numerical Control – NC) là một dạng tự động hoá lập trình được, trong đó thiết bị được điều khiển bởi các số, các chữ, và các ký tự khác. Các số, các chữ, và các ký tự được mã hoá một cách phù hợp để tạo thành một chương trình. Chương trình bao gồm các lệnh thực hiện một công việc cụ thể nào đó. Khi công việc thay đổi chỉ cần thay đổi chương trình mà không cần thay đổi cả thiết bị. Khả năng thay đổi chương trình làm cho NC phù hợp với sản xuất với số lượng nhỏ và trung bình. Trong các ứng dụng khác nhau nhiệm vụ cơ bản của NC là điều khiển vị trí tương đối giữa đối tượng và công cụ.

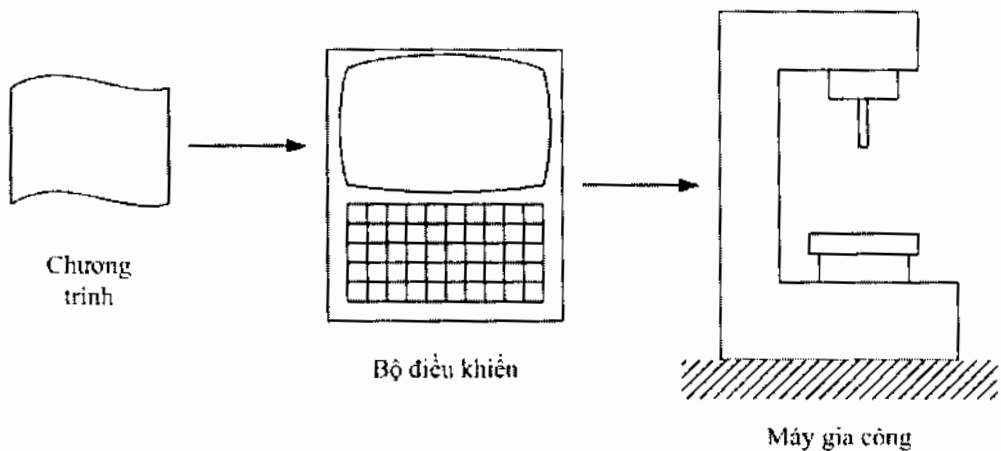
Một NC bao gồm ba bộ phận cơ bản như được thể hiện trên hình 4.1

1. Chương trình.
2. Bộ phận điều khiển.
3. Máy gia công.

Trong đó chương trình là một tập các lệnh. Các lệnh là sự thể hiện các bước tiến hành trong quá trình gia công. Nói chung một lệnh thường chỉ ra vị trí tương đối của công cụ so với bàn máy, trên đó gắn chi tiết cần gia công. Các lệnh phức tạp hơn có thể phải bao gồm tốc độ cần dịch chuyển, quãng đường đi, gia tốc... Trong các NC ban đầu chương trình được lưu giữ trên băng giấy đục lỗ rộng 1 inch, tuy nhiên ngày nay chương trình được lưu trong các bộ nhớ bán dẫn nói chung.

Bộ phận điều khiển là mạch điện tử, phần cứng của NC, nơi tiếp nhận chương trình, thực hiện các tính toán cần thiết, giải mã chương trình và biến đổi các lệnh điều khiển thành các tín hiệu điện điều khiển chuyển động của máy gia công.

Máy gia công là thiết bị để thực hiện một hoạt động gia công nào đó, giống như các máy gia công thông thường. Tuy nhiên trong NC máy gia công phải bao gồm bàn máy và hệ truyền động vítme để có thể điều khiển chuyển động theo hệ toạ độ.

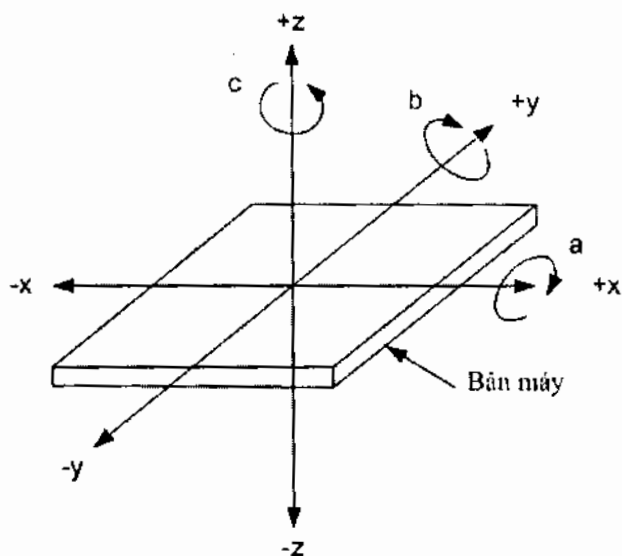


Hình 4.1 Các bộ phận cơ bản của NC.

#### 4.1.1 Hệ tọa độ và các chuyển động

Trong NC chi tiết thường được gắn lên bàn máy. Vị trí tương đối của công cụ với chi tiết nói chung được xác định thông qua hệ tọa độ 3 chiều gắn với bàn máy như được thể hiện trên hình 4.2.

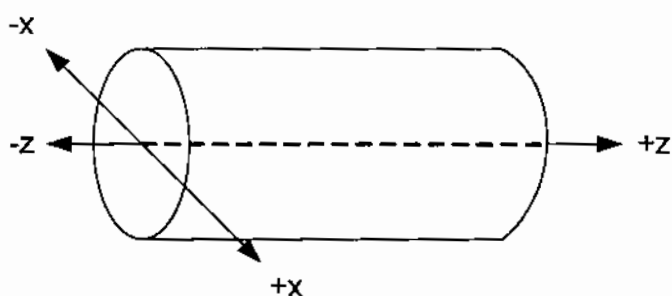
Ví dụ, máy khoan có thể chỉ sử dụng hệ tọa độ 2 trục  $xy$  để xác định vị trí lỗ cần khoan nhưng cũng có thể phải dùng trục thứ ba, trục  $z$ , để xác định chiều sâu của lỗ. Đối với máy tiện, máy phay, ngoài 3 trục  $xyz$  có thể cần xác định thêm các trục quay. Các trục quay trong máy NC được xác định là  $a, b, c$ . Các trục này xác định các góc quay quanh trục tương ứng  $x, y, z$ . Ví dụ về hệ trục tọa độ dùng trong máy tiện thể hiện trên hình 4.3.



Hình 4.2 Hệ tọa độ trong máy NC.



Điểm gốc của hệ tọa độ có thể là một điểm cố định, ví dụ góc trái bên dưới của bàn máy, hoặc có thể là trục nôi. Việc đặt điểm không ở đâu sẽ do người lập trình quyết định, khi đó độ mềm dẻo sẽ cao hơn.



Hình 4.3 Hệ tọa độ trong máy tiện.

Vị trí của một điểm cũng có thể được xác định qua vị trí tuyệt đối so với điểm gốc nhưng cũng có thể xác định qua vị trí tương đối. Vị trí tương đối được xác định qua số gia của tọa độ so với điểm đã biết trước đó.

#### 4.1.2 Các kiểu hệ thống điều khiển số

Có ba kiểu hệ thống điều khiển số cơ bản, đó là:

1. *Điểm-điểm.*
2. *Cắt thẳng.*
3. *Cắt vòng.*

Trong hệ thống điểm-điểm hệ thống điều khiển cần di chuyển công cụ đến một điểm đã biết, không cần quan tâm đến tốc độ và hướng dịch chuyển. Máy khoan là ví dụ về hệ thống loại này. Trong hệ thống cắt thẳng công cụ có thể di chuyển với tốc độ và gia tốc đặt trước theo một trong hai hướng song song với trục tọa độ. Loại này có thể gia công được những chi tiết có dạng chữ nhật. Hệ thống phức tạp nhất là loại cắt vòng, trong đó công cụ có thể di chuyển cùng một lúc theo cả hai trục tọa độ. Với khả năng này máy có thể gia công được những chi tiết có dạng hình học phức tạp, các đường cong tùy ý.

#### 4.1.3 MCU và các bộ phận cơ bản

Hệ thống điều khiển NC (Machine Control Unit – MCU) có chức năng đọc vào chương trình điều khiển, giải mã chương trình và đưa ra tín hiệu điều khiển máy gia công.

## 1. Đầu đọc băng đục lỗ

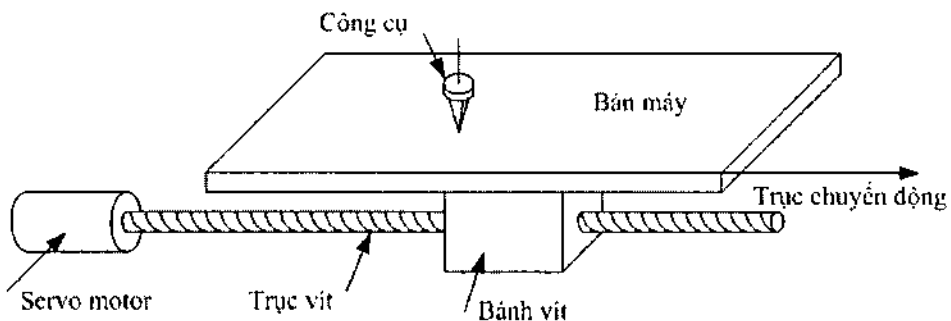
Mặc dù các máy NC hiện đại đã không còn sử dụng băng đục lỗ nhưng chúng ta cũng cần tìm hiểu qua về đầu đọc băng đục lỗ. Các máy loại này còn được du nhập vào Việt Nam qua các máy đã qua sử dụng. Băng giấy đục lỗ là một băng giấy có độ rộng 1 inch. (1 inch = 2,54 cm), gồm nhiều hàng lỗ dọc theo chiều dài của nó, mỗi hàng gồm 8 lỗ trên chiều ngang của giấy, mỗi lỗ tương ứng với một bit. Như vậy mỗi hàng lỗ có thể biểu diễn được một trong  $2^8 = 256$  ký tự. Tùy theo định dạng của các hàng lỗ này băng giấy sẽ tạo nên chương trình.

Đầu đọc băng đục lỗ là một cơ cấu cơ khí điện tử. Băng giấy được kéo chạy với tốc độ nhất định. Các hàng lỗ sẽ che khuất hoặc để hở ánh sáng vào các photo sensor, qua đó các bit được phát hiện.

Đầu đọc băng đục lỗ là một cơ cấu gây hỏng hóc nhất trong máy NC. Chính vì vậy băng đục lỗ đã nhanh chóng bị thay thế bởi băng từ, và ngày nay bởi các loại đĩa cứng có dung lượng đủ lớn.

## 2. Điều khiển vị trí và điều khiển chuyển động trong NC

Dữ liệu đọc vào từ chương trình xác định vị trí của bàn máy đối với các trục. Mỗi trục máy đều có một hệ thống truyền động, có thể bao gồm servo motor hoặc động cơ bước, hoặc xilanh thủy lực. Động cơ có thể nối với bàn máy, cơ cấu dịch chuyển, qua trục vít, bánh vít hoặc đai truyền răng. Ví dụ tiêu biểu về hệ thống truyền động bàn được mô tả qua hình 4.4.



Hình 4.4 Hệ thống truyền động bàn máy.

Hệ thống truyền động động cơ bước là hệ thống hở. Với mỗi xung điều khiển trục động cơ quay được một góc, gọi là một bước góc:

$$\alpha = \frac{360}{n_s} \quad (4.1)$$

trong đó  $n_s$  là một số nguyên phụ thuộc cấu tạo động cơ. Góc quay của trục động cơ được xác định bằng biểu thức:

$$\theta = f_p t \alpha, \quad (4.2)$$

trong đó  $f_p$ : tần số xung;  $t$ : thời gian động cơ nhận được xung điều khiển.

Hệ thống truyền động dùng động cơ servo là hệ thống kín, sử dụng encoder để đo vị trí. Thông thường MCU đảm nhận mạch vòng vị trí, đầu ra của bộ điều chỉnh vị trí sẽ qua bộ biến đổi D/A đưa ra tín hiệu tương tự điều khiển mạch vòng tốc độ bên ngoài. Hệ thống kín đảm bảo độ chính xác cao hơn và được sử dụng nhiều hơn trong các máy NC.

### 3. Độ chính xác và độ lặp lại

Độ chính xác và độ lặp lại là hai đặc tính quan trọng của NC. Độ chính xác liên quan đến khái niệm về độ phân giải. Độ phân giải đặc trưng cho khả năng của MCU phân biệt được hai điểm gần nhau nhất theo chiều dài của trục chuyển động. Độ phân giải phụ thuộc nhiều yếu tố như số bit của  $\mu P$  (microprocessor) trong bộ điều khiển, độ chính xác của hệ thống điều chỉnh, số xung trong một vòng của encoder,... Ta hãy xét độ phân giải chi theo số bit của  $\mu P$ . Giả sử ta sử dụng  $\mu P$  loại  $n$  bit, khi đó số điểm có thể biểu diễn được theo chiều dài  $L$  của trục chuyển động sẽ là:

$$\text{Số điểm} = 2^n.$$

Vậy độ phân giải, ký hiệu là  $CR$ , là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất có thể biểu diễn được, sẽ là:

$$CR = L/2^n. \quad (4.3)$$

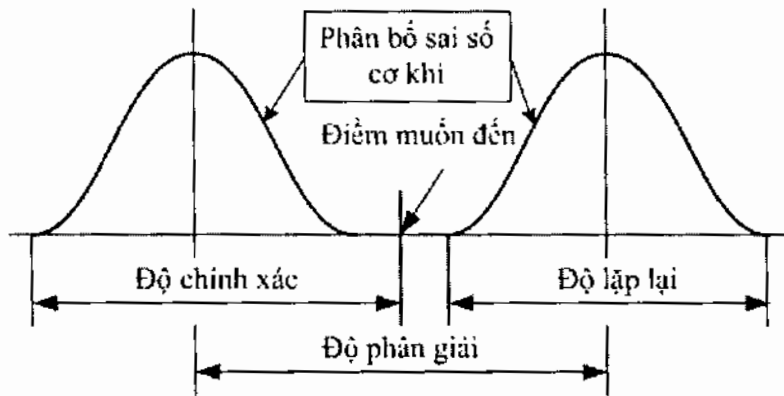
Độ chính xác đặc trưng cho khả năng của máy có thể định vị được đến vị trí cho trước. Vị trí này lại được xác định bởi các tọa độ. Nếu ta chỉ xét đến chuyển động chỉ trên một trục thì trường hợp xấu nhất là vị trí cần đến nằm giữa hai điểm gần nhau nhất. Trường hợp xấu nhất này cũng tính tới độ kém chính xác của phần cơ khí, ví dụ do cơ cấu trục vít, bánh vít bị dơ, hộp số bị mòn, ... Có thể coi rằng sai số do cơ khí gây ra phân bố ngẫu nhiên quanh các điểm có thể điều khiển được, và có phân bố xác suất chuẩn với độ sai lệch không đối. Điều này được mô tả trên hình 4.5, trên đó có thể thấy được hầu như toàn bộ sai số (99,74%) nằm trong phạm vi  $\pm 3\%$  của sai lệch chuẩn trong phân bố chuẩn.

Như vậy, độ chính xác được định nghĩa như sau:

$$\text{Độ chính xác} = CR/2 + 3(\text{Độ lệch chuẩn của phân bố sai số cơ khí}). \quad (4.4)$$

Độ lặp lại đặc trưng cho khả năng của hệ thống điều khiển có thể quay trở lại một điểm được lập trình trước đó. Độ lặp lại là khả năng của máy NC trong gia công các chi tiết mà chi tiết này có các bộ phận có kích thước hình học không thay đổi từ phần này sang phần khác. Sai số lặp lại có nguồn gốc từ sai số cơ khí như được mô tả trên hình 4.5 và được định nghĩa như sau:

$$\begin{aligned} \text{Độ lặp lại} &= \pm 3 \text{ (Độ lệch chuẩn của phân bố sai số cơ khí)} \\ &= 6 \text{ (Độ lệch chuẩn của phân bố sai số cơ khí)}. \end{aligned} \quad (4.5)$$



Hình 4.5 Độ chính xác, độ phân giải và độ lặp lại trên một trục chuyển động.

**Ví dụ 4.1:** Một hệ thống điều khiển NC 2 trục dùng 12 bit để biểu diễn các chuyển động theo chiều dài trục. Chiều dài cả hai trục  $x, y$  đều là 380 mm. Độ chính xác cơ khí có phân bố sai số chuẩn với độ lệch chuẩn = 0,091 mm, theo cả hai trục. Hãy xác định:

- Độ phân giải của máy.
- Độ chính xác.
- Độ lặp lại.

**Bài giải:**

- Độ phân giải  $CR = 380/2^{12} = 380/4096 = 0,093$  mm.
- Độ chính xác  $= 0,093/2 + 3.0,091 = 0,3195$  mm.
- Độ lặp lại  $= 6.0,091 = 0,546$  mm.

#### 4. Các phép nội suy

MCU điều khiển các chuyển động bằng các tín hiệu đưa ra các bộ truyền động. Các tín hiệu này thực chất là tọa độ các điểm mà cơ cấu phải đi

chuyển đến ở thời điểm tiếp theo. Với các chuyển động kiểu điểm-điểm hoặc theo đường thẳng thì việc tạo ra các tín hiệu này không khó khăn gì. Khi quỹ đạo chuyển động là các đường cong có thể biểu diễn bởi các biểu thức toán học, ví dụ như một cung tròn, một đoạn parabol,..., tọa độ của các điểm tiếp theo, theo thời gian, có thể tính toán được. Tuy nhiên khi hình thù của chi tiết phức tạp thì tọa độ của các điểm chuyển động tiếp theo chỉ có thể nhận được bằng các phép gần đúng. Các phép gần đúng này gọi là các phép nội suy. Các phép nội suy cho phép tính toán tọa độ các điểm chuyển động tiếp theo theo các đường cong đơn giản hơn, có thể biểu diễn bởi các biểu thức toán học. Người ta sử dụng các phép nội suy sau đây:

- *Nội suy tuyến tính.*
- *Nội suy tròn.*
- *Nội suy helical.*
- *Nội suy parabol.*
- *Nội suy bậc ba.*

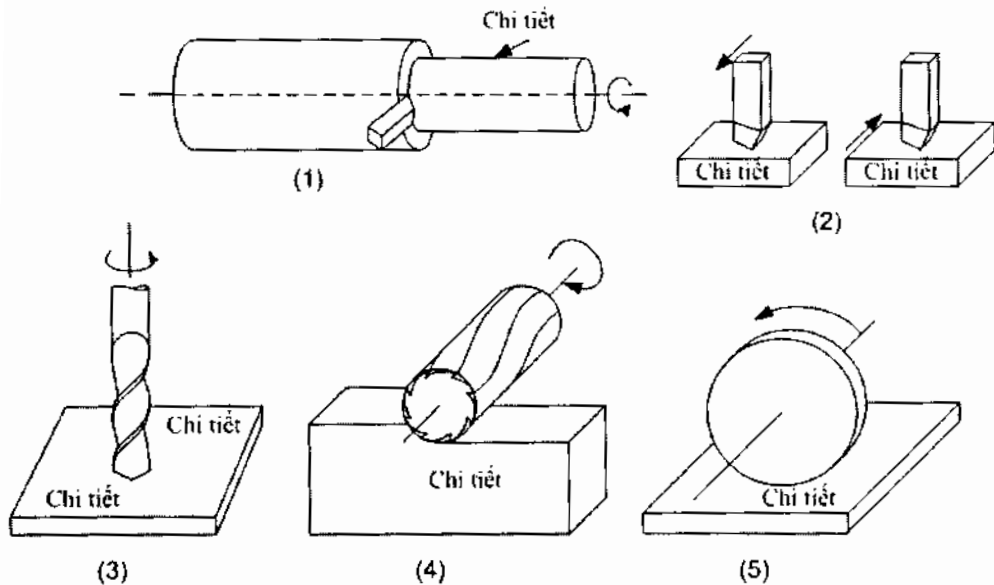
*Nội suy tuyến tính* là phép nội suy đơn giản nhất, trong đó các quỹ đạo sẽ được gần đúng bởi các đoạn thẳng. Người lập trình cần xác định điểm đầu, điểm cuối và tốc độ dịch chuyển theo mỗi đoạn thẳng. MCU sẽ tính toán và phát ra chuyển động cần thiết theo mỗi trục của máy.

Phép nội suy tuyến tính không thể áp dụng cho các chuyển động theo đường tròn vì khi đó sẽ cần tính toán rất nhiều điểm. Trong trường hợp này *phép nội suy tròn* được sử dụng. Trong nội suy tròn người lập trình phải xác định: điểm cuối của hành trình, tâm và bán kính của cung tròn và hướng chiều chuyển động. MCU sẽ tính ra các đoạn thẳng mà chuyển động phải tuân theo, tuy nhiên các điểm đầu, điểm cuối và tốc độ dịch chuyển trên mỗi đoạn thẳng sẽ do bộ điều khiển tự xác định.

*Phép nội suy helical* kết hợp phép nội suy tròn trên tọa độ phẳng  $x-y$  và phép nội suy tuyến tính trên trục thứ ba  $z$ . Như vậy helical cho phép điều khiển các chuyển động trong không gian.

Các *phép nội suy bậc hai, bậc ba* được sử dụng khi hình thù chi tiết phức tạp hơn rất nhiều và đòi hỏi tính toán phức tạp hơn. Ví dụ các phép gần đúng này được sử dụng trong công nghệ chế tạo vỏ ô tô khi hình dáng của xe được thiết kế theo các phong cách tự do, phóng khoáng.

## 4.2 Ứng dụng điều khiển số trong gia công cắt gọt kim loại



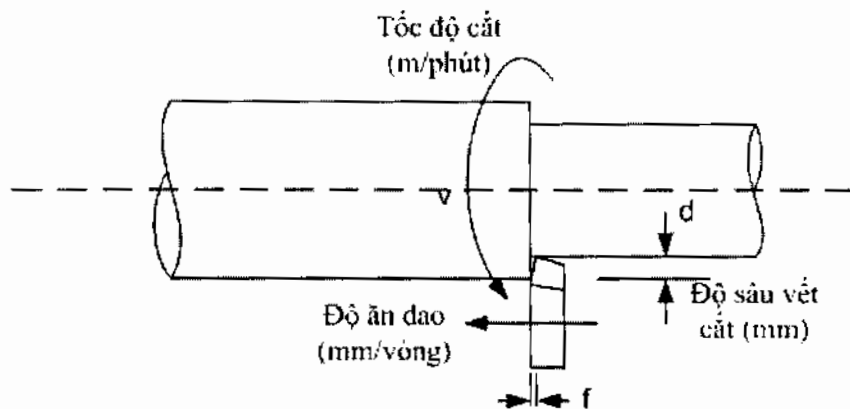
Hình 4.6 Các quá trình gia công chi tiết cơ bản.

Gia công kim loại là một trong những phạm vi ứng dụng NC rộng rãi nhất. Gia công cắt gọt là một quá trình tạo nên hình dáng mong muốn của chi tiết bằng cách gọt bỏ đi những phần không cần thiết. Các kích thước hình học sẽ được hình thành bằng cách điều khiển vị trí tác động của công cụ so với chi tiết.

Cắt gọt kim loại gồm năm quá trình cơ bản sau:

1. Tiện.
2. Bào.
3. Khoan.
4. Phay.
5. Mài.

Năm quá trình cơ bản này được mô tả như trên hình 4.6.



Hình 4.7 Các điều kiện của quá trình tiện.

Với mỗi quá trình cắt trên có các thông số, gọi là các thông số cắt, đặc trưng cho các điều kiện cắt. Các thông số cắt là: tốc độ cắt, độ ăn dao, và độ sâu vết cắt. Các điều kiện cắt cho quá trình tiện được mô tả trên hình 4.7.

Tốc độ cắt  $v$  là tốc độ tương đối giữa dao cắt và chi tiết, đơn vị là m/phút. Độ ăn dao là tốc độ di chuyển của dao trên bề mặt cắt. Đối với tiện độ ăn dao thường được biểu diễn là độ dịch chuyển của dao sau mỗi vòng quay của chi tiết.

Đối với phay và khoan thường phải chuyển đổi từ tốc độ dài sang tốc độ quay và ngược lại. Ký hiệu  $S$  là tốc độ quay của trục (vòng/phút) và  $V$  là tốc độ dài (m/phút),  $D$  là đường kính của dao (m), ta có

$$S = \frac{V}{\pi D}. \quad (4.6)$$

Trong các gia công quay, chi tiết hoặc dao, độ ăn dao  $f$  (mm/vòng), có thể cần chuyển đổi thành  $f_r$  (mm/phút). Công thức biến đổi là

$$f_r = Sf. \quad (4.7)$$

Trong phay độ ăn dao đôi khi được xác định qua tải đối với một răng của dao. Ví dụ dao có 6 răng và mỗi răng có độ rộng vết cắt 0,05 mm., độ rộng vết cắt trên một răng gọi là tải răng. Độ ăn dao được tính bằng

$$f = (Số\ răng) \times (tải\ răng), \quad (4.8)$$

trong đó  $f$  (mm/vòng). Với dao có 6 răng  $f = 6 \cdot 0,05 = 0,3$  (mm/vòng).

Ba thông số cắt tốc độ dài  $V$ , độ ăn dao  $f$  và độ sâu vết cắt  $d$ , xác định tốc độ cắt bỏ kim loại trong quá trình gia công, ký hiệu là  $MRR$  (metal removal rate):

$$MRR = 10^6 Vfd \quad , \quad (4.9)$$

trong đó  $V$  (m/phút);  $f$  (m/vòng);  $d$  (mm);  $MRR$  (mm<sup>3</sup>/phút).

Thời gian gia công là một yếu tố quan trọng để xác định năng suất của máy. Đó chính là thời gian  $T_m$  được sử dụng ở chương 2. Trong gia công kim loại  $T_m$  được xác định bằng:

$$T_m = \frac{L}{f_r} \quad , \quad (4.10)$$

trong đó  $L$  là chiều dài chi tiết.

Trong máy NC, MCU phải có khả năng đảm bảo tất cả các điều kiện của quá trình cắt gọt. Người lập trình cho NC cũng đòi hỏi phải am hiểu những thông số này để có thể đưa vào những số liệu hợp lý trong chương trình của mình.

**Ví dụ 4.2.** Các điều kiện cắt cho một máy tiện NC là: tốc độ cắt 120 m/phút; độ ăn dao 0,25 mm/vòng; độ sâu 2,54 mm. Chi tiết có đường kính 7,62 cm và chiều dài 25,4 cm. Hãy xác định tốc độ quay, tốc độ ăn dao, tốc độ cắt bỏ kim loại và thời gian gia công chi tiết.

**Bài giải:**

Tốc độ quay theo (4.6) là:

$$S = \frac{120}{\pi \cdot 0,0762} = 501,5 \quad (\text{vòng/phút}).$$

Tốc độ ăn dao theo (4.7)

$$f_r = 501,5 \cdot 0,25 = 125,375 \text{ mm/phút.}$$

Tốc độ cắt bỏ kim loại theo (4.9) là

$$MRR = 10^6 \cdot 120 \cdot 0,00025 \cdot 2,54 = 76,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3/\text{phút.}$$

Thời gian gia công chi tiết:

$$t_m = 25,4 / 12,537 = 2,026 \text{ phút.}$$

Ngoài những ứng dụng tiêu biểu trong gia công cắt gọt kim loại NC còn được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác. Nói chung, NC có thể ứng dụng



trong mọi trường hợp, khi cần có **khả năng điều khiển vị trí giữa chi tiết và công cụ**, thực hiện một công việc nào đó. Có thể kể ra một số ứng dụng của NC sau đây:

**Máy lắp linh kiện.** Trong công nghiệp điện tử các máy tự động dùng để đưa các linh kiện lên tấm mạch in được sử dụng rất rộng rãi. Trong trường hợp này việc lựa chọn và định vị chính xác một linh kiện lên một vị trí nhất định trên bảng mạch là một yêu cầu vô cùng quan trọng.

**Máy vẽ.** Máy vẽ bản vẽ tự động là một bộ phận đầu ra vô cùng quan trọng trong hệ thống thiết kế bằng trợ giúp của máy tính (CAD/CAM). Trong các hệ thống này quá trình thiết kế được thực hiện bằng đồ họa trên màn hình máy tính chứ không phải trên bảng vẽ. Khi quá trình thiết kế đã hoàn thành hệ thống sẽ đưa ra các bản vẽ bằng máy vẽ, thường là một máy in tốc độ cao trên mặt phẳng  $x-y$ .

**Máy đo tọa độ.** Máy đo tọa độ thường được sử dụng trong các khâu giám sát, kiểm tra hoặc trong các máy lấy mẫu tự động.

**Máy cắt tia lửa điện, máy cắt plasma, máy cắt bằng tia nước áp suất cao.** Những máy này thường dùng để gia công bằng những đường cắt có độ chính xác cao trên những vật liệu cứng, không đồng nhất. Máy có thể thực hiện được những vết cắt có hình dạng phức tạp, không thể thực hiện được bằng các quá trình gia công thông thường.

Ngoài ra NC còn được ứng dụng trong các máy cắt vải, máy tán đinh, máy uốn ống, máy cuốn sợi, v.v...

Có thể liệt kê ra những trường hợp cần phải ứng dụng NC như sau:

1. Chi tiết phải gia công thường xuyên theo từng lô nhỏ một.
2. Chi tiết có hình dạng phức tạp.
3. Chi tiết cần độ chính xác cao.
4. Nhiều bước gia công phải thực hiện trên một chi tiết.
5. Phải cắt bỏ đi nhiều kim loại trong gia công.
6. Phải thay đổi thiết kế thường xuyên.
7. Chi tiết đắt tiền.
8. Chi tiết yêu cầu kiểm tra chất lượng 100%.

### **4.3 Lập trình cho chi tiết**

Lập trình cho chi tiết là hoạch định các bước gia công chi tiết trên máy NC. Để hoạch định được các bước gia công người lập trình phải am hiểu quá trình công nghệ yêu cầu cũng như hình học và lượng giác. Các bước gia công đòi hỏi một loạt các chuyển động của công cụ so với bản mẫu và với chi tiết, được mô tả dưới dạng một văn bản (bản text) và được lưu trong một môi trường nào đó. Ở những thế hệ đầu của NC môi trường này là băng giấy rộng 1 inch, thông tin là các hàng lỗ có định dạng nhất định. Ngày nay môi trường lưu giữ có thể là một bộ nhớ bất kỳ nào đó, băng từ, đĩa mềm, đĩa cứng, hay một bộ nhớ bán dẫn ROM, EPROM,...

#### **4.3.1 Các phương pháp lập trình**

Các phương pháp lập trình NC có thể là:

- 1. Lập trình bằng tay.*
- 2. Lập trình có trợ giúp của máy tính.*
- 3. Vào số liệu bằng tay.*
- 4. Lập trình dùng CAD/CAM.*
- 5. Lập trình tự động bằng máy tính.*

Trong *lập trình bằng tay* chương trình được viết trên các bản mẫu có sẵn. Trên các bản mẫu này người ta liệt kê vị trí của công cụ tương đối so với chi tiết mà máy phải thực hiện để gia công chi tiết cùng với các lệnh chỉ ra tốc độ, độ ăn dao, công cụ, ... Các bản mẫu này sẽ được chuyển sang băng đục lỗ.

Trong *lập trình có trợ giúp của máy tính* người lập trình sẽ sử dụng một ngôn ngữ bậc cao nào đó để viết chương trình dưới dạng mô tả công nghệ. Phần lớn các tính toán cần thiết đều do máy tính thực hiện. Các lệnh viết bằng ngôn ngữ bậc cao sẽ được dịch ra trở thành chương trình có thể thực hiện được bởi MCU. Một ngôn ngữ như vậy, APT, sẽ được giới thiệu ở phần sau.

*Vào số liệu bằng tay* (Manual Data Input – MDI) là hình thức lập trình thẳng vào MCU, ngay tại máy NC. Phương pháp này được sử dụng bởi người vận hành nên không cần có một người lập trình riêng. Hệ thống MDI có giao diện với người thông qua một màn hình và bàn phím, gồm các phím chức năng và các phím chữ cái, chữ số. Người vận hành có thể sử dụng giao diện này một cách thuận tiện để đưa vào các trình tự gia công, các chuyển

động cần thiết. MDI giúp cho các xưởng nhỏ cũng có thể sử dụng NC mà không cần tới một hệ thống máy tính, một kỹ sư lập trình riêng, nói tóm lại với một đầu tư ban đầu nhỏ cũng có thể sử dụng các máy điều khiển số. Chính vì vậy mà MDI ngày càng trở nên thông dụng.

*Lập trình dùng CAD/CAM* là dạng cấp cao của lập trình có trợ giúp của máy tính, trong đó hệ thống đồ họa tích hợp với phần mềm lập trình cho NC sẽ làm giảm đáng kể những khó khăn khi lập trình cho những chi tiết phức tạp. Một trong hai nhiệm vụ khi lập trình chi tiết là xác định dạng hình học của chi tiết. Nhiệm vụ xác định dạng hình học sẽ được trợ giúp hoàn toàn nhờ hệ thống đồ họa trên CAD/CAM. Một số lượng lớn các chi tiết được thiết kế sẵn đặt trong thư viện của CAD. Thay vì phải thiết kế chi tiết từ đầu phần lớn công việc của lập trình viên là lấy ra một chi tiết tương tự và thay đổi, thêm vào vài bộ phận cần thiết, cập nhật các kích thước... Nhiệm vụ thứ hai khi lập trình là xác định các chuyển động. Một số hệ CAD/CAM có thể thực hiện công việc này một cách tự động, ngoài ra còn có thể mô phỏng các chuyển động này trên màn hình như một bước kiểm tra tính chính xác của chương trình.

*Lập trình tự động bằng máy tính* ở một mức độ cao hơn sẽ tự động hóa phần lớn những kết quả của lập trình gia công chi tiết, trong đó một số chi tiết sẽ được lập trình một cách tự động và máy sẽ cho ra những nhận định về tính hợp lý của chương trình. Giữa khâu lập trình đến bước gia công thật gần như là hai quá trình được tích hợp làm một, rút ngắn đáng kể thời gian chế tạo chi tiết, bắt đầu từ khâu thiết kế.

### 4.3.2 Ngôn ngữ lập trình APT

Có nhiều ngôn ngữ lập trình cho NC do các hãng sản xuất máy cung cấp. Mỗi hãng có những đặc thù riêng và có những bí quyết riêng, đòi hỏi những khóa đào tạo riêng biệt để có thể sử dụng được sản phẩm của mình. Tuy nhiên việc tìm hiểu một ngôn ngữ cơ bản giúp ta nắm được những nội dung chính mà ngôn ngữ nào cũng phải có, từ đó nhanh chóng tiếp cận chúng. APT (Automatically Programmed Tools) là ngôn ngữ phát triển bởi MIT và được đưa vào sử dụng từ năm 1959. Ngày nay APT vẫn là ngôn ngữ được ứng dụng rộng rãi nhất ở Mỹ. APT có thể được dùng để lập trình cho các máy NC đến 5 trục.

Có 4 dạng câu lệnh trong APT:

1. **Lệnh hình học.** Đây là các câu lệnh xác định hình dạng hình học của chi tiết.

2. **Lệnh chuyển động.** Đây là các lệnh xác định đường đi.
3. **Lệnh xử lý sau.** Đây là các lệnh xử lý giúp phối hợp với các công cụ và các máy cụ thể.
4. **Các lệnh phụ.** Các câu lệnh phụ dùng để chỉ ra các chi tiết, các công cụ, độ chính xác,...

### **Các câu lệnh hình học**

Các câu lệnh hình học có dạng cơ bản như sau:

Symbol = geometry type/descriptive data

Câu lệnh loại này gồm ba phần. Phần thứ nhất symbol có thể là một tổ hợp bất kỳ, không nhiều hơn 6 ký tự, là ký hiệu của người dùng. Symbol không được dùng những từ khóa của APT. Phần thứ hai là một từ khóa của APT dùng để chỉ ra một hình nào đó, ví dụ: POINT, LINE, PLANE, CIRCLE. Phần thứ ba là các dữ liệu để mô tả tính chất của hình ở phần hai. Một số ví dụ về các câu lệnh này được đưa ra sau đây.

Để chỉ ra một điểm:

P1 = POINT/INTOF, L1, L2

trong đó chỉ ra điểm P1 là giao điểm của hai đường thẳng L1, L2 (INTOF nghĩa là intersection of – giao điểm).

Để chỉ ra một đường:

L3 = LINE/P3, P4

Lệnh này nghĩa là L3 là một đường thẳng đi qua hai điểm P3, P4.

Có thể chỉ ra một đường, đi qua một điểm và song song (parallel) với một đường khác:

L4 = LINE/P5, PARLEL, L3

Để chỉ ra một mặt đi qua ba điểm P1, P4, P5:

PL1 = PLANE/P1, P4, P5

Một mặt có thể đi qua một điểm và song song với một mặt khác:

PL2 = PLANE/P2, PARLEL, PL1.

Để chỉ ra một đường tròn cần xác định tâm và bán kính của nó:

C1 = CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 5.0

### **Một số chú ý:**

Tọa độ dùng trong APT là hệ tọa độ  $x, y, z$ . Ví dụ trong câu lệnh:

P1 = POINT/5.0, 4.0, 0.0

nghĩa là  $x = 5.0; y = 4.0; z = 0.0$ .

Mọi ký hiệu dùng trong câu lệnh của APT phải được định nghĩa trước đó. Ví dụ trong câu lệnh:

P2 = POINT/INTOF, L1, L2

thì L1, L2 phải là hai đường đã được định nghĩa trước đó.

Một symbol chỉ có thể được dùng để định nghĩa một phần tử. Một phần tử xác định nào đó cũng chỉ có thể được gán cho một ký hiệu. Ví dụ hai câu lệnh sau đây sẽ gây nên lỗi:

P1 = POINT/1.0, 1.0, 1.0

P2 = POINT/1.0, 1.0, 1.0

### ***Câu lệnh chuyển động***

Các câu lệnh chuyển động có dạng giống như các câu lệnh hình học như sau:

motion command/descriptive data

Ví dụ:

GOTO/P1

yêu cầu di chuyển đến điểm P1.

Mỗi chuyển động có thể có điểm bắt đầu. Điểm bắt đầu có câu lệnh sau:

FROM/TARG

trong đó FROM là từ khóa, còn TARG chỉ một điểm nào đó bằng các tọa độ. Ví dụ:

FROM/-2.0, -2.0, 0.0

chỉ ra điểm ban đầu có tọa độ  $x, y, z$  là  $(-2.0, -2.0, 0.0)$ .

Có hai từ khóa để chỉ chuyển động giữa các điểm: GOTO và GODLTA. Lệnh GOTO chỉ một chuyển động đến một điểm xác định. Lệnh GODLTA chỉ một chuyển động từ một điểm xác định. Ví dụ các câu lệnh sau đây:

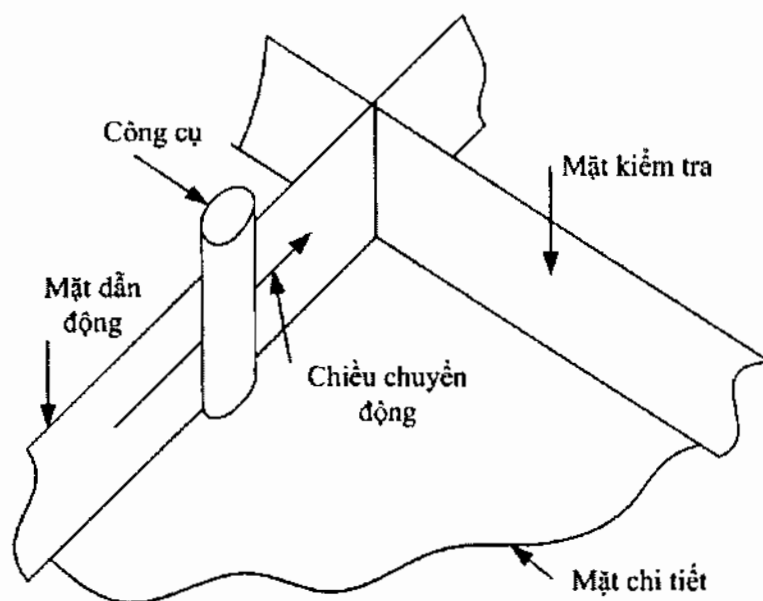
GOTO/P2

GODLTA/0, 0, -1.5

GODLTA/0, 0, +1.5

chỉ chuyển động đến điểm P2. Tại điểm có tọa độ  $(x, y) = (0, 0)$  di chuyển theo tọa độ  $z$  đến -1,5, sau đó cũng theo tọa độ  $z$  đến +1,5, ví dụ khi cần khoan một lỗ tại  $(0, 0)$  theo  $x, y$ .

### ***Chuyển động vòng***

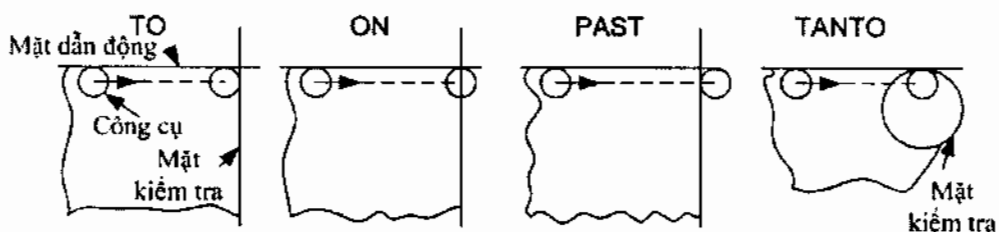


*Hình 4.8 Các bề mặt liên quan đến điều khiển chuyển động.*

Các lệnh chuyển động vòng phức tạp hơn vì vị trí của dao cắt phải thường xuyên hiệu chỉnh trong quá trình chuyển động. APT điều khiển các chuyển động này theo đường giao nhau giữa hai mặt. Các bề mặt này được đặt tên đặc biệt như mô tả trên hình 4.8.

- *Mặt dẫn động*. Đây là bề mặt mà cạnh của dao cắt áp vào.
- *Mặt chi tiết*. Đây là bề mặt mà đầu của dao cắt áp lên. Thực ra mặt chi tiết có thể không phải là bề mặt thật của chi tiết mà nó chỉ chỉ ra đường đi của đầu dao.
- *Mặt kiểm tra*. Đây là bề mặt mà đến đó dao cắt sẽ dừng lại.

Mặt kiểm tra được sử dụng theo nhiều cách bởi các từ khóa sau đây: TO, ON, PAST và TANTO. Ý nghĩa của các từ khóa này được giải thích trên hình 4.9.

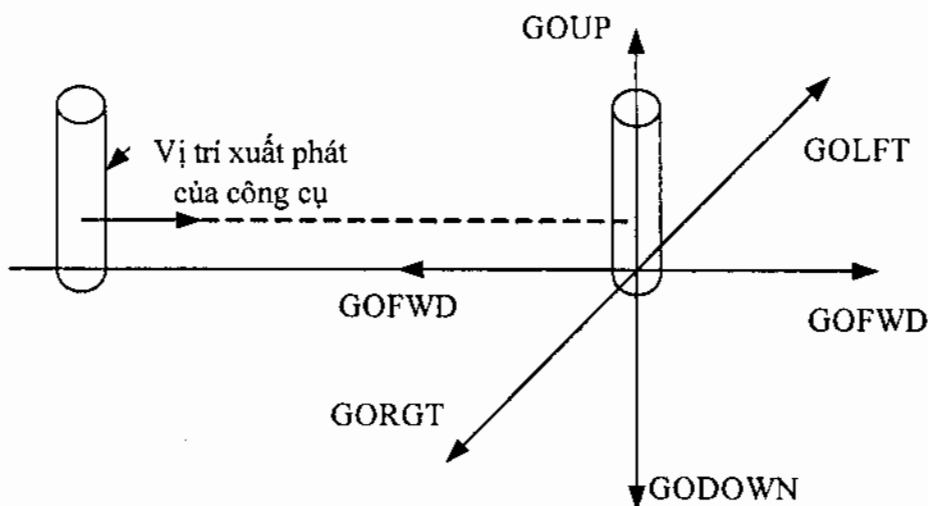


Hình 4.9 Sử dụng các từ khóa. TO điều khiển công cụ đến tiếp xúc với bề mặt kiểm tra. ON điều khiển công cụ sao cho tâm của nó gặp mặt kiểm tra. PAST đưa công cụ vượt qua mặt kiểm tra nhưng còn tiếp xúc với mặt. TANTO đưa công cụ đến điểm tiếp xúc giữa hai mặt mà ít nhất một trong hai mặt phải là mặt tròn.

APT có sáu lệnh điều khiển chuyển động bằng sáu từ khóa sau đây:

GOLFT GOFWD GOUP  
GORG T GOBACK GODOWN

Ý nghĩa của các từ khóa này được giải thích trên hình 4.10.



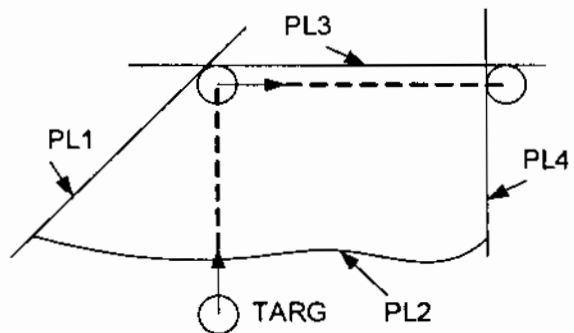
Hình 4.10 Ý nghĩa của các từ khóa điều khiển chuyển động.

Để bắt đầu một quá trình chuyển động ta dùng lệnh FROM. Các câu lệnh sau FROM khởi tạo mặt dẫn động, mặt chi tiết và mặt kiểm tra. Quá trình này có dạng như sau đây:

FROM/TARG

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

Ví dụ này được minh họa trên hình 4.11. Ký hiệu TARG thể hiện điểm xuất phát ban đầu mà người vận hành đang đặt công cụ ở đó. Lệnh GO đưa công cụ đến đường giao nhau của mặt dẫn động (PL1), mặt chi tiết (PL2), mặt kiểm tra (PL3). Chu vi ngoài của công cụ tiếp xúc với các mặt PL1, PL3, đầu của công cụ nằm trên mặt PL2.



Hình 4.11 Ví dụ về khởi tạo chuyển động.

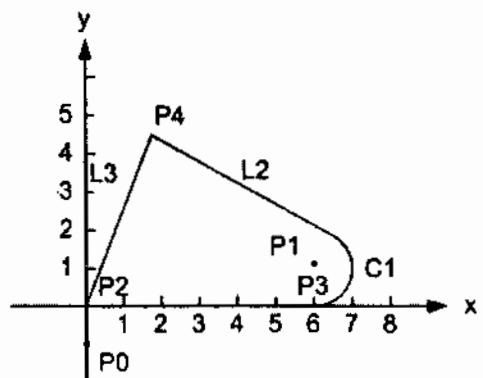
Vị trí của công cụ được xác định bởi từ khóa TO. Ba bề mặt được khởi tạo sau lệnh GO phải theo đúng trình tự: mặt dẫn động, mặt chi tiết và cuối cùng là mặt kiểm tra. Lưu ý rằng lệnh GO/TO khác với lệnh GOTO trong điều khiển điểm-điểm trên đây.

Sau khi khởi tạo công cụ sẽ được điều khiển bởi sáu từ khóa như được biểu diễn trên hình 4.12.

**Ví dụ 4.3** Viết chương trình APT cho chi tiết như trên hình 4.12.

Chương trình APT có thể viết như sau đây.

P0 = POINT/0, -1, 0  
 P1 = POINT/6.0, 1.125, 0  
 P2 = POINT/0, 0, 0  
 P3 = POINT/6.0, 0, 0  
 P4 = POINT/1.75, 4.5, 0



Hình 4.12 Chi tiết cho theo ví dụ 4.3



L1 = LINE/P2, P3  
C1 = CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 1.125  
L2 = LINE/P4, LEFT, TANTO, C1  
L3 = LINE/P2, P4  
PL1 = PLANE/P2, P3, P4  
FROM/P0  
GO/TO, L1, TO, PL1, ON, L3  
GORGT/L1, TANTO, C1  
GOFWD/C1, PAST, L2  
GOFWD/L2, PAST, L3  
GOLEFT/L3, PAST, L1  
GOTO/P0

#### ***Các câu lệnh xử lý sau***

Để viết một chương trình gia công chi tiết hoàn chỉnh cần có các câu lệnh điều khiển các trục, độ ăn dao, và các đặc điểm khác của công cụ. Các câu lệnh này gọi là các lệnh xử lý sau. Trong APT có một số câu lệnh này như sau:

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

Các lệnh xử lý sau có hai dạng, dạng không có dấu “/” và dạng có dấu “/”. Trong đó dạng không có dấu gạch chéo vì tự nó đã có đủ ý nghĩa rồi, còn dạng có dấu gạch chéo sẽ đòi hỏi có thêm các thông số mô tả nào đó.

#### ***Các câu lệnh phụ***

Các câu lệnh phụ dùng để xác định kích cỡ công cụ, gọi tên chi tiết, độ chính xác yêu cầu, v.v...

CLPRNT                      INTOL/              OUTTOL/  
FINI                          PARTNO              CUTTER/

Ví dụ câu lệnh CUTTER/0.500 xác định đường kính của công cụ là 0.500 in.

Toàn bộ hệ lệnh của APT có thể xem thêm trong tài liệu tham khảo.

## 4.4 DNC, CNC và AC (Adaptive Control)

### 4.4.1 Các vấn đề đối với NC thông thường

Hệ thống điều khiển số thông thường có những nhược điểm sau đây:

- Lỗi trong lập trình gia công chi tiết.
- Các bộ điều chỉnh là mạch cứng, hầu như không thể thay đổi được.
- Không có các thông tin cho quản lý.
- Chưa tối ưu hóa tốc độ và độ ăn dao.

Các nhược điểm này dẫn đến nhu cầu phải phát triển những hệ thống mới có những tính năng tốt hơn, đó là:

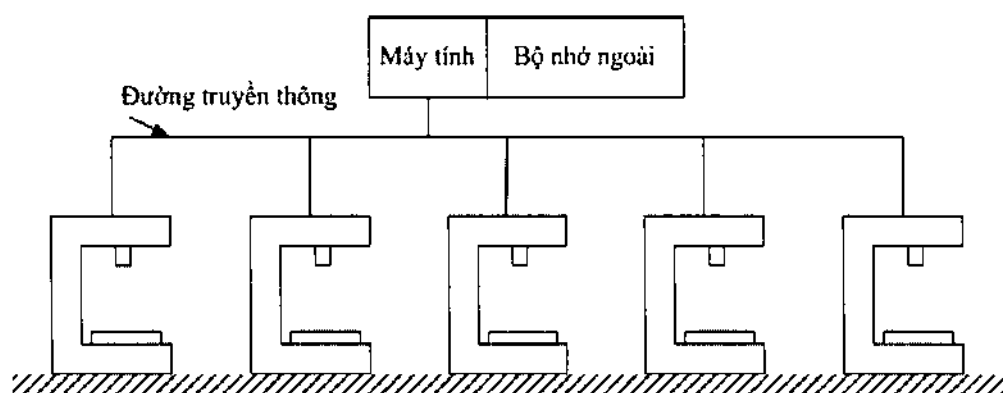
DNC (Direct Numerical Control): hệ thống điều khiển số trực tiếp.

CNC (Computer Numerical Control): điều khiển số bằng máy tính.

AC (Adaptive Control): hệ thống điều khiển thích nghi.

### 4.4.2 DNC

Hệ thống điều khiển số trực tiếp là hệ thống trong đó máy tính sẽ điều khiển trực tiếp nhiều máy cùng một lúc, trong thời gian thực. Cấu hình một DNC được thể hiện trên hình 4.13.



Hình 4.13 Cấu hình một hệ thống DNC.

Một hệ thống DNC bao gồm bốn bộ phận chính như sau:

1. Máy tính trung tâm.
2. Bộ nhớ ngoài.

3. Đường truyền thông.

4. Máy gia công.

Đặc điểm cơ bản của DNC là máy tính trung tâm đủ mạnh để điều khiển trực tiếp nhiều máy gia công bên dưới thông qua đường truyền thông hai chiều. Cấu hình này đưa đến những lợi ích sau:

- Khả năng tính toán rất mạnh nên hỗ trợ tốt cho các phép nội suy vòng.
- Máy tính được đặt riêng, trong một môi trường tốt hơn.
- Các dữ liệu trong quá trình gia công đều được cập nhật và lưu trữ.

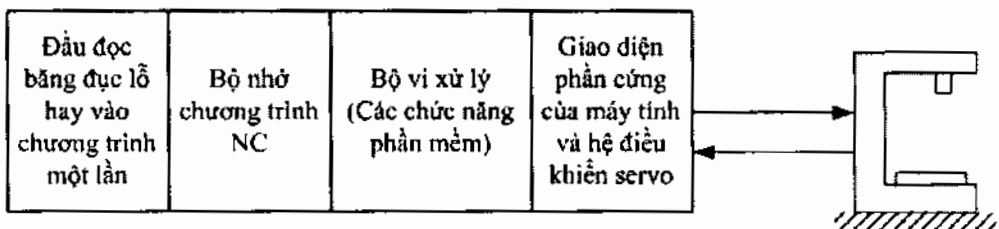
Tuy nhiên DNC ra đời từ những năm 1960 khi hệ thống máy tính mạnh chỉ có thể là các máy tính lớn. Ngày nay kỹ thuật máy tính đã có những bước phát triển vượt bậc nên những hệ thống máy CNC hoàn toàn có thể thay thế DNC, với độ mềm dẻo và tính năng cao hơn.

#### 4.4.3 CNC

Mặc dù DNC và CNC đều là hệ thống điều khiển số bằng máy tính nhưng giữa chúng có sự khác biệt như sau:

- DNC điều khiển một số lượng lớn các NC, CNC chỉ điều khiển một hoặc một số rất ít NC.
- Máy tính trong DNC ở xa máy. Máy tính trong CNC ở ngay trong máy.
- Phần mềm của DNC chứa cả các thông tin về quản lý. Phần mềm trong CNC chủ yếu dùng để tăng cường khả năng của một máy nào đó.

Cấu hình cơ bản của CNC thể hiện trên hình 4.14.



Hình 4.14 Cấu hình chung của một CNC.

Về mặt hình thức có thể thấy CNC giống như NC thông thường. Tuy nhiên trong máy NC băng giấy đục lỗ phải chạy đi chạy lại để nạp chương trình cho bộ phận điều khiển MCU, trong CNC chương trình chỉ cần nạp vào một lần. Phần nạp chương trình vào với các máy CNC ngày nay không phải là đầu đọc băng giấy mà có thể là từ đĩa mềm, ổ cứng hoặc từ một bộ nhớ nào đó. Chương trình sẽ được nhớ trong bộ nhớ của máy tính, được phần mềm dịch ra thành mã điều khiển trong quá trình làm việc. Một số chức năng có thể được thực hiện bởi bộ tính toán cứng trong MCU, ví dụ như các phép nội suy tròn. Mạch giao diện với hệ thống điều khiển servo có thể là phần cứng kích thước lớn nhất trong CNC. Có thể kể ra một số đặc điểm của CNC như sau:

1. Bộ nhớ lớn nên chứa được nhiều chương trình.
2. Có thể soạn thảo chương trình ngay tại máy.
3. Có sẵn nhiều đoạn chương trình cố định và nhiều chương trình con. Các đoạn chương trình này có thể được gọi bởi chương trình chính bất kỳ lúc nào. Vì vậy thay vì phải đưa vào nhiều lệnh người lập trình chỉ cần quan tâm đến các tham số cần thiết khi gọi chương trình con, điều này rút ngắn rất nhiều thời gian lập trình.
4. CNC có khả năng mạnh thực hiện các phép nội suy vì năng lực tính toán đã tăng lên rất nhiều.
5. Nhiều khả năng định vị lúc chuẩn bị gia công. Để bắt đầu gia công vị trí giữa công cụ và chi tiết phải được định vị chính xác, đôi khi điều này đòi hỏi rất nhiều thời gian. CNC có thể có các tự chọn để định vị, khi đó công cụ có thể được định vị nhờ những điểm chuẩn trên bàn máy hoặc trên các bộ giá.
6. Bù độ mòn của công cụ. Trong quá trình gia công các công cụ bị mòn dần, ảnh hưởng đến độ chính xác khi gia công. CNC có khả năng bù những độ mòn này bằng các thuật toán cần thiết. Một số CNC có trang bị những sensor để phát hiện độ mòn của công cụ và hiệu chỉnh lại.
7. Dự báo. Nhiều CNC có khả năng tự kiểm tra, tự theo dõi tình trạng của mình và đưa ra các cảnh báo. Các lỗi hoặc các cảnh báo đều được lưu giữ lại giúp cho công việc sửa chữa thuận tiện hơn.
8. Giao diện truyền thông. Các máy CNC hiện đại hỗ trợ một số giao thức truyền thông giúp cho việc ghép nối máy với hệ thống mạng một cách dễ dàng.

Những ưu điểm căn bản của CNC:

1. Độ mềm dẻo cao hơn nhiều so với các NC thông thường.
2. Có khả năng chuyển đổi đơn vị.
3. Phù hợp với hệ thống quản lý thông tin sản xuất tập trung.

#### **4.4.4 Hệ thống điều khiển thích nghi (Adaptive Control – AC)**

Một trong những lý do cơ bản để người ta ứng dụng NC, DNC, CNC là để giảm thời gian thụ động trong sản xuất. Thời gian thụ động là những khoảng thời gian máy không chạy, bao gồm những thành phần sau đây:

1. Thời gian gá lắp chi tiết.
2. Chuẩn bị cho công việc.
3. Thời gian từ khi nhận được đơn đặt hàng đến lúc bắt đầu sản xuất.
4. Thời gian thay đổi công cụ.
5. Những sự chậm trễ của người vận hành.

Với việc giảm được các khoảng thời gian này trong thời gian sản xuất nói chung, phần lớn thì giờ được dùng vào việc gia công chi tiết. Mặc dù NC có tác dụng rất lớn trong giảm các thời gian thụ động nó lại hầu như không giảm được quá trình gia công bao nhiêu so với các máy thông thường. Thời gian gia công có thể giảm đi đáng kể nhờ các hệ thống điều khiển thích nghi (Adaptive Control – AC). Trong khi điều khiển số thực hiện các trình tự gia công một cách tự động thì các hệ thống thích nghi lại xác định một tốc độ và độ ăn dao phù hợp theo một số các thông số theo dõi, ví dụ như độ cứng của vật liệu, độ rộng hoặc độ sâu của vết cắt, khe hở không khí trong chi tiết,... AC có khả năng thay đổi các điều kiện cho quá trình cắt theo các thông số theo dõi, còn NC thì không. Như vậy AC phù hợp nhất cho các ứng dụng sau đây:

1. Khi thời gian gia công chiếm một phần lớn trong thời gian sản xuất nói chung.
2. Khi chi tiết chứa đựng nhiều yếu tố thay đổi mà AC có thể đáp ứng một cách phù hợp.

#### **Định nghĩa AC**

Hệ thống thích nghi là một hệ thống điều khiển có theo dõi một vài biến quá trình và dùng những biến này để điều khiển tốc độ và độ ăn dao.

Các biến quá trình có thể là lực cắt, mômen, nhiệt độ, độ rung, và công suất. Nói chung hầu như tất cả các biến trong quá trình cắt gọt kim loại đều có thể dùng là biến theo dõi trong AC. Có hai dạng AC: *điều khiển thích nghi tối ưu (ACO – Adaptive Control Optimization)* và *điều khiển thích nghi ràng buộc (ACC – Adaptive Control Constraint)*.

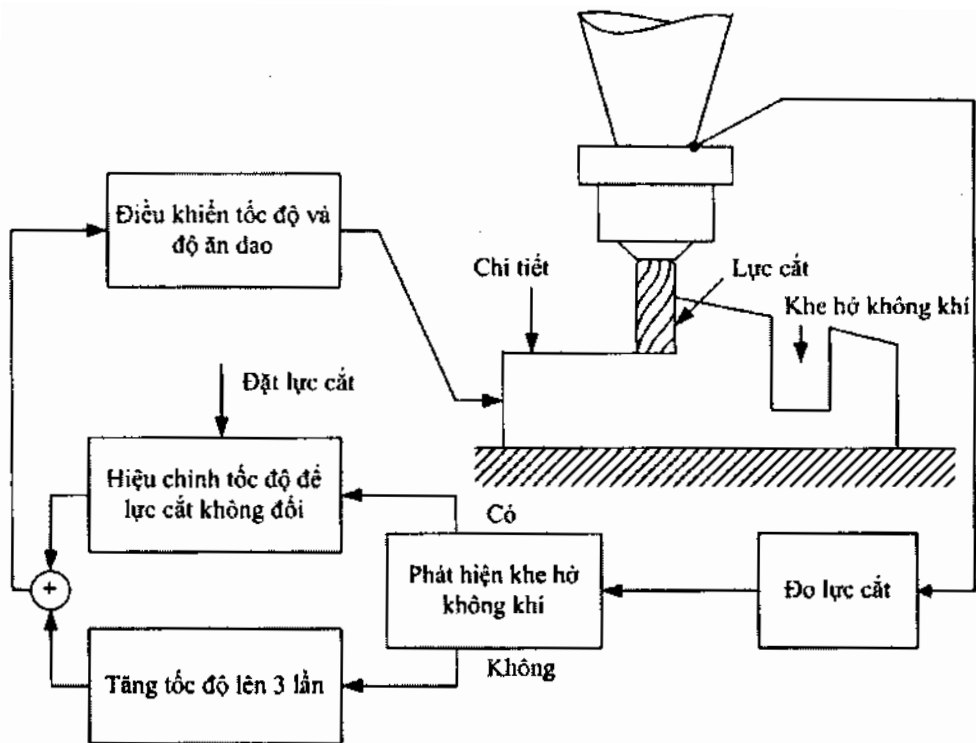
Trong *điều khiển thích nghi tối ưu* người ta đưa ra chỉ số tối ưu. Chỉ số này là số đo hiệu quả toàn cục, ví dụ như năng suất hoặc chi phí cho một đơn vị thể tích kim loại được loại bỏ. Mục tiêu của ACO là tối ưu hoá chỉ số bằng cách tác động lên tốc độ và độ ăn dao.

Tuy mục tiêu của ACO là tối ưu hoá chỉ số nhưng có thể thấy rằng việc đo chỉ số trong thời gian thực là một nhiệm vụ rất khó khăn. Vì vậy trong thực tế các hệ thống AC được ứng dụng lại là loại ACC, *điều khiển thích nghi ràng buộc*. Trong các hệ thống loại này người ta xác định các cận giới hạn cho các biến theo dõi. Mục tiêu của hệ thống điều khiển là tác động lên tốc độ và độ ăn dao để đảm bảo các biến theo dõi luôn nằm trong các giới hạn cho phép.

Các yếu tố dẫn đến sự thay đổi các điều kiện gia công mà việc áp dụng AC mang lại hiệu quả rõ nét nhất là:

1. Sự thay đổi dạng hình học của vết cắt về độ sâu và độ rộng. Trong những trường hợp này cần thay đổi độ ăn dao để phù hợp với sự thay đổi hình dạng, ví dụ trong các quá trình gia công phay chép hình hoặc các đường vòng.
2. Sự thay đổi độ cứng của vật liệu. Khi có những hạt cứng trong khối vật liệu cả tốc độ lẫn độ ăn dao phải được hiệu chỉnh để công cụ không bị gãy, mòn.
3. Chi tiết gá không chặt. Trong khi chuẩn bị nếu chi tiết không được gá chặt phải thay đổi độ ăn dao để đảm bảo độ chính xác gia công.
4. Công cụ bị mòn. Khi công cụ cắt bắt đầu bị cùn, lực cắt sẽ tăng lên. Trong trường hợp này phải giảm bớt độ ăn dao.
5. Có các khe hở không khí. Nhiều chi tiết có dạng hình học chứa nhiều khe hở. Trong trường hợp này nếu giữ nguyên tốc độ ăn dao sẽ làm chậm quá trình gia công. Rõ ràng cần phải tăng tốc độ lên hai ba lần để nhanh chóng vượt qua các khe hở này.

Ví dụ về một hệ thống điều khiển thích nghi được cho trên hình 4.15



Hình 4.15 Ví dụ về một hệ thống điều khiển thích nghi.

#### Những lợi ích mà AC mang lại:

1. Tăng năng suất quá trình gia công.
2. Tăng tuổi thọ của công cụ.
3. Bảo vệ được chi tiết, đặc biệt là những chi tiết rất lớn hoặc rất đắt tiền.
4. Ít cần đến tác động của người vận hành.
5. Lập trình gia công dễ hơn.

## 5 RÔBÔT CÔNG NGHIỆP

### 5.1 Định nghĩa Robotics

Hiệp hội các Viện nghiên cứu Rôbôt của Mỹ RIA định nghĩa về rôbôt công nghiệp như sau: "Rôbôt là một cơ cấu thao tác đa chức năng với chương trình làm việc có thể được lập trình lại, nó được thiết kế để di chuyển nguyên vật liệu, các chi tiết hoặc các công cụ chuyên dụng theo các chuyển động đặt trước nhằm thực hiện hàng loạt các thao tác công nghệ khác nhau".

Hai từ khoá trong định nghĩa là có khả năng lập lại chương trình (reprogrammable) và đa chức năng (multi-functional). Khả năng lập lại chương trình ẩn chứa hai điểm chính:

- Chuyển động của rôbôt có thể được điều khiển theo chương trình lập sẵn.
- Chương trình của rôbôt có thể được lập lại để thay đổi chuyển động của nó.

Khả năng này minh hoạ cho tính linh hoạt trong điều khiển chuyển động của rôbôt. Theo định nghĩa này rôbôt công nghiệp cũng là một hệ thống tự động hóa lập trình được, giống như NC, CNC, DNC và AC. Điểm khác biệt giữa rôbôt và NC là NC điều khiển các chuyển động trên bề mặt, theo các trục của hệ tọa độ thì rôbôt điều khiển các chuyển động trong không gian.

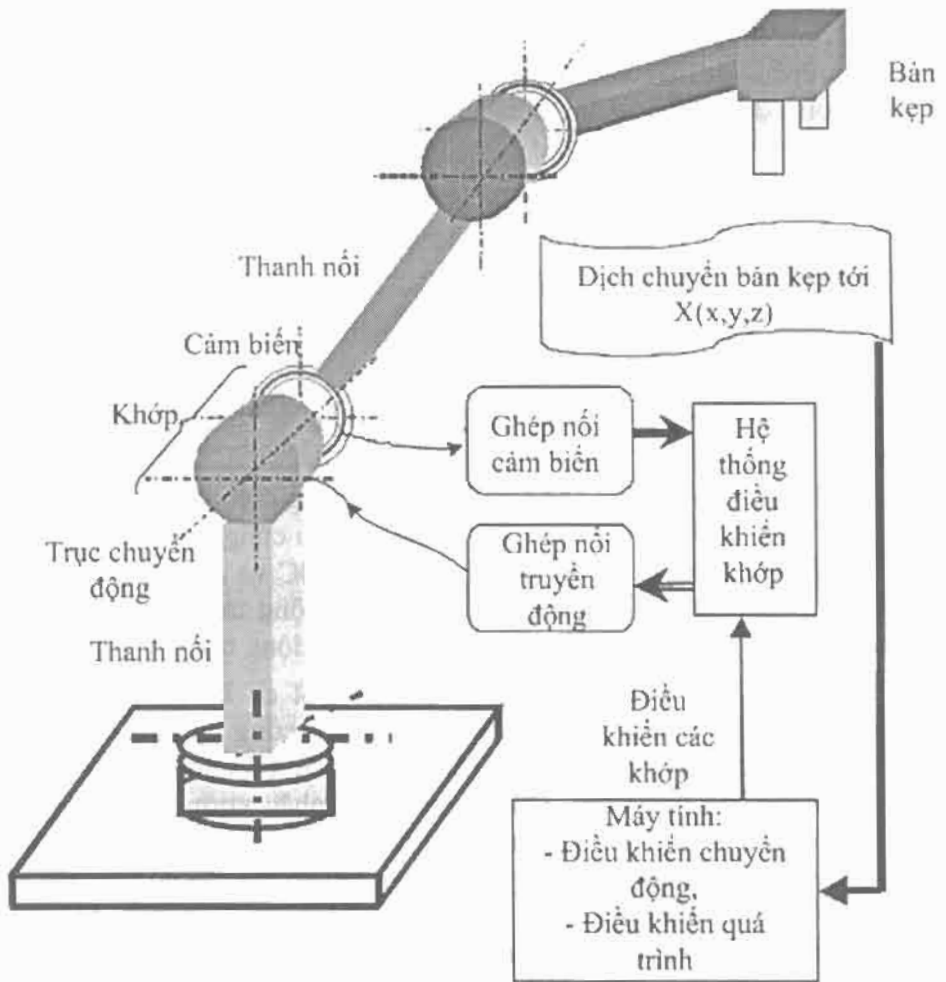
Yếu tố đa chức năng nhấn mạnh điểm rôbôt có khả năng thực hiện nhiều chức năng, phụ thuộc vào chương trình và công cụ làm việc. Ví dụ trong dây chuyền sản xuất ô tô, một rôbôt có thể được gắn mỏ hàn để thực hiện công nghệ hàn trong một phân xưởng. Tại phân xưởng khác, rôbôt có cấu hình tương tự với khâu tác động cuối thay thế mỏ hàn bằng các bàn kẹp có thể được điều khiển để vận chuyển các chi tiết và lắp ráp nó vào các vị trí yêu cầu. Ứng với mỗi chức năng khác nhau, chương trình điều khiển của rôbôt sẽ được lập trình lại cho phù hợp. Yếu tố đa chức năng là một trong các điểm chính để phân biệt rôbôt với các máy tự động đang sử dụng trong sản xuất hiện nay.

### 5.2 Hệ thống rôbôt

Một hệ thống điều khiển rôbôt điển hình được mô tả trên hình 5.1 bao gồm những bộ phận chính như sau:



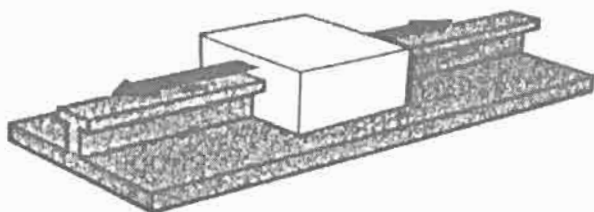
- Cơ cấu cơ khí của rôbôt.
- Hệ thống truyền động.
- Bộ điều khiển.
- Hệ thống cảm biến và nối ghép máy tính.



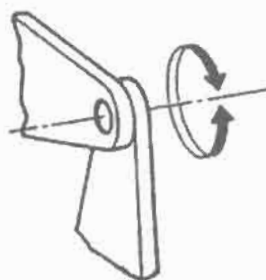
Hình 5.1 Hệ thống rôbôt điện hình.

## 5.2.1 Cấu trúc cơ khí của rôbot

Cấu trúc cơ khí của rôbot bao gồm một chuỗi các thanh nối (link) được gắn với nhau bởi các khớp (joint). Mỗi khớp được truyền động tạo nên một chuyển động độc lập. Số bậc tự do của rôbot phụ thuộc vào số chuyển động độc lập của nó và độ linh hoạt khi chuyển động sẽ tăng khi số bậc tự do tăng. Hai loại khớp cơ bản trong hệ thống rôbot là khớp tịnh tiến (hình 5.2) và khớp quay (hình 5.3). Các khớp được truyền động nhờ động cơ chấp hành gắn trên trục của nó. Chuyển động của khớp tạo nên chuyển động tương đối giữa hai thanh nối gắn với nó, một gọi là thanh nối đầu vào, một gọi là thanh nối đầu ra. Từ các khớp cơ bản trên đây người ta còn phân loại các khớp theo chuyển động tương đối giữa các liên kết với khớp thành năm loại khớp chính sau đây (hình 5.4):



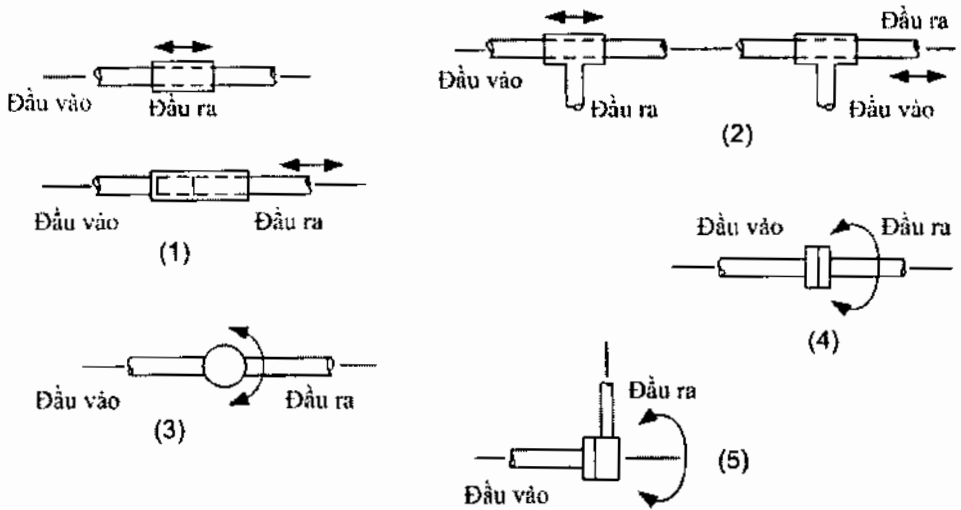
Hình 5.2 Khớp tịnh tiến.



Hình 5.3 Khớp quay.

1. Khớp tuyến tính (ký hiệu là khớp L): dạng khớp này tạo ra chuyển động tương đối giữa hai thanh nối là chuyển động trượt tuyến tính, trục của hai thanh nối song song với nhau.
2. Khớp trục giao (O): Vẫn là chuyển động trượt nhưng hai trục của thanh nối đầu vào và đầu ra vuông góc với nhau.
3. Khớp quay (R): Dạng khớp này tạo ra chuyển động quay xung quanh trục vuông góc với các trục của thanh nối đầu vào và đầu ra.
4. Khớp xoắn (T): Vẫn là chuyển động quay nhưng trục quay của khớp song song với trục của hai thanh nối đầu vào và đầu ra.

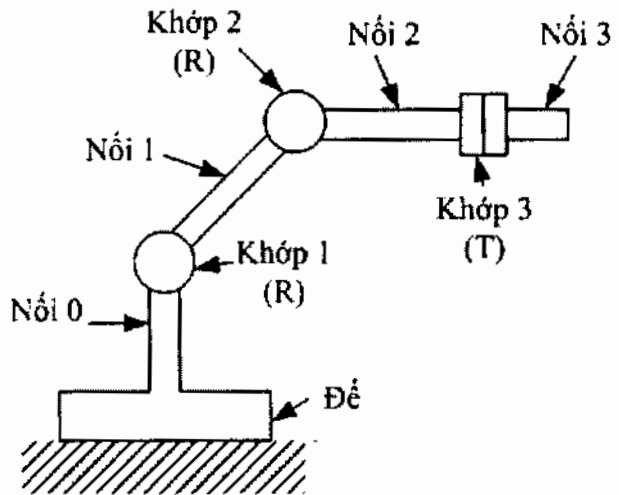
5. Khớp chữ (V): Với dạng khớp này, trục của hai thanh nối đầu vào và đầu ra vuông góc với nhau, trục quay của khớp song song với trục của thanh nối đầu vào.



Hình 5.4 Các loại khớp cơ bản trong rôbot công nghiệp.

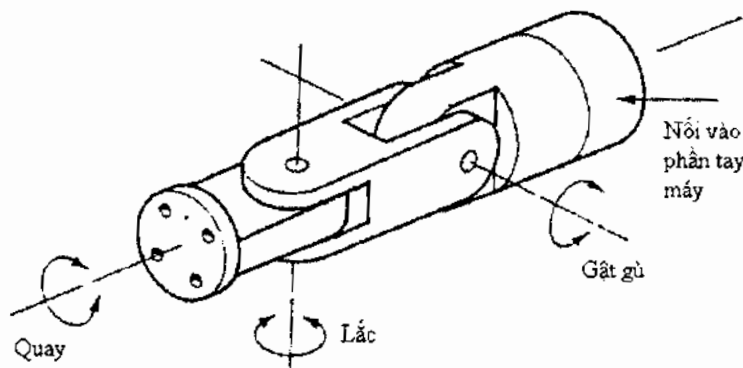
Mỗi rôbot thường có một đế gắn cố định được gọi là thanh nối 0. Một rôbot  $n$  bậc tự do thông thường có  $n$  khớp đánh số từ  $1 \div n$  và  $n+1$  thanh nối đánh số từ  $0 \div n$ . Khớp  $i$  nối giữa thanh nối  $i+1$  và  $i$ . Thanh nối  $n$  được gọi là khâu tác động cuối.

Cấu tạo của một rôbot được chia làm hai phần chính: phần cánh tay và phần bàn tay. Phần cánh tay thường có 3 bậc tự do, phần bàn tay thường có 2 đến 3 bậc tự do. Phần cánh tay có nhiệm vụ định vị nhằm di chuyển khâu tác động cuối tới vị trí đặt trong không gian ba chiều. Sơ đồ cấu tạo của một cánh tay rôbot được



Hình 5.5 Mô hình cấu tạo cơ khí của một rôbot.

minh hoạ trên hình 5.5. Phần bàn tay làm nhiệm vụ định hướng, dùng để xoay chuyển hướng của khâu tác động cuối phù hợp với công nghệ yêu cầu, ví dụ như xoay bàn kẹp theo hướng nắm bắt một vật nào đó hoặc định hướng một súng hàn hay một tuốc nơ vít thực hiện một tác nghiệp cụ thể... Để xoay chuyển vật, phần bàn tay phải thực hiện được các động tác quay (Roll), lắc (Yaw), gập gù (Pitch) với 3 bậc tự do. Cấu tạo cơ bản của một bàn tay như vậy được thể hiện trên hình 5.6.

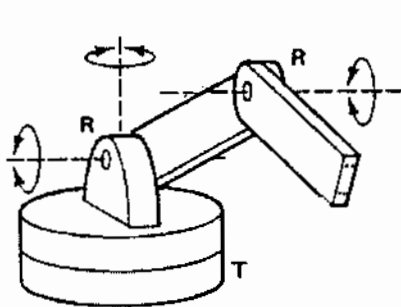


Hình 5.6 Cấu tạo một bàn tay máy.

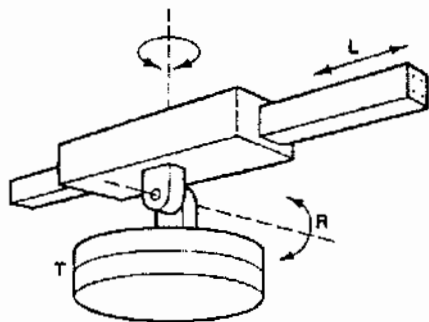
Với cấu tạo như vậy rôbot có thể đưa đầu cuối bàn tay của nó đến nhiều điểm trong không gian theo hướng mong muốn, tại đó nó sẽ thực hiện một công việc nào đó. Tập hợp tất cả các điểm mà tay máy có thể chạm đến gọi là **không gian làm việc** của rôbot.

Với năm loại khớp đã mô tả ở trên có  $5^3 = 125$  tổ hợp các khớp có thể sử dụng để thiết kế phần cánh tay máy với ba bậc tự do. Một số tay máy điển hình trong công nghiệp được minh hoạ trên các hình 5.7 ÷ 5.11. Người ta ký hiệu dạng của rôbot theo các chữ cái ký hiệu các khớp liên tiếp.

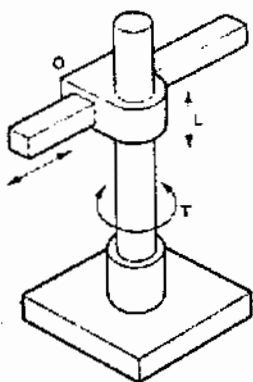
1. Dạng hệ tọa độ cực với ký hiệu TRL (bao gồm 3 khớp: T khớp xoắn; R khớp quay, L khớp tuyến tính).
2. Dạng hình trụ, TLO (T khớp xoắn; L khớp tuyến tính; O khớp vuông).
3. Dạng tọa độ vuông góc, LOO hoặc OLO.
4. Dạng tay gắn vào thân, có thể là TRR hoặc VVR.
5. Dạng SCARA, có thể là TRR hoặc VRO.



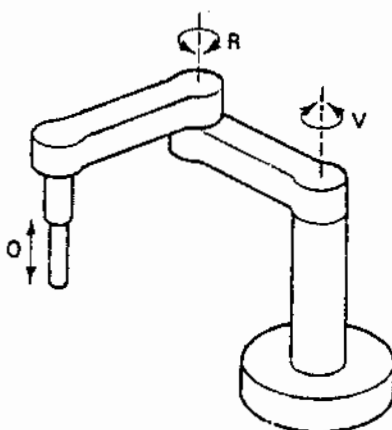
Hình 5.7 Dạng hệ tọa độ cực (TRL).



Hình 5.8 Dạng tay gắn vào thân (TRR).



Hình 5.8 Dạng hình trụ (TLO).



Hình 5.10 Dạng SCARA (VRO).

## 5.2.2 Các thông số đặc trưng của hệ thống rôbot

Hệ thống điều khiển rôbot cũng được đặc trưng bởi các khái niệm về độ phân giải, độ chính xác và độ lặp lại như đối với NC (các khái niệm này đã được đề cập đến trong phần 4.1.3 ở trên).

**Độ phân giải** đặc trưng bởi khoảng cách nhỏ nhất có thể biểu diễn được trên toàn bộ dải chuyển động của một khớp:

$$CR = (\text{dài chuyển động})/2^n \quad (5.1)$$

Trong đó  $n$  là số bit để biểu diễn một số trong hệ thống điều khiển. Tuy nhiên đây mới chỉ là độ phân giải cho một khớp của rôbốt. Đối với rôbốt người ta đưa ra khái niệm về độ phân giải không gian. Khái niệm này kết hợp độ phân giải của hệ thống điều khiển với sai số do hệ thống cơ khí gây ra trên các khớp và các mối liên kết. Nói chung sai số cơ khí tuân theo phân bố xác suất chuẩn và người ta xác định độ phân giải không gian, ký hiệu là  $SR$ , như sau:

$$SR = CR + 6. (\text{độ lệch chuẩn của phân bố sai số cơ khí}) \quad (5.2)$$

**Độ chính xác** đặc trưng cho khả năng của rôbốt điều chỉnh điểm cuối của tay máy đến một điểm bất kỳ trong không gian hoạt động của nó.

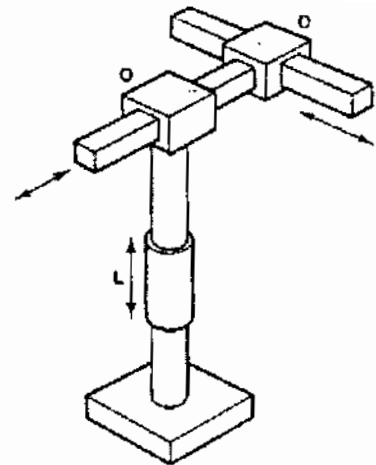
$$\text{Độ chính xác} = CR/2 + 3. (\text{độ lệch chuẩn của phân bố sai số cơ khí}) \quad (5.3)$$

Độ chính xác liên quan đến **độ phân giải không gian** được xác định là:

$$\text{Độ chính xác} = SR/2 \quad (5.4)$$

**Độ lặp lại** đặc trưng cho khả năng của rôbốt đưa đầu cuối bàn tay của nó chạm vào một điểm theo chương trình định sẵn. Mỗi lần rôbốt định chạm vào một điểm đã được lập trình trước đó, nó sẽ chỉ chạm được vào gần đó do hệ thống cơ khí có sai số. Do đó độ lặp lại của rôbốt được xác định bằng:

$$\text{Độ lặp lại} = (+/-) 3. (\text{độ lệch chuẩn của phân bố sai số cơ khí}) \quad (5.5)$$



Hình 5.11 Dạng hệ tọa độ vuông góc (LOO).

### 5.2.3 Các hệ thống truyền động rôbốt

Các khớp có thể thực hiện các chuyển động nhờ vào các cơ cấu chấp hành được truyền động bởi các hệ truyền động khác nhau như truyền động điện, thủy lực, khí nén. Các hệ truyền động điện cho khả năng về điều khiển linh hoạt tốt hơn cả và dễ dàng phối hợp với máy tính trong hệ thống điều khiển. Các hệ truyền động thủy lực có tốc độ cao hơn và công suất cũng lớn

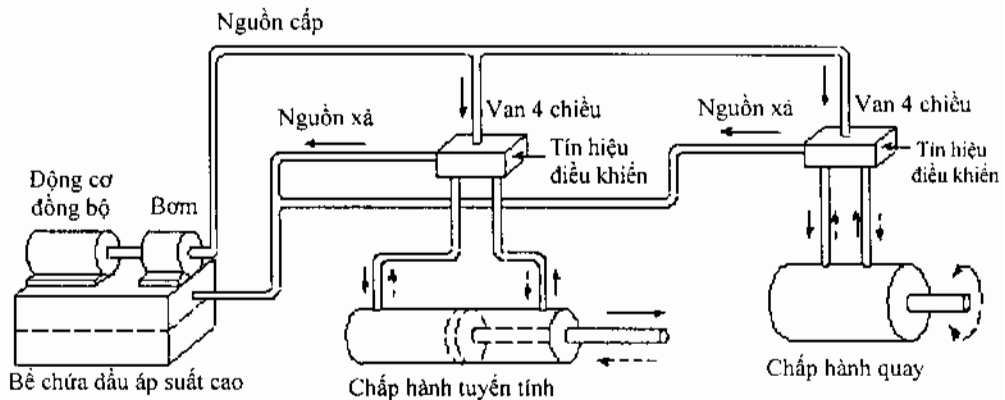
hơn. Các hệ khí nén chỉ được dùng cho công suất nhỏ và cho các ứng dụng đơn giản như trong các cơ cấu vận chuyển, bàn kẹp.

### 1. Truyền động thủy lực

Một hệ thống truyền động thủy lực cơ sở được mô tả trên hình 5.12. Bơm sẽ đưa dầu áp suất cao từ bể chứa vào xilanh, van bốn chiều điều khiển dòng chảy của dầu áp suất cao, một hoặc nhiều cơ cấu chấp hành trợ giúp để tạo được chuyển động mong muốn. Có hai loại chấp hành thủy lực là tuyến tính và quay. Trong động cơ thủy lực tuyến tính, dầu áp suất cao được bơm vào một ngăn của xilanh gây ra chuyển động của piston. Khi dầu được bơm trở về bể chứa, sẽ gây ra chuyển động ngược lại của piston.

Ưu điểm của các chấp hành thủy lực là công suất lớn và cho phép chịu được tải lớn.

Tuy nhiên các chấp hành thủy lực có các nhược điểm như sau:



Hình 5.12 Cấu tạo của hệ thống truyền động thủy lực.

- Hiện tượng rò rỉ dầu gây ảnh hưởng tới môi trường.
- Có thể gây cháy khi ứng dụng cho hàn hồ quang.
- Cần nhiều cơ cấu phụ trợ.
- Độ ồn lớn.
- Phải kiểm tra chất lượng dầu thường xuyên.

### 2. Truyền động khí nén

Nguyên lý làm việc của cơ cấu khí nén tương tự như cơ cấu thủy lực nhưng dầu áp suất cao được thay bằng khí nén. Cơ cấu khí nén cũng chia

làm hai loại tuyến tính và quay. Cơ cấu khí nén được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng của rôbot nhờ các ưu điểm sau:

- Nguồn khí nén sẵn có.
- Giá thành cơ cấu khí nén thấp.
- Không làm ảnh hưởng đến môi trường.
- Chuyển động nhanh.

Nhược điểm của cơ cấu khí nén là khó áp dụng luật điều khiển phản hồi.

### 3. Truyền động điện

Hệ thống truyền động điện bao gồm nguồn điện và động cơ điện. Các động cơ điện thông thường trong rôbot là động cơ điện một chiều, động cơ đồng bộ hoặc động cơ bước. Hệ thống truyền động điện thường được chia làm hai loại: truyền động trực tiếp và gián tiếp qua bộ truyền động cơ khí. Động cơ điện sẽ cung cấp mômen cần thiết để định vị góc quay chính xác cho các khớp trực tiếp hoặc gián tiếp thông qua bộ truyền động cơ khí như các hệ thống puli và đai truyền, các hộp giảm tốc và các hệ thống truyền động điều hoà. Truyền động trực tiếp được sử dụng trong rôbot SCARA, các động cơ được gắn trên khớp và truyền động trực tiếp cho khớp. Ưu điểm của động cơ điện là các hệ thống truyền động trực tiếp cho chuyển động nhanh và chính xác và dễ dàng thực hiện luật điều khiển phản hồi. Do đó đây là loại cơ cấu chấp hành phổ biến nhất trong các hệ thống rôbot.

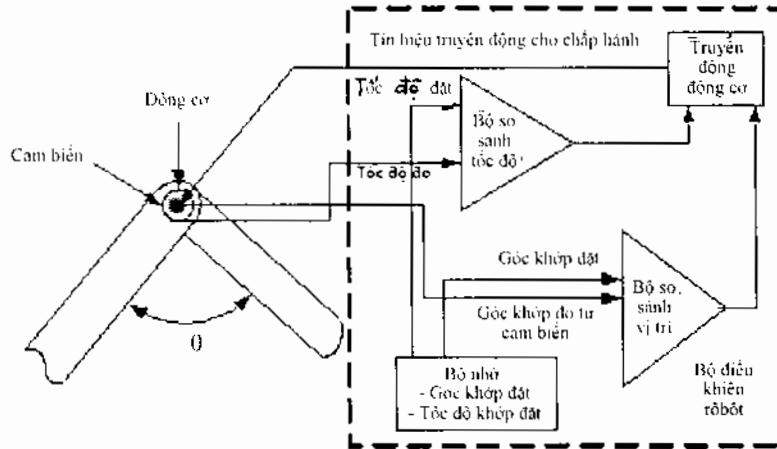
## 5.2.4 Hệ thống điều khiển chuyển động (Motion Control)

Chức năng của các bộ điều khiển trong hệ thống là đảm bảo cho rôbot chuyển động theo đúng quỹ đạo mong muốn được đặt trước. Bộ điều khiển có thể được thiết kế từ các vi xử lý, các vi điều khiển, bộ điều khiển logic khả trình PLC hoặc máy tính. Dựa vào hệ thống có hay không sử dụng các tín hiệu phản hồi thông báo thông tin về trạng thái hiện tại của rôbot, có thể phân chia các hệ thống điều khiển thành hệ thống mạch kín và hệ thống mạch hở.

### a. Các hệ thống mạch kín

Hình 5.13 minh họa một sơ đồ đơn giản của hệ thống điều khiển mạch kín với hai cảm biến đo vị trí góc và tốc độ góc. Bài toán điều khiển trong không gian khớp được đề cập ở đây.



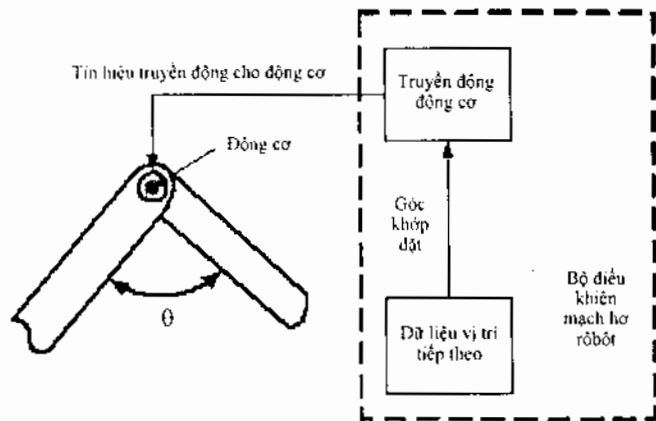


Hình 5.13 Hệ thống điều khiển chuyển động có phản hồi.

Vị trí khớp và tốc độ khớp được so sánh với các tín hiệu đặt tương ứng. Các sai số này sẽ được sử dụng để tổng hợp tín hiệu điều khiển theo thuật toán phù hợp.

### b. Hệ thống mạch hở

Hệ thống này không có cảm biến gắn trên khớp; rõ ràng bộ điều khiển không biết vị trí của tay máy trong quá trình chuyển động. Tuy nhiên trên mỗi trục có gắn với một công tắc hành trình, khớp sẽ ngừng chuyển động khi nó chạm phải công tắc này hoặc bộ truyền động động cơ ngắt tín hiệu điều khiển sau một khoảng thời gian định trước. Hình 5.14 minh họa một hệ thống mạch hở điều khiển chuyển động của rôbôt.

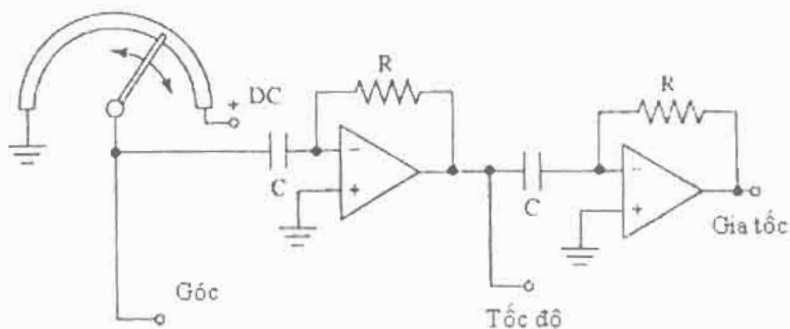


Hình 5.14 Hệ thống điều khiển chuyển động mạch hở.

## 5.2.5 Cảm biến

Các cảm biến trong hệ thống rôbot có thể chia làm hai loại:

- Cảm biến ngoại tuyến tăng khả năng nhận thức cho rôbot về môi trường xung quanh.
- Cảm biến nội tuyến cung cấp các thông tin về đặc tính của bản thân rôbot.



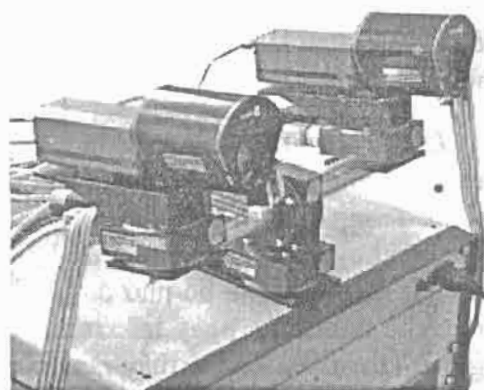
Hình 5.15 Sử dụng chiết áp quay để đo vị trí, tốc độ và gia tốc góc

a. **Cảm biến nội tuyến.** Gắn trực tiếp trên trục khớp hoặc động cơ, thường là các encoder, chiết áp đo vị trí, tốc độ khớp hoặc các cảm biến lực.

Hình 5.15 minh họa một cảm biến dạng liên tục đơn giản sử dụng chiết áp thường gắn trên trục động cơ. Tốc độ góc và gia tốc góc có thể nhận được bằng các mạch vi phân bậc nhất và bậc hai tương ứng.

b. **Cảm biến ngoại tuyến:** cung cấp các thông tin về đối tượng hoặc môi trường tương tác. Các cảm biến ngoại tuyến có chức năng như các giác quan chính của con người.

c. **Cảm biến hình ảnh:** Camera có cấu tạo bao gồm thấu kính, tế bào quang học, màng chắn. Các tín hiệu về ánh sáng sẽ được chuyển thành tín hiệu điện. Hình 5.16 giới thiệu hệ thống cảm



Hình 5.16 Camera dùng cho rôbot.

biển hình ảnh bằng camera thường lắp đặt trên các hệ thống rôbốt hoặc được gắn cố định trong phân xưởng.

d. *Cảm biến xúc giác (Glove)* có cấu tạo như da người, làm bằng các vật liệu áp điện, biến các tín hiệu áp suất thành các tín hiệu điện.

e. *Cảm biến thính giác (Micro phone)* chuyển các âm thanh trong không gian thành tín hiệu điện.

Ngoài ra còn có cảm biến về mùi vị, cảm biến nhiệt độ cao bằng tia hồng ngoại, cảm biến khoảng cách bằng phát siêu âm.

### 5.3 Lập trình cho rôbốt

Rôbốt chỉ có thể làm việc được theo các chương trình định sẵn. Chương trình xác định quỹ đạo chuyển động của tay máy trong không gian và các công việc phải thực hiện trong một chu trình hoạt động.

Rôbốt có thể lập trình được theo các phương pháp sau đây:

1. *Lập trình bằng tay.*
2. *Lập trình kiểu làm mẫu.*
3. *Lập trình bằng ngôn ngữ lập trình.*
4. *Lập trình kiểu off-line.*

*Lập trình bằng tay* được áp dụng cho các chu trình đơn giản, trong đó người ta bật tắt một số công tắc hành trình để giới hạn các chuyển động. Trình tự hoạt động sẽ do các cơ cấu trình tự đảm nhiệm, ví dụ như các cơ cấu cam hoặc các tiếp điểm cơ khí được nối liên động với nhau. Nói chung đây không phải là lập trình như đối với máy tính và ta không phải dùng đến một ngôn ngữ nào.

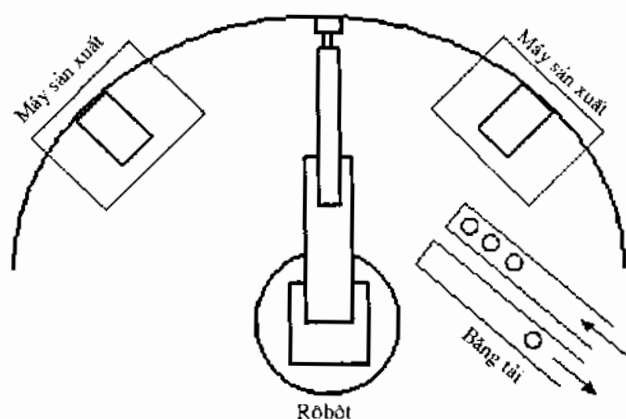
*Lập trình kiểu làm mẫu* là cách mà người vận hành di chuyển cơ cấu tay máy bằng tay hoặc bằng các nút điều khiển theo các chuyển động mong muốn. Trong quá trình di chuyển bộ điều khiển được đặt trong chế độ ghi và toàn bộ chuyển động sẽ được lưu lại vào trong bộ nhớ. Sau đó rôbốt sẽ thực hiện lại những gì mà bộ nhớ đã ghi lại được. Phương pháp này có ưu điểm là có thể thực hiện ngay tại xưởng và kết hợp với độ thông minh của con người. Tuy nhiên có thể thấy rằng công việc này mất nhiều thời gian và gây dừng máy mỗi khi cần thay đổi chương trình. Ngoài ra việc dùng một số nút điều khiển không thể phát huy được hết khả năng của rôbốt, ví dụ như khai thác hết độ chính xác của các sensor.

**Các ngôn ngữ lập trình** đưa ra những khả năng to lớn hơn nhiều so với phương pháp làm mẫu. Bằng chương trình người ta có thể thực hiện các chuyển động một cách hết sức chính xác, khai thác hết khả năng của các sensor. Chương trình cũng cho phép thực hiện các tính toán cần thiết, thực hiện các trình tự một cách hiệu quả nhất. Ngoài ra các chương trình có thể được trao đổi với các hệ thống khác được điều khiển bằng máy tính.

**Lập trình kiểu off-line** thực sự là một phương pháp lập trình tiên tiến nhất. Các hệ thống lập trình off-line sử dụng khả năng mô phỏng bằng đồ họa trên các hệ thống CAD/CAM. Các quá trình hoạt động sẽ được mô tả một cách kỹ lưỡng bằng mô phỏng và có thể không cần liên quan trực tiếp đến một rôbốt cụ thể nào. Với hệ thống thư viện các chu trình mẫu trong một môi trường phát triển tích hợp các ứng dụng trên rôbốt sẽ được thực hiện một cách nhanh chóng. Dĩ nhiên đây là các hệ thống đắt tiền và đòi hỏi các chuyên gia có trình độ cao.

## 5.4 Các lĩnh vực ứng dụng của rôbốt công nghiệp

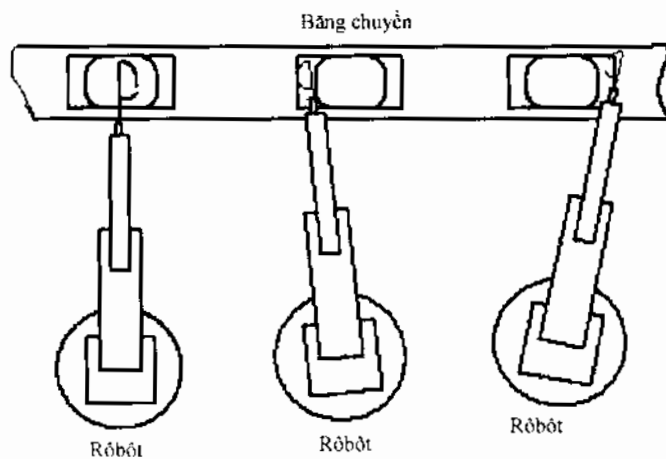
### 5.4.1 Bố trí mặt bằng cho rôbốt hoạt động



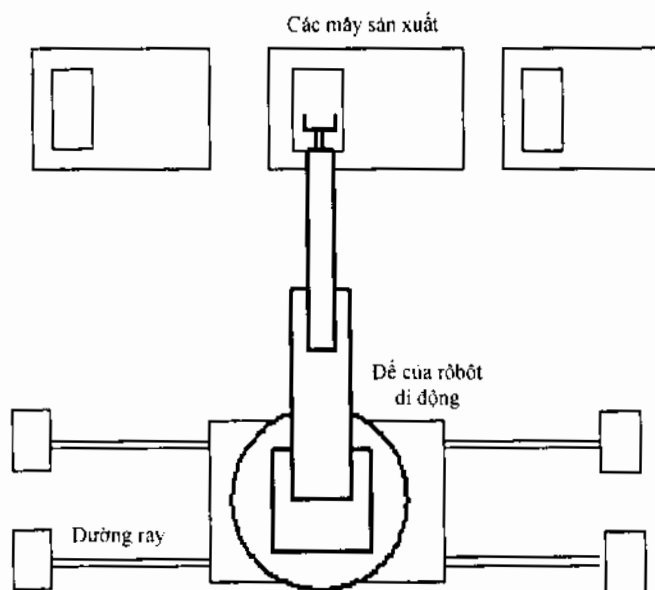
Hình 5.17 Rôbốt ở trung tâm.

Ứng dụng của rôbốt công nghiệp thường gắn liền với một số thiết bị phần cứng trong một phân xưởng sản xuất như băng tải, máy công cụ, đồ gá... Trong một số ứng dụng đặc biệt, các rôbốt được tích hợp với nhau trong dây chuyền sản xuất. Điều quan trọng là sắp xếp tất cả các thiết bị và rôbốt này một cách tối ưu. Có ba dạng sắp xếp cơ bản trong phân xưởng như

sau: Rôbôt nằm ở trung tâm (hình 5.17), dọc theo phân xưởng (hình 5.18), di động trong phân xưởng (hình 5.19).



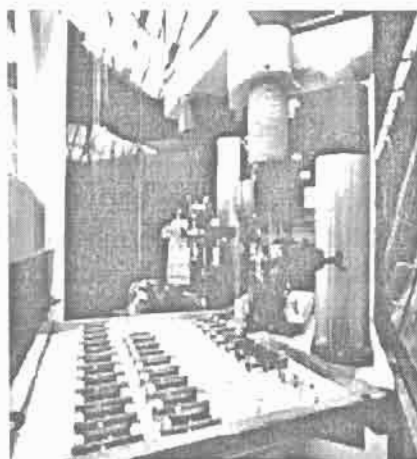
Hình 5.18 Rôbôt nằm dọc theo phân xưởng.



Hình 5.19 Rôbôt di động trong phân xưởng.

## 5.4.2 Các ứng dụng của rôbôt trong sản xuất

Trong những thập kỷ vừa qua, các ứng dụng của rôbôt trong công nghiệp được chứng minh là thích hợp, mang lại lợi ích về kinh tế. Theo thống kê, có khoảng 30% rôbôt trên thế giới hoạt động trong ngành công nghệ xe hơi. Nhìn chung, rôbôt có thể nâng các vật nặng, làm việc với các nguyên vật liệu không an toàn, các hoạt động nguy hiểm hoặc môi trường không thích hợp với con người hoặc những công việc nhàm chán lặp đi lặp lại. Trong phần này, một số ứng dụng cơ bản của rôbôt trong công nghiệp sẽ được giới thiệu.



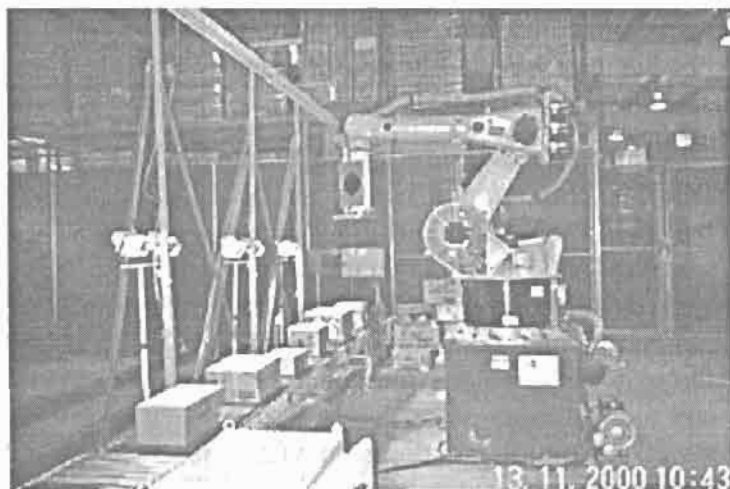
Hình 5.20 Rôbôt nạp tài cho máy hàn.

### *Di chuyển chi tiết (Pick-and-Place).*

Quá trình nhắc một chi tiết từ một vị trí và di chuyển nó tới một vị trí khác là ứng dụng cơ bản nhất của rôbôt, ví dụ như đặt các chi tiết vào băng chuyền hoặc lấy chúng ra từ một vị trí chuẩn. Các rôbôt thông thường ngày nay có thể vận chuyển được các vật dễ vỡ với tốc độ và độ chính xác cao. Ngoài ra nó còn thể thao tác với các vật có nhiệt độ cao hoặc thấp và những vật có kích thước và khối lượng lớn.

### *Nạp/ dỡ tài.*

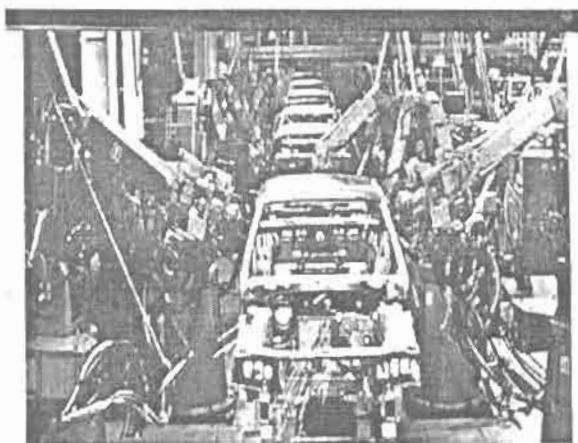
Các rôbôt có thể hoạt động hợp tác với các máy CNC trong các trung tâm gia công. Rôbôt có thể nạp tài hoặc nhả tài từ các quá trình đúc, đóng mác, ủ... Các công đoạn này thông thường không thích hợp với sự tham gia của con người do nhiệt độ cao,



Hình 5.21 Rôbôt nạp, dỡ tài.

nóng, bụi và môi trường ô nhiễm. Hình 5.20 mô tả hoạt động nạp chi tiết vào vùng làm việc của máy hàn. Hình 5.21 mô tả một rôbot di chuyển các hộp xếp trên băng tải.

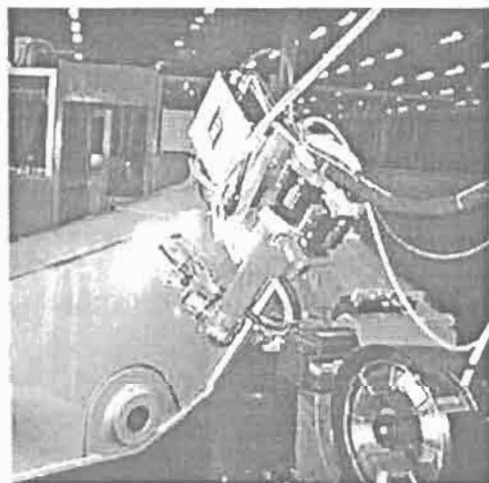
*Đúc nhiệt luyện.* Đúc nhiệt luyện liên quan đến quá trình bơm các kim loại nóng chảy vào khuôn. Sau khi kim loại đã đông lại, khuôn mở và chi tiết được lấy ra. Nhiệm vụ của rôbot là lấy chi tiết ra khỏi khuôn và thả nó vào chất lỏng làm mát. Rôbot chuyển chi tiết đã làm lạnh tới bộ phận gia công để loại bỏ phần ba vìa và sau đó chuyển nó tới băng chuyền để đưa tới các phân xưởng gia công khác



Industry 4.0 - 2025 Spot Welding Robot © Cooper Power Assembly, Inc.

Hình 5.22 Rôbot hàn trong dây chuyền sản xuất ô tô.

*Hàn.* Nhóm ứng dụng lớn thứ ba của rôbot là trong công nghệ hàn bao gồm hàn đường và hàn điểm. Hàn điểm thường được sử dụng trong ngành công nghệ xe hơi để hàn thân và các phần khác với nhau. Rôbot dùng cho hàn điểm cần lập lại hoạt động tại các điểm chính xác (hình 5.22). Hàn đường (hàn hồ quang) sử dụng rôbot phức tạp hơn và thường đòi hỏi kết hợp với các hệ thống quan sát Camera (hình 5.23)..



Hình 5.23 Rôbot hàn đường.

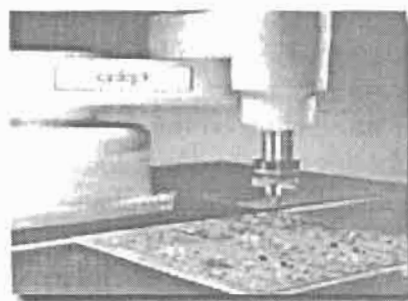
*Phun sơn.* Ứng dụng liên quan đến việc phun và phủ bảo vệ lên bề mặt chi tiết. Vòi phun thường được gắn với cơ cấu cổ tay của rôbot. Quỹ đạo thường được lập trình và ghi lại qua hoạt động của một người thợ giàu kinh nghiệm. ứng dụng này của rôbot đưa tới sự an toàn và sức khoẻ cho người lao động do vùng phun sơn thường độc hại và dễ gây cháy nổ. Hình 5.24 mô tả một rôbot

đang thực hiện hoạt động phun sơn.

*Các hoạt động gia công.* Các rôbôt có khả năng hoạt động với độ tin cậy cao trong các hoạt động gia công như khoan, phay, mài, đánh bóng, tán rivê...

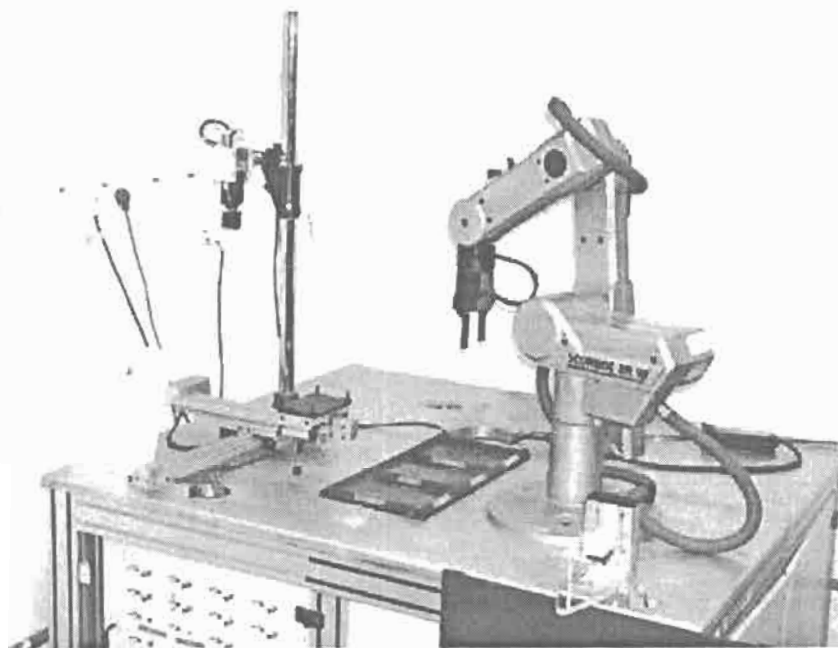


*Hình 5.24 Rôbôt phun sơn.*



*Hình 5.25 Rôbôt lắp ráp.*

*Lắp ráp.* Trong những năm gần đây ngày càng nhiều rôbôt được đưa vào các ứng dụng lắp ráp. Những rôbôt này thường nhỏ và thường được thiết kế để di chuyển các chi tiết nhỏ với độ chính xác và tốc độ cao. Hình



*Hình 5.26 Rôbôt trong phân xưởng lắp ráp và kiểm tra sản phẩm.*



5.25 mô tả rôbôt đang hoạt động trong phân xưởng lắp ráp các linh kiện điện tử.

*Kiểm tra.* Các nhà máy sản xuất sử dụng rôbôt thường có yêu cầu về chất lượng sản phẩm cao. Các rôbôt có thể tham gia vào việc kiểm tra dung sai, định vị, gá và lỗi. Hệ thống kiểm tra bao gồm hai hệ con, một hệ sẽ quét các dữ liệu thu thập, hệ con thứ hai sẽ phân tích và biểu diễn dữ liệu dưới dạng thích hợp. Hệ thống kiểm tra thường được đặt trên khâu tác động cuối của rôbôt và rôbôt được lập trình để di chuyển các khối cảm biến dọc theo chi tiết. Chúng cũng có thể được đặt trong phân xưởng và kiểm tra các chi tiết khi chi tiết chuyển động dọc theo hệ thống băng chuyền. Hình 5.26 mô tả hoạt động của rôbôt trong phân xưởng lắp ráp và kiểm tra sản phẩm.

Các ứng dụng của rôbôt trong các hoạt động công nghiệp ngày càng được mở rộng hơn và được phát triển trong các lĩnh vực khai thác, thăm dò, thám hiểm hành tinh, phẫu thuật, dịch vụ...

## **6 HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN VÀ LƯU GIỮ**

### **6.1 Vai trò của hệ thống vận chuyển và lưu giữ**

Vận chuyển và lưu giữ là một trong năm chức năng cơ bản trong hoạt động sản xuất. Các vấn đề liên quan đến vận chuyển và lưu giữ được đặt ra đối với hệ thống kho tàng, bến bãi, hệ thống phân phối, hệ thống bán lẻ, các hệ thống dịch vụ, cũng như đối với các hoạt động trong nhà máy. Ở đây chúng ta sẽ chỉ quan tâm đến vấn đề vận chuyển và lưu giữ trong hoạt động sản xuất.

Vận chuyển nguyên vật liệu có vai trò rất quan trọng trong tự động hóa. Chi phí cho các hoạt động vận chuyển có thể chiếm đến hai phần ba trong toàn bộ chi phí sản xuất. Hiệu quả của hệ thống vận chuyển cũng có tác dụng quyết định đến năng suất, tức là làm giảm thời gian gia công nói chung.

Chức năng chính của hoạt động vận chuyển trong nhà máy là vận chuyển nguyên vật liệu, sản phẩm dở dang, các chi tiết đã gia công xong, các công cụ cần thiết cũng như các bán thành phẩm từ bộ phận này sang bộ phận khác. Các quá trình vận chuyển phải diễn ra an toàn, đúng thời gian, chính xác, không làm hỏng sản phẩm và dĩ nhiên, với chi phí thấp nhất.

### **6.2 Phân tích hệ thống vận chuyển**

Để hoạch định một hệ thống vận chuyển trước hết ta cần phân tích các loại vật liệu cần vận chuyển. Mặc dù các chủng loại vật liệu cần vận chuyển rất khác nhau, tùy theo từng nhà máy và tùy theo từng công nghệ sản xuất, có một số yếu tố chi liên quan đến quá trình di chuyển và các điều kiện lưu giữ, đó là:

- Số lượng vật liệu cần di chuyển.
- Năng suất hay dòng vật liệu phải di chuyển.
- Lịch trình vận chuyển.
- Hệ thống đường đi, các khoảng cách cần di chuyển.
- Một số yếu tố khác.

Về mặt phương pháp có thể sử dụng các loại bảng biểu hoặc các dạng đồ thị để mô tả trực quan hệ thống vận chuyển. Một trong các phương pháp

để hiển thị dòng sản phẩm cần di chuyển là phương pháp dùng bảng gốc-đích, như ví dụ cho trong bảng 6.1, 6.2.

Gốc	Đích				
	1	2	3	4	5
1	0	9	5	6	0
2	0	0	0	0	9
3	0	0	0	2	3
4	0	0	0	0	8
5	0	0	0	0	0

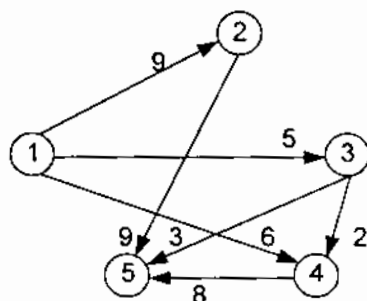
*Bảng 6.1 Bảng gốc - đích thể hiện số lần phải vận chuyển giữa các điểm.*

Gốc	Đích				
	1	2	3	4	5
1	0	200	400	700	NA
2	NA	0	NA	NA	300
3	NA	NA	0	300	600
4	NA	NA	NA	0	300
5	100	NA	NA	NA	0

*Bảng 6.2 Bảng gốc - đích thể hiện khoảng cách giữa các điểm.*

Trong bảng gốc-đích cột phía bên trái thể hiện điểm gốc, từ đó các lần vận chuyển xuất phát. Hàng trên thứ hai thể hiện đích là nơi các lần vận chuyển đến. Bảng 6.1 thể hiện số lần cần vận chuyển giữa các điểm, bảng 6.2 thể hiện khoảng cách giữa các điểm.

Một phương pháp tương tự để mô tả vấn đề vận chuyển là dùng đồ thị có hướng, ví dụ như trên hình 6.1. Trên đồ thị các nốt có đánh số chỉ các điểm. Mũi tên nối các điểm có giá trị là các lần cần vận chuyển. Đồ thị trên hình 6.2 mô tả bài toán trong bảng 6.1.



Hình 6.1 Đồ thị có hướng mô tả bài toán vận chuyển.

Từ cách mô tả vấn đề vận chuyển trên đây ta có thể xác định một số đại lượng. Trước hết đó là thông lượng vận chuyển. Thông lượng vận chuyển đặc trưng cho số lượng cần vận chuyển trong một đơn vị thời gian, ví dụ cái/giờ, tấn/giờ, ..., tùy thuộc cần vận chuyển cái gì. Ký hiệu thông lượng vận chuyển là  $R_f$ , khoảng cách cần di chuyển là  $L_d$ , tích của hai đại lượng này gọi là lượng vận chuyển, ký hiệu là  $TW$ . Như vậy:

$$TW = R_f L_d \quad (6.1)$$

Thông lượng vận chuyển có thể khác nhau từ điểm nọ đến điểm kia. Tổng số tất cả các lượng vận chuyển giữa các điểm gọi là tổng lượng vận chuyển,  $TTW$ .

$$TTW = \sum R_f L_d \quad (6.2)$$

**Ví dụ 6.1** Trong bài toán trên đây có thể tính toán tổng lượng vận chuyển như sau:

$$TTW = 9.200 + 5.400 + 6.700 + 2.300 + 9.300 + 3.600 + 8.300 = 15500 \text{ cái.m/h.}$$

Tổng lượng vận chuyển thể hiện tổng số công việc mà hệ thống vận chuyển phải thực hiện. Do các tổn thất về thời gian và kém hiệu quả trong vận hành hệ thống vận chuyển phải thiết kế để có một năng lực vận chuyển lớn hơn  $TTW$ .

Hiệu suất của một hệ thống vận chuyển có thể được xác định như sau:

$$E_h = \frac{L_d / V_c}{L_d / V_c + T_h + L_e / V_c} F_t, \quad (6.3)$$

trong đó

$L_d$ : khoảng cách cần di chuyển có tải;

$V_c$ : tốc độ của cơ cấu di chuyển;

$L_e$ : quãng đường trở về không mang tải;

$T_h$ : thời gian nạp tải và dỡ tải;

$F_r$ : hệ số giao thông, thể hiện các mức độ ảnh hưởng đến quá trình vận chuyển;

$E_h$ : hiệu suất của toàn hệ thống.

Do hiệu suất của toàn hệ thống nói chung không thể là 100% nên năng lực vận chuyển phải là:

$$\text{Năng lực vận chuyển} = TW / E_h \quad (6.4)$$

### 6.3 Các nguyên lý cơ bản của hệ thống vận chuyển

Để đảm bảo tính hiệu quả các hệ thống vận chuyển phải được thiết kế tuân theo một số nguyên lý cơ bản. Có thể liệt kê ra đây các nguyên lý này như sau:

- Đơn vị tải. Theo nguyên lý này các vật liệu cần di chuyển phải được ghép lại theo một đơn vị lớn hơn, gọi là đơn vị tải. Ví dụ, vật liệu thường được di chuyển trong các thùng chứa hoặc các giá đỡ với kích cỡ chuẩn, để dành cho việc vận chuyển. Đơn vị tải càng lớn càng tốt.

- Tránh vận chuyển non tải.
- Vận chuyển theo quãng đường ngắn nhất.
- Vận chuyển theo đường thẳng.
- Vận chuyển theo cả hai chiều.

Trong các nguyên lý cơ bản trên đây quan trọng nhất là nguyên lý đơn vị tải. Có thể thấy được điều này qua (6.4) nếu gọi  $n_p$  là dung lượng của mỗi đơn vị tải, khi đó năng lực vận chuyển yêu cầu sẽ là:

$$\text{Năng lực vận chuyển yêu cầu} = TW / n_p E_h \quad (6.5)$$

### 6.4 Các loại hệ thống vận chuyển

Ở đây ta sẽ xét hai loại hệ thống vận chuyển thường được sử dụng, đó là:

- *Băng chuyền,*
- *Hệ thống xe tự hành.*

### 6.4.1 Các hệ thống băng chuyền

Hệ thống băng chuyền được sử dụng khi cần di chuyển một số lượng lớn vật liệu theo một quãng đường cố định, giữa các điểm cố định.

#### 1. Băng chuyền một hướng

Ta sẽ xét một mô hình băng chuyền đơn giản nhất như được mô tả trên hình 6.2.

Trên mô hình là một băng chuyền nối giữa một trạm nạp và một trạm dỡ, trên khoảng cách  $L_d$ . Thời gian để di chuyển trên băng là  $L_d/V_c$ . Năng suất của băng chuyền bị giới hạn bởi thời gian nạp tải lên băng  $T_L$ :

$$\frac{V_c}{s_c} \leq \frac{1}{T_L}, \quad (6.6)$$

trong đó  $s_c$  là khoảng cách giữa hai khoang mang tải (đơn vị tải). Thời gian dỡ tải,  $T_u$ , phải nhỏ hơn hoặc bằng thời gian nạp tải.

Nếu giả thiết rằng mỗi thùng tải mang được  $n_p$  chi tiết, khi đó năng suất của băng chuyền sẽ là:

$$R_f = \frac{n_p V_c}{s_c} \leq \frac{n_p}{T_L} \quad (6.7)$$

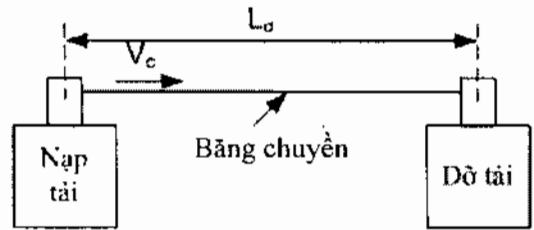
#### 2. Băng chuyền vòng kín

Băng chuyền vòng kín có mô hình như trên hình 6.3.

Giả sử đường đi có độ dài  $L_d$ , đường về có độ dài  $L_e$ . Tổng độ dài sẽ là  $L_d + L_e$ . Thời gian để di chuyển hết băng chuyền sẽ là  $L_d + L_e/V_c$ . Số lượng khoang trên băng tải sẽ là:

$$n_c = \frac{L_d + L_e}{s_c} \quad (6.8)$$

Tuy nhiên chỉ có các khoang trên đường đi là mang tải nên số lượng chi tiết trên băng tải sẽ là:



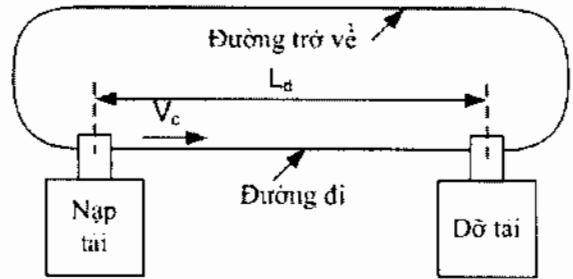
Hình 6.2 Mô hình băng chuyền một hướng.

$$n = \frac{n_p L_d}{s_c} = \frac{n_p n_c L_d}{L_d + L_e} \quad (6.9)$$

Vậy năng suất của băng chuyền sẽ là  $R_f = n_p V_c / s_c$ .

### 3. Băng chuyền vòng kín có đường hồi.

Trong mô hình băng chuyền vòng kín như trên hình 6.3 chi tiết được nạp ở một đầu và được dỡ ở một đầu khác. Trên đường về chỉ còn các khoang rỗng. Tuy nhiên chế độ hoạt động của băng chuyền loại này có thể được mở rộng để băng chuyền cũng thực hiện thêm chức năng như một bộ đệm, nghĩa là nó có thể di chuyển và cũng có thể là nơi chứa các chi tiết một cách tạm thời. Vấn đề có thể xảy ở đây là:



Hình 6.3 Băng chuyền vòng kín.

- Không có các khoang rỗng ở trạm nạp khi cần thiết.
- Không có các khoang đầy ở trạm dỡ khi cần thiết.

Để khắc phục tình trạng này người ta đề ra ba nguyên tắc sau đây:

1. **Nguyên tắc tốc độ.** Nguyên tắc tốc độ phát biểu rằng tốc độ của băng chuyền có đường hồi phải nằm trong một phạm vi cho phép. Tốc độ được coi là số khoang trong một đơn vị thời gian ( $V_c/s_c$ ), tốc độ này phải nhanh hơn tốc độ nạp hoặc tốc độ dỡ tải, tùy theo cái nào nhanh hơn. Giới hạn trên của tốc độ xác định bởi thời gian xếp dỡ tải, thường biểu thị bởi  $T_L, T_u$ .
2. **Nguyên tắc dung lượng.** Dung lượng của băng chuyền phải ít nhất bằng năng suất yêu cầu của băng chuyền. Dung lượng phải lớn hơn năng suất yêu cầu vì nó còn chứa một lượng dự trữ tạm thời và đảm bảo thời gian di chuyển giữa trạm nạp và trạm dỡ. Nếu  $L$  là tổng độ dài của băng chuyền thì dung lượng của băng phải ít nhất là:

$$\text{Dung lượng} = \frac{n_c n_p V_c}{L} = \frac{n_p V_c}{s_c}.$$

3. **Nguyên tắc phân bố đều.** Nguyên tắc này yêu cầu rằng tải phải được phân bố đều trên băng chuyền. Điều này nghĩa là không có phần nào của băng là rỗng trong khi các phần khác là đầy, điều này tránh cho các trạm nạp và trạm dỡ phải chờ quá lâu các khoang đầy và các khoang rỗng.

**Ví dụ 6.2** Một băng chuyền có đường hồi dài 500 m, tốc độ 100 m/phút, khoảng cách giữa các khoang là 25 m. Mỗi khoang chứa được 2 chi tiết. Một tay máy dùng để nạp và dỡ chi tiết tại các trạm tương ứng. Thời gian dỡ và nạp đều bằng 0,20 phút. Năng suất dỡ và nạp yêu cầu đều là 1 chi tiết/phút.

- Năng suất lớn nhất của băng chuyền là bao nhiêu?
- Băng chuyền có thể chứa được bao nhiêu chi tiết nếu mỗi khoang đều đầy?
- Thời gian di chuyển một vòng của băng?
- Đánh giá băng chuyền này theo ba nguyên tắc ở trên.

**Lời giải:**

- a. Năng suất lớn nhất của băng chuyền đạt được khi các khoang đều chứa đầy. Theo (6.7) ta có:

$$R_f = (2 \text{ chi tiết/khoang}) \cdot (100 \text{ m/phút}) \cdot (25 \text{ m/khoang}) = 8 \text{ chi tiết/phút.}$$

- b. Tổng số khoang =  $(500 \text{ m}) / (25 \text{ m/khoang}) = 20$  khoang. Nếu mỗi khoang đều chứa đầy số chi tiết sẽ là:  $20 \cdot 2 = 40$  chi tiết.
- c. Với tốc độ 100 m/phút thời gian di chuyển một vòng của băng là:  $500 \text{ m} / (100 \text{ m/phút}) = 5$  phút.
- d. Theo nguyên tắc tốc độ, hạn chế dưới của tốc độ xác định bởi tốc độ xếp, dỡ, theo yêu cầu là 1 chi tiết/phút. Giới hạn trên của tốc độ bị giới hạn bởi thời gian xếp, dỡ, 0,2 phút, tương đương với 5 khoang/phút. Tốc độ băng chuyền là  $V_c/s_c = 100 \text{ m} / (25 \text{ m/khoang}) = 4$  khoang/phút, nằm trong phạm vi cho phép.

Theo nguyên tắc dung lượng của băng xác định bởi năng suất yêu cầu theo phần (a) là 8 chi tiết/phút. Vì số này lớn hơn nhiều so với đầu ra yêu cầu là 1 chi tiết/phút nên nguyên tắc này thỏa mãn.

Nguyên tắc phân bố đều. Ta có thể phân bố chi tiết đều trên băng chuyền vì tốc độ xếp, dỡ bằng nhau và dung lượng của băng lớn hơn nhiều so với tốc độ đầu ra.



## 6.4.2 Hệ thống xe tự hành (Automated Guided Vehicle – AGV)

Xe tự hành là các xe tự di chuyển dọc theo các con đường định sẵn trong mặt bằng nhà máy. Các loại xe này thường sử dụng ắc quy, làm việc được trong 8 đến 16 giờ. Hệ thống đường định sẵn thường được dẫn lối bởi các dây kim loại chôn dưới sàn hoặc các vệt sơn phản quang trên mặt sàn. Xe sẽ tự di chuyển nhờ các sensor từ hoặc các sensor quang.

Xe tự hành có thể có các loại sau đây:

- Đoàn tàu không người lái.
- Xe tải các đế mang hàng chuẩn. Các vật liệu cần di chuyển được đưa lên các đế chuẩn, sau đó xe sẽ tự mang các đế chuẩn này đến vị trí dỡ hàng.
- Xe tải các thùng hàng chuẩn. Mỗi thùng hàng là một đơn vị vận chuyển.

Nói chung công nghệ xe tự hành còn đang tiếp tục phát triển và người ta sẽ còn chế tạo ra nhiều hệ thống xe tự hành khác nhau, phục vụ các yêu cầu khác nhau trong công nghiệp. Có thể tạm thời chỉ ra các lĩnh vực ứng dụng khác nhau của xe tự hành như sau:

1. Đoàn tàu không người lái dùng để vận chuyển một số lượng lớn vật liệu, trên những quãng đường tương đối dài.
2. Hệ thống phân phối và lưu giữ. Các xe tự hành loại mang đế chuẩn hoặc các thùng hàng kích thước chuẩn được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống phân phối và các nhà kho tự động.
3. Trong dây chuyền lắp ráp. Trong các dây chuyền lắp ráp thường cần di chuyển nhiều loại vật liệu khác nhau từ trạm này đến trạm khác, với tốc độ không cao lắm. Yêu cầu này rất phù hợp với AGV.
4. Trong các hệ thống sản xuất tự động hóa linh hoạt (FMS). Các xe tự hành ở đây cần di chuyển các vật liệu, chi tiết khác nhau, theo các con đường khác nhau, xác lập bởi các chương trình của hệ thống FMS.

Hệ thống điều khiển xe tự hành phải giải quyết các vấn đề sau đây:

1. Dẫn đường và chọn đường đi.
2. Điều khiển giao thông và đảm bảo an toàn.
3. Quản lý hệ thống.

Các xe tự hành được dẫn đường một cách tự động thông qua các sensor từ để phát hiện đường đi theo các sợi dây có dòng điện chạy qua đặt dưới sàn phân xưởng. Hệ thống dẫn đường cũng có thể là các sensor quang dò theo các vạch sơn phản quang trên mặt sàn. Các sensor quang có ưu điểm hơn các sensor từ trong các môi trường mà nhiễu điện từ trường rất mạnh. Việc chọn đường đi là vấn đề vạch ra đường đi giữa điểm đầu và điểm cuối của hành trình trong mặt bằng phân xưởng trong các phương án khác nhau. Có hai phương pháp chính để chọn đường đi. Thứ nhất là dùng tần số, theo đó các đoạn được vạch ra cho hành trình đều được cung cấp bởi một dòng điện có tần số nhất định. Đến mỗi chỗ rẽ xe sẽ tự tìm cho mình hướng đi theo tần số nhất định đặt trước mà sensor cảm ứng được. Phương pháp thứ hai giống như việc bê ghi cho đoàn tàu. Trên toàn bộ hành trình dây dẫn lõi sẽ có điện, còn tất cả các phần còn lại sẽ không có điện.

Trong vấn đề điều khiển giao thông quan trọng nhất là đảm bảo an toàn. Hệ thống phải được điều khiển sao cho các xe không được chạy lung tung trong phân xưởng mà chỉ được di chuyển khi có lệnh cho phép và theo đúng hành trình định sẵn. Xe cũng phải được điều khiển để có thể dừng chính xác tại địa điểm đặt ra. Để đảm bảo giao thông an toàn xe được trang bị các thiết bị cảm nhận an toàn và mặt bằng phân xưởng phải có những dấu hiệu cảnh báo những vùng cấm.

Quản lý hệ thống xe tự hành là một hệ thống phức tạp, bao gồm: thiết bị điều khiển trên xe, trạm điều hành từ xa và hệ thống máy tính điều khiển trung tâm. Vấn đề quản lý ở đây chính là điều một xe đến đúng nơi cần thiết, đúng thời điểm, một cách hiệu quả nhất. Hệ thống phải giải quyết nhiều bài toán tối ưu về đường đi, vạch kế hoạch điều động xe và lưu giữ các thông tin về quản lý.

### **Phân tích một hệ thống xe tự hành**

Nếu gọi  $V_c$  là vận tốc của xe, khi đó thời gian để một xe thực hiện một hành trình sẽ là:

$$T_v = \frac{L_d}{V_c} + T_h + \frac{L_e}{V_c}, \quad (6.10)$$

trong đó  $L_d$ : quãng đường để đi đến điểm dỡ tải;

$L_e$ : quãng đường trở về không tải;

$T_h$ : thời gian dành cho việc xếp và dỡ hàng.

Số lần một xe thực hiện công việc trong một giờ sẽ là nghịch đảo của  $T_v$ . Tuy nhiên trong hệ thống giao thông có nhiều yếu tố dẫn đến chậm trễ, ta tính đến các yếu tố này qua hệ số  $F_r$ , gọi là hệ số giao thông. Nói chung  $F_r$  bằng khoảng từ 0,85 đến 1.

$$\text{Số chuyến/giờ/một xe} = \frac{60F_r}{T_v} \text{ (chuyến/giờ)}. \quad (6.11)$$

Theo cách biểu diễn khác thông qua hiệu suất của hệ thống vận chuyển theo (6.3) thì (6.11) trở thành:

$$\text{Số chuyến/giờ/một xe} = \frac{60E_h}{L_d/V_c}. \quad (6.12)$$

$$\text{Tổng số xe yêu cầu} = (\text{số chuyến yêu cầu /giờ}) / (\text{Số chuyến/giờ/một xe}). \quad (6.13).$$

**Ví dụ 6.4** Xác định số lượng xe AGV yêu cầu và hiệu suất của hệ thống trong trường hợp sau đây: số chuyến xe yêu cầu là 40 chuyến /giờ.

Tốc độ xe = 150 m/phút,

Độ dài trung bình cho mỗi chuyến = 450 m,

Thời gian xếp tải = 45 s (0,75 phút),

Thời gian dỡ tải = 45 s (0,75 phút),

Quãng đường trung bình chạy không tải = 300 m,

Hệ số giao thông  $F_r = 0,90$ .

**Bài giải:**

$$\begin{aligned} \text{Thời gian cho một chuyến} &= 450/150 + 0,75 + 0,75 + 300/150 = \\ &= 6,5 \text{ (phút)}. \end{aligned}$$

$$\text{Số chuyến/giờ/một xe} = 60 \cdot 0,90 / 6,5 = 8,3077.$$

Số xe yêu cầu =  $40 / 8,3077 = 4,81$  (xe). Như vậy phải làm tròn thành 5 xe.

$$\text{Hiệu suất của hệ thống, theo (6.3), bằng} = 3,0 \cdot 0,90 / 6,5 = 0,4154.$$

Thử lại số chuyến theo công thức (6.12) =  $60 \cdot 0,4154 / 3,0 = 8,31$  (chuyến/giờ/xe).

## 6.5 Hệ thống nhà kho tự động

Hệ thống nhà kho tự động (Automated Storage/Retrieval System – AS/RS) được định nghĩa là một tổ hợp các thiết bị và hệ thống điều khiển dùng để vận chuyển, lưu giữ và xuất vật liệu ra một cách chính xác, nhanh và tự động.

Cấu trúc cơ bản của một nhà kho tự động cho trên hình 6.4. Trên hình vẽ có thể thấy nhà kho tự động bao gồm nhiều hành lang, dọc theo mỗi hành lang có một hay nhiều máy xếp, dỡ tự động. Hai bên hành lang theo chiều cao là các khoang chứa hàng. Đầu mỗi hành lang là trạm xếp, dỡ. Các trạm xếp, dỡ liên hệ với nhau theo hệ thống băng chuyền.

### Phân tích định lượng hệ thống nhà kho

Ở đây chỉ đưa ra một số phân tích định lượng đơn giản về hệ thống nhà kho liên quan đến dung lượng và chu kỳ thao tác hay năng suất của hệ thống này.

Giả sử  $n_v$  và  $n_h$  là số khoang chứa hàng theo chiều cao và theo chiều ngang trên một hành lang (theo hình 6.4). Nếu số khoang chứa hàng phân bố cả hai bên hành lang thì trên một hành lang số khoang chứa hàng là  $2.n_v.n_h$ .

Giả sử  $x$ ,  $y$  là kích thước của đơn vị tải được đưa vào các khoang chứa hàng. Kích thước của các khoang hàng phải lớn hơn kích thước của đơn vị tải, theo mỗi chiều tương ứng là 20 cm và 25 cm. Như vậy chiều cao của hành lang và chiều rộng của hành lang sẽ là:

$$H_s = n_v(y + 25 \text{ cm}),$$

$$L_s = n_h(x + 10 \text{ cm}).$$

Thời gian để xe xếp dỡ hàng thực hiện hết chuyển động theo chiều ngang và theo chiều cao tương ứng là:

$$t_h = L_s/V_h.$$

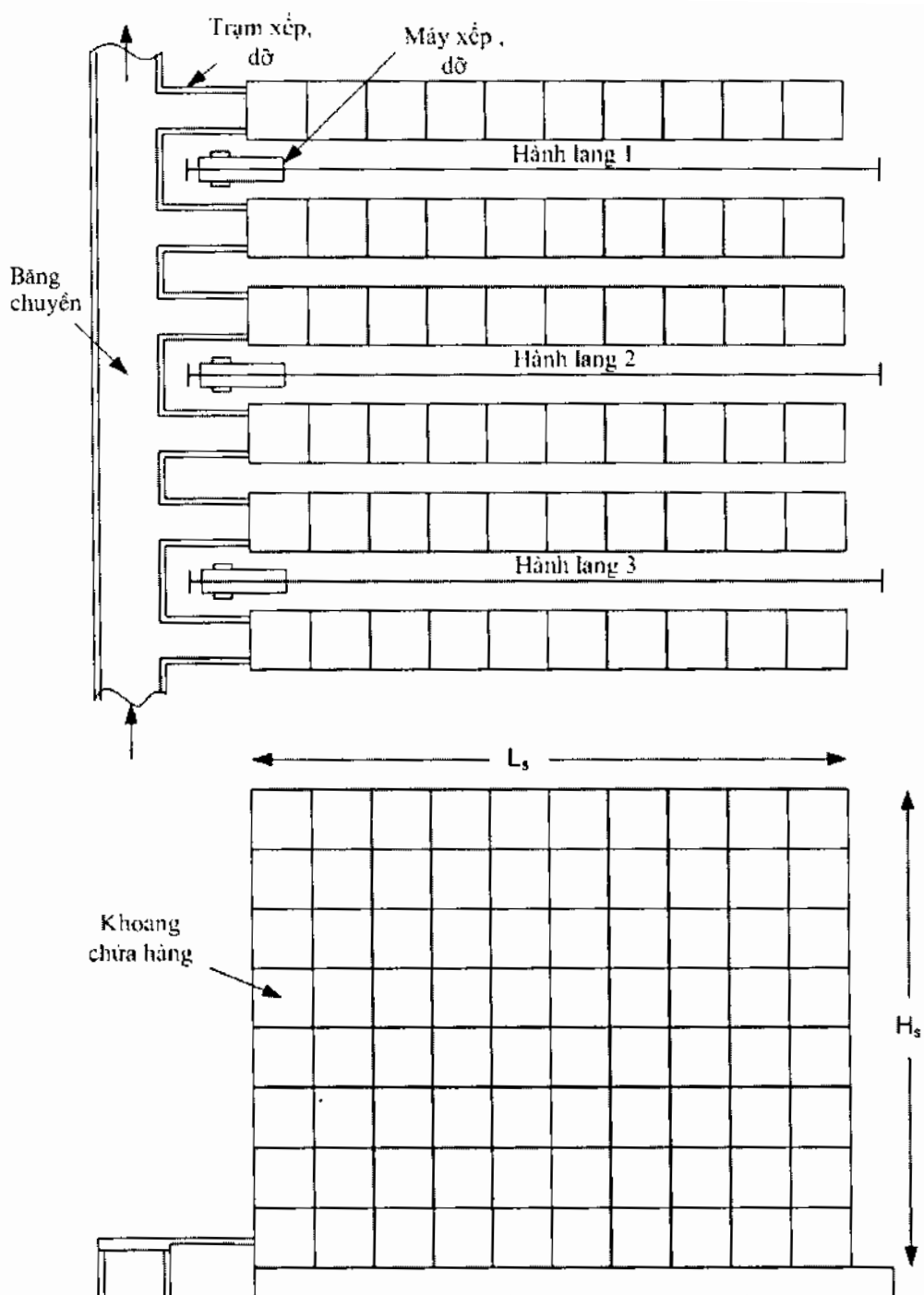
$$\text{Đặt: } T = \max(t_v, t_h),$$

$$Q = \min(t_h/T, t_v/T).$$

Với các ký hiệu này thời gian trung bình để thực hiện một trong hai thao tác xếp dỡ, hay còn gọi là một thao tác đơn, là:

$$T_{sc} = T(Q^2/3 + 1) + 2T_{pd},$$

trong đó  $T_{pd}$  là thời gian để thực hiện thao tác xếp hoặc dỡ hàng.



Hình 6.4 Cấu trúc của một nhà kho tự động.

Nếu thao tác thực hiện là thao tác kép, nghĩa là một lần xếp vào và một lần lấy ra, thì thời gian trung bình sẽ là:

$$T_{dc} = T(4/3 + 0,5.Q^2 - Q^3/30) + 4.T_{pd}$$

$$t_v = H_s/V_v$$

**Ví dụ 6.5** Một nhà kho tự động có chiều dài mỗi hành lang là 90 m và chiều cao 15 m. Tốc độ di chuyển của máy xếp dỡ theo chiều cao và theo chiều ngang tương ứng là 22 m/phút và 120 m/phút. Máy xếp dỡ cần 30 s cho một thao tác xếp hoặc dỡ hàng. Hãy xác định chu kỳ thực hiện một thao tác đơn và một thao tác kép trong nhà kho này.

### Bài giải:

Tính các thời gian  $t_h$ ,  $t_v$ :

$$t_h = 90 \text{ m}/(120\text{m/phút}) = 0,75 \text{ phút.}$$

$$t_v = 15\text{m}/(22 \text{ m/phút}) = 0,68 \text{ phút.}$$

Xác định  $T$ ,  $Q$  như sau:

$$T = \max(0,75, 0,68) = 0,75 \text{ phút.}$$

$$Q = \min(1,0, 0,68/0,75) = 0,91$$

Thời gian thực hiện một thao tác đơn là:

$$T_{sc} = 0,75(0,91^2/3 + 1) + 2.0,5 = 1,957 \text{ phút.}$$

Thời gian thực hiện một thao tác kép là:

$$T_{dc} = 0,75(4/3 + 0,5.0,91^2 - 0,91^2/30) + 4.0,5 = 3,29 \text{ phút.}$$

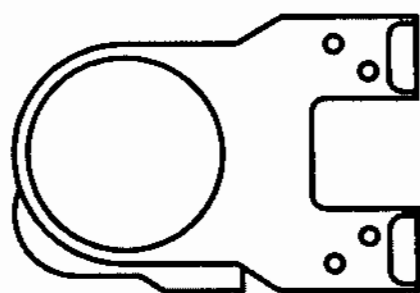
# 7 NHÓM CÔNG NGHỆ VÀ TỰ ĐỘNG HÓA LINH HOẠT

## 7.1 Nhóm công nghệ

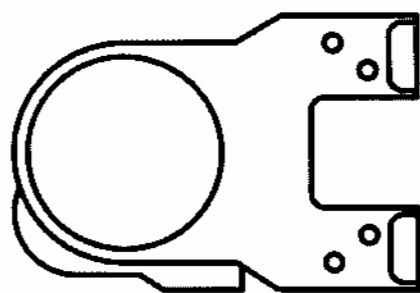
Nhóm công nghệ là khái niệm về một hệ thống sản xuất, trong đó các chi tiết tương tự như nhau được phân thành các nhóm để thuận tiện hơn trong thiết kế và trong sản xuất.

Mỗi nhóm sẽ có các đặc tính giống nhau về mặt thiết kế và về mặt gia công. Do đó mà việc sản xuất mỗi chi tiết trong một nhóm sẽ tương đối giống nhau. Hiệu quả của hệ thống sản xuất vì vậy sẽ cao hơn nếu sắp xếp các máy móc thành từng cụm để gia công các chi tiết này. Do các chi tiết giống nhau nên việc thiết kế cũng dễ dàng hơn.

Có thể thấy rằng các chi tiết có thể có những đặc tính giống nhau về thiết kế, ví dụ như về dạng hình học, về kích thước, giống nhau về trình tự gia công, ví dụ như cùng các quá trình gia công và thứ tự thực hiện chúng. Theo các đặc tính này người ta tiến hành phân loại và mã hóa các chi tiết để phân biệt các nhóm chi tiết khác nhau và các đại diện trong mỗi nhóm.

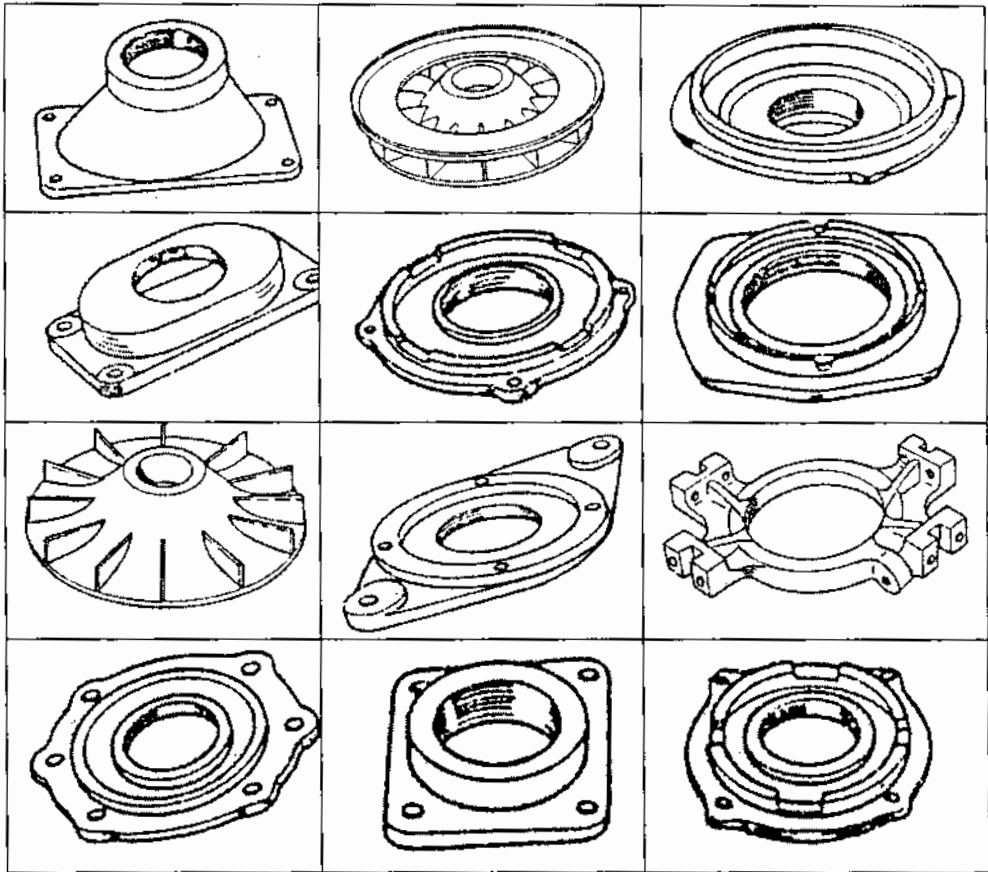


Chi tiết 1  
100000 chi tiết /năm  
Dung sai  $\pm 0,015$   
Tấm niken



Chi tiết 2  
100 chi tiết /năm  
Dung sai  $\pm 0,001$   
Thép không gỉ

*Hình 7.1 Hai chi tiết có hình dáng tương tự nhưng yêu cầu sản xuất khác nhau.*



*Hình 7.2 Các chi tiết với yêu cầu sản xuất như nhau nhưng khác nhau về thuộc tính thiết kế.*

### 7.1.1 Nhóm các chi tiết

Nhóm các chi tiết là tập các chi tiết tương tự về hình dáng hoặc tương tự về các bước tiến hành gia công. Các chi tiết trong họ khác nhau nhưng có những điểm tương tự để đưa vào một nhóm.

Hình 7.1 chỉ ra nhóm gồm hai chi tiết có hình dạng như nhau nhưng yêu cầu sản xuất khác nhau. Hình 7.2 minh họa nhóm gồm 12 chi tiết có yêu cầu sản xuất như nhau nhưng khác nhau về thuộc tính thiết kế.

Ưu thế của nhóm chi tiết trong sản xuất có thể được minh họa qua ví dụ hai dạng mặt bằng cho trên hình 7.3 và 7.4. Hình 7.3 chỉ ra một mặt bằng



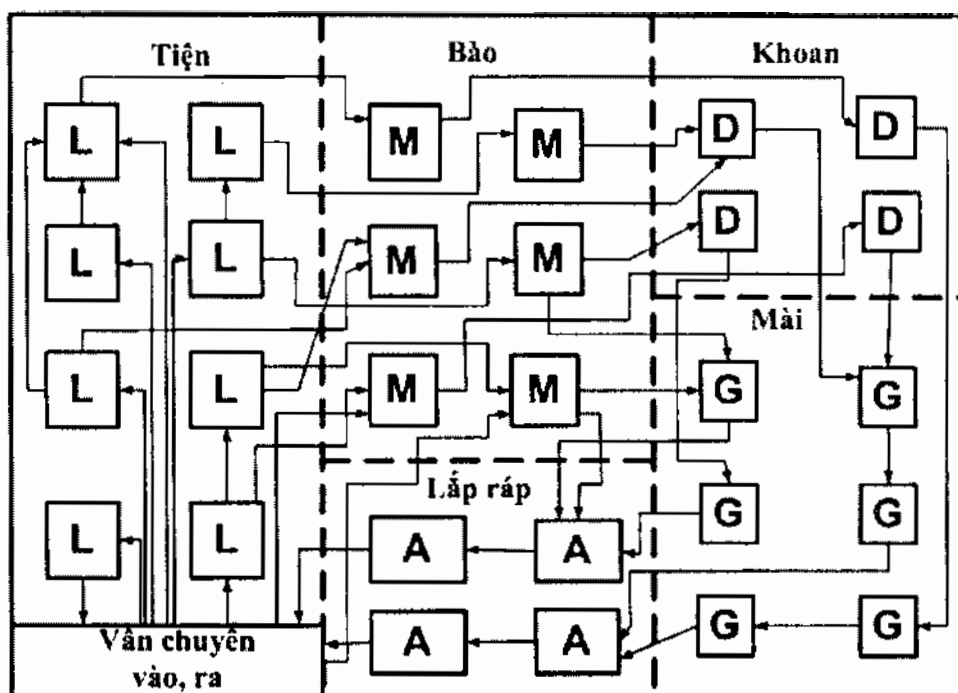
phân bố kiểu quá trình cho sản xuất theo lô của nhà máy. Các máy công cụ được phân chia theo chức năng tại các phân xưởng như phân xưởng tiện, phân xưởng mài, phân xưởng khoan... Trong quá trình gia công các sản phẩm dở dang sẽ được di chuyển giữa các phân xưởng, có thể phải đi qua một phân xưởng nào đó một vài lần. Điều đó dẫn đến việc di chuyển nguyên vật liệu nhiều lần, kho dự trữ lớn, khởi động máy nhiều lần, thời gian sản xuất lớn và chi phí cao. Hình 7.4 chỉ ra một công đoạn sản xuất tương đương, nhưng các máy móc được bố trí theo các đơn vị sản xuất (cell). Mỗi cell có thể gồm nhiều máy khác nhau, được tổ chức để sản xuất một họ sản phẩm. Lợi thế đem đến ở đây là giảm được việc di chuyển nguyên vật liệu, thời gian chuẩn bị ngắn hơn, ít phải lưu trữ các bán thành phẩm và do đó thời gian gia công nói chung sẽ ngắn hơn. Một số cell được thiết kế để tạo dòng chảy theo hệ thống băng chuyền để di chuyển các chi tiết giữa các máy móc trong cell.

Vấn đề lớn nhất trong việc chuyển đổi sang GT từ các cơ sở sản xuất theo phương pháp cũ là phân loại các chi tiết theo nhóm như thế nào. Có ba phương pháp chính để giải quyết bài toán này:

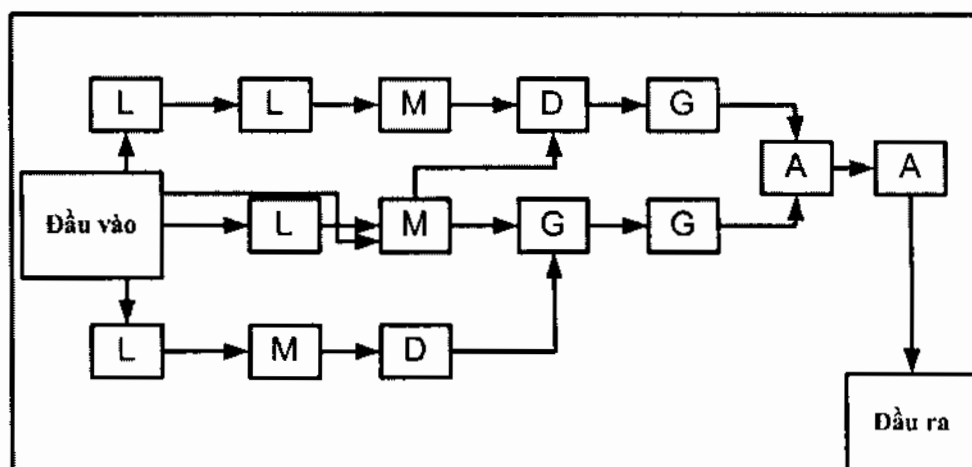
**a. Kiểm tra bằng hệ thống quan sát.** Kiểm tra bằng quan sát là phương pháp đơn giản và rẻ tiền nhất, trong đó việc phân loại các chi tiết vào nhóm dựa vào quan sát hình dạng vật lý của chúng. Phương pháp này phụ thuộc vào kinh nghiệm của những người thực hiện, do đó có độ chính xác thấp và cũng gây khó khăn cho những người thiết kế khi không biết rõ những đặc tính của họ sản phẩm.

**b. Phân loại và mã hoá bằng kiểm tra dữ liệu thiết kế và sản xuất.** Phương pháp thứ hai kiểm tra thuộc tính thiết kế và sản xuất của mỗi chi tiết. Việc phân loại sẽ đưa ra một mã số đặc thù cho các thuộc tính của chi tiết. Việc phân loại và mã hoá được thực hiện trên một dãy các chi tiết của nhà máy và một số thủ tục mẫu sẽ được sử dụng để xác lập các nhóm. Các chi tiết được sản xuất trong một khoảng thời gian sẽ được kiểm tra để tìm loại nhóm. Tuy nhiên, điều khó khăn là các mẫu không đại diện cho một họ sản phẩm đầy đủ.

**c. Phân tích dòng sản xuất PFA (Production Flow Analysis).** Dựa trên bản liệt kê các quá trình gia công, các chi tiết có cùng quá trình gia công sẽ được đưa vào cùng một nhóm.



Hình 7.3 Sắp xếp mặt bằng theo quá trình.



Hình 7.4 Sắp xếp mặt bằng theo nhóm công nghệ.

### 7.1.2 Phân loại và mã hoá chi tiết

Các hệ thống phân loại chi tiết có thể được chia thành ba dạng chính:

\* Hệ thống trên cơ sở các thuộc tính thiết kế.

\* Hệ thống trên cơ sở thuộc tính sản xuất.

\* Hệ thống trên cơ sở cả hai loại thuộc tính thiết kế và sản xuất.

Một số loại thuộc tính thiết kế và thuộc tính sản xuất tiêu biểu được thể hiện trong bảng 7.1.

*Bảng 7.1 Các thuộc tính thiết kế và sản xuất cơ bản trong các hệ thống phân loại của GT*

<b>Các thuộc tính thiết kế của chi tiết</b>	
Hình dáng cơ sở bên ngoài	Kích thước ngoài
Hình dáng cơ sở bên trong	Kích thước trong
Chiều dài/đường kính	Dung sai
Dạng nguyên vật liệu	Dạng vật liệu bề mặt
Chức năng của chi tiết	
<b>Các thuộc tính sản xuất của chi tiết</b>	
Các quá trình chính	Trình tự thực hiện
Các quá trình phụ	Thời gian sản xuất
Các kích thước chính	Kích thước lô
Độ dài/đường kính	Sản xuất hàng ngày
Chất liệu bề mặt	Đồ gá
Máy công cụ	Các dao cắt

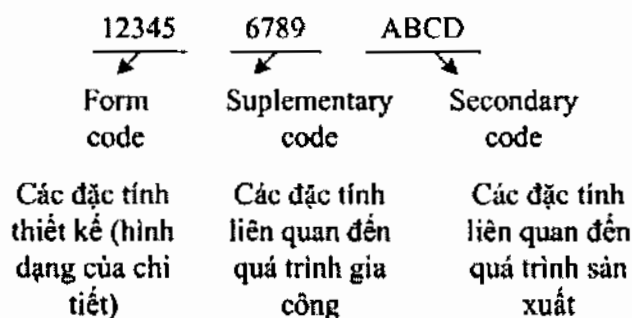
Sơ đồ mã của các chi tiết bao gồm một dãy các ký tự, đặc trưng cho các thuộc tính thiết kế và sản xuất. Các sơ đồ mã cho phân loại chi tiết có thể thuộc hai dạng cấu trúc cơ bản:

\* *Cấu trúc phân cấp*: Trong cấu trúc mã này, ý nghĩa của các ký tự đứng sau phụ thuộc vào giá trị của các ký tự trước đó. Ví dụ một mã có hai chữ số 15 hoặc 25. Ký tự 1 chỉ chi tiết là hình tròn và 2 nghĩa là chi tiết hình

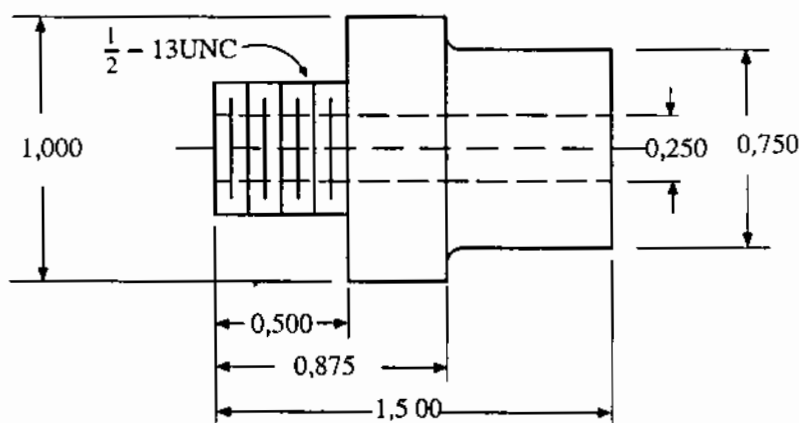
chữ nhật. Khi ký tự đầu là 1, số 5 chỉ đường kính, và nếu ký tự đầu là 2 thì số 5 chỉ giá trị chu vi.

\* *Cấu trúc tuần tự*: Trong dạng này, ý nghĩa của các ký tự là cố định, không phụ thuộc vào giá trị trước nó. Như trong ví dụ trên, số 5 chỉ chiều dài mà không quan tâm chi tiết là hình tròn hay chữ nhật.

Một vài hệ thống phân loại và mã hoá sử dụng cả hai cấu trúc này. Tổng số các ký tự được sử dụng có thể thay đổi từ 6 đến 30. Hệ thống phân loại và mã hoá phổ biến là Opitz. Cấu trúc cơ bản của một mã Opitz cho trên hình 6.5, bao gồm 9 chữ số, chia làm hai nhóm và bốn chữ cái. Ý nghĩa của 5 chữ số đầu được minh hoạ qua ví dụ dưới đây.



Hình 7.5 Cấu trúc của mã Opitz.



Hình 7.6 Chi tiết gia công với mã số 15100 trong hệ thống Opitz.

Ví dụ trên hình 7.6 chỉ ra một chi tiết với các đặc tính thiết kế. Định nghĩa dạng mã của hệ thống Opitz như sau: Tỷ số giữa chiều dài tổng và đường kính là 1.5, do đó mã đầu tiên là 1. Chi tiết sẽ có sự thay đổi đường kính để tạo bậc ở phần cuối với ren tiện, do đó mã số thứ hai là 5. Chữ số thứ ba là 1 do có lỗ đồng trục trong chi tiết. Chữ số thứ 4 và 5 đều bằng 0 do bề mặt chi tiết không có yêu cầu gia công và không có thêm các lỗ phụ và các gia công phụ trợ. Vậy dạng chính của mã Opitz cho chi tiết này là 15100.

### 7.1.3 Phân tích dòng sản xuất (PFA)

Phương pháp phân tích dòng sản xuất (PFA) được đề xuất vào năm 1963. Đây là phương pháp nhận biết họ các chi tiết và liên kết các nhóm máy công cụ không sử dụng hệ thống phân loại và mã hoá và cũng không dùng các bản vẽ kỹ thuật để nhận biết nhóm. Thay thế vào đó, nó phân tích trình tự gia công cho các chi tiết và đưa các chi tiết có các bước gia công tương tự nhau vào một nhóm. Đây là phương pháp có tính logic cao và mang tính chất lưu đồ, trợ giúp đắc lực cho những người lập kế hoạch định nghĩa các nhóm chi tiết.

Thủ tục phân tích dòng sản xuất bao gồm các bước như sau:

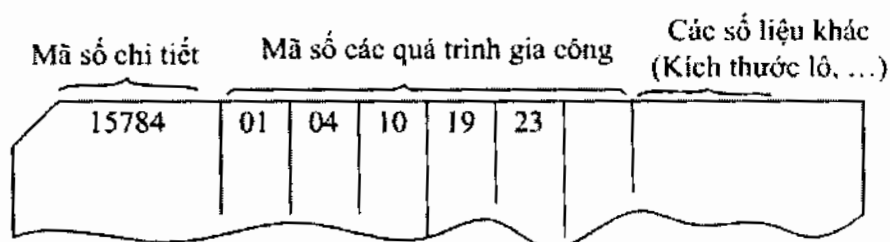
*Bước 1: Thu thập dữ liệu.* Thủ tục này để quyết định phạm vi nghiên cứu và lựa chọn các dữ liệu cần thiết. Phạm vi quyết định chủng loại sản phẩm sẽ được xem xét. Khi chủng loại sản phẩm đã được xác định thì các số liệu cụ thể cần thu thập là mã số của các chi tiết, các trình tự gia công cho từng chi tiết. Các dữ liệu có thể bổ sung là kích thước lô, thời gian tiêu chuẩn, tốc độ sản xuất hàng năm... dùng cho việc thiết kế năng lực sản xuất của các trạm gia công sau này.

Bảng 7.2 Mã hoá các quá trình gia công.

Quá trình gia công	Mã số	Quá trình gia công	Mã số
Cắt hai đầu	01	Mài mặt trụ ngoài	06
Tiện	02	Mài mặt trụ trong	07
Xoi rãnh	03	Làm sạch	08
Phay	04	Sơn	09
Mài mặt phẳng	05	Lắp ráp	10

*Bước 2: Sắp xếp trình tự gia công.* Trong bước này cần sắp xếp các chi tiết vào trong các nhóm với trật tự gia công giống nhau. Nếu số lượng chi tiết rất lớn thì một cách làm tốt là xây dựng bảng dòng sản xuất như trên

hình 7.7. Trên bảng này với mỗi chi tiết có mã số được xếp cùng hàng với các quá trình gia công cần thiết. Các quá trình gia công cũng được mã hoá theo như bảng 7.2 để tiện cho việc phân tích bằng máy tính sau này. Sau bước này các chi tiết có quá trình gia công tương tự được gộp vào các nhóm và mã hoá bằng các chữ cái A, B, C, ...



Hình 7.7 Sắp xếp các số liệu từ quá trình gia công vào bảng phân tích dòng sản xuất.

Mã số các nhóm chi tiết

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N	O	P	
01	x	x	x	x	x		x	x				x	x	x	x	x
02		x	x		x		x			x	x					x
03		x			x		x		x	x	x					x
04		x	x	x												
05							x	x	x	x		x		x	x	
06		x					x	x	x							
07	x	x								x		x		x	x	
08				x			x	x								
09	x	x	x	x	x				x	x						x
10						x										x
11						x						x				x
12							x									x
13						x		x	x							x
14						x				x	x	x				x
15						x					x	x	x			x

Hình 7.8 Xây dựng và phân tích đồ thị dòng sản xuất PFA.

*Bước 3: Phân tích.* Đây là bước quan trọng nhất. Từ các dữ liệu thu được sau bước hai ta xây dựng đồ thị PFA, như được minh họa trên hình 7.8. Trên đồ thị hình 7.8 các nhóm chi tiết, sắp trên các cột, yêu cầu quá trình gia công nào, sắp theo các hàng, thì được đánh dấu “x” chỗ giao nhau hàng với cột. Bước phân tích tiếp theo, tùy theo nhận định chủ quan, có thể gom các nhóm chi tiết được sản xuất bởi một nhóm các trình tự gia công theo mật độ của các điểm đánh dấu “x”. Một kết quả phân tích như vậy cho trên hình 7.8 gồm 5 nhóm máy với các nhóm sản phẩm tương ứng. Trong trường hợp không thể tạo các họ phù hợp, các chi tiết sẽ phải được sản xuất theo sơ đồ mặt bằng thông thường hoặc loại hẳn ra khỏi danh sách sản phẩm.

#### 7.1.4 Thiết kế các đơn vị máy

Sau khi các họ chi tiết và nhóm máy được xác định bởi hệ thống mã hoá và phân loại, bước tiếp theo cần làm là thiết kế các đơn vị máy móc.

##### 1. Khái niệm chi tiết tổng hợp

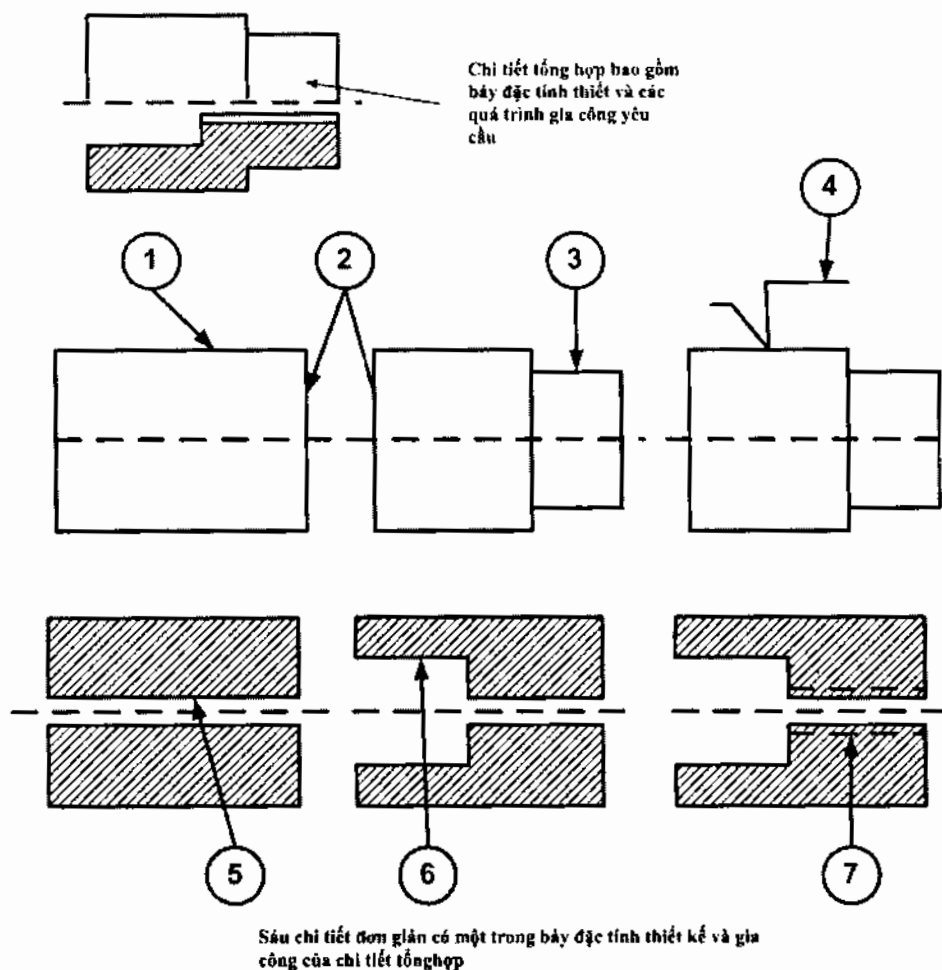
*Bảng 7.3 Các thuộc tính thiết kế và sản xuất của chi tiết tổng hợp*

Số	Thuộc tính thiết kế và sản xuất.
1	Tiện để tạo hình trụ
2	Tạo mặt phẳng ở hai đầu chi tiết
3	Tiện để tạo bậc
4	Mài để tạo độ bóng của mặt ngoài hình trụ
5	Khoan để tạo lỗ dọc theo trục
6	Mài tạo bậc
7	Tạo ren trong

Chi tiết tổng hợp diễn giải một chi tiết mang tính giả định có tất cả các thuộc tính thiết kế và sản xuất của tất cả các chi tiết trong nhóm. Chi tiết này được trình bày trên hình 7.9. Để sản xuất ra một phần tử trong họ, các hoạt động gia công cần được bổ sung hoặc loại trừ theo thuộc tính đặc thù của thiết kế chi tiết. Ví dụ, chi tiết tổng hợp trên hình 7.9 là chi tiết quay được

tạo bởi 7 đặc điểm thiết kế và sản xuất đơn. Các thuộc tính thiết kế và sản xuất của chi tiết tổng hợp được mô tả trên bảng 7.3.

Mỗi đơn vị máy cần được trang bị tất cả máy móc có đủ 7 chức năng trên. Tất cả các máy móc, đồ gá và công cụ cần phải được khởi động cho dòng chảy hiệu quả của các chi tiết trong đơn vị sản xuất.



Hình 7.9 Chi tiết tổng hợp.

## 2. Các dạng thiết kế đơn vị máy

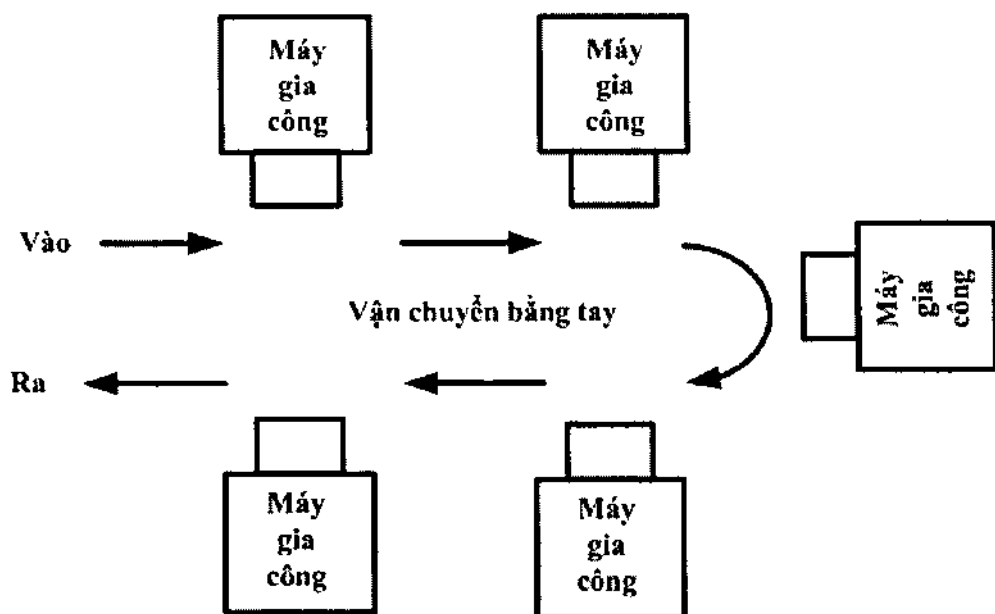
Các đơn vị máy có thể phân chia thành ba dạng chính.

a. *Đơn vị máy đơn.* Như tên gọi của nó, đơn vị nhóm máy đơn chỉ bao gồm một nhóm máy cộng thêm các đồ gá và công cụ phụ trợ để thực hiện



gia công một hoặc nhiều nhóm chi tiết. Dạng này thường được áp dụng cho các chi tiết có thuộc tính do các bước gia công cơ bản làm ra như tiện hoặc mài. Ví dụ như chi tiết trên hình 7.7 có thể được gia công hoàn toàn trên máy tiện thông thường.

b. Đơn vị các máy nhóm với vận chuyển bằng tay. Trong đơn vị máy này nhiều máy được sử dụng một cách chọn lọc để sản xuất nhiều nhóm sản phẩm. Tuy nhiên người vận hành vẫn phải di chuyển nguyên vật liệu. Đơn vị thường được tổ chức theo dạng chữ U, như trên hình 7.10.

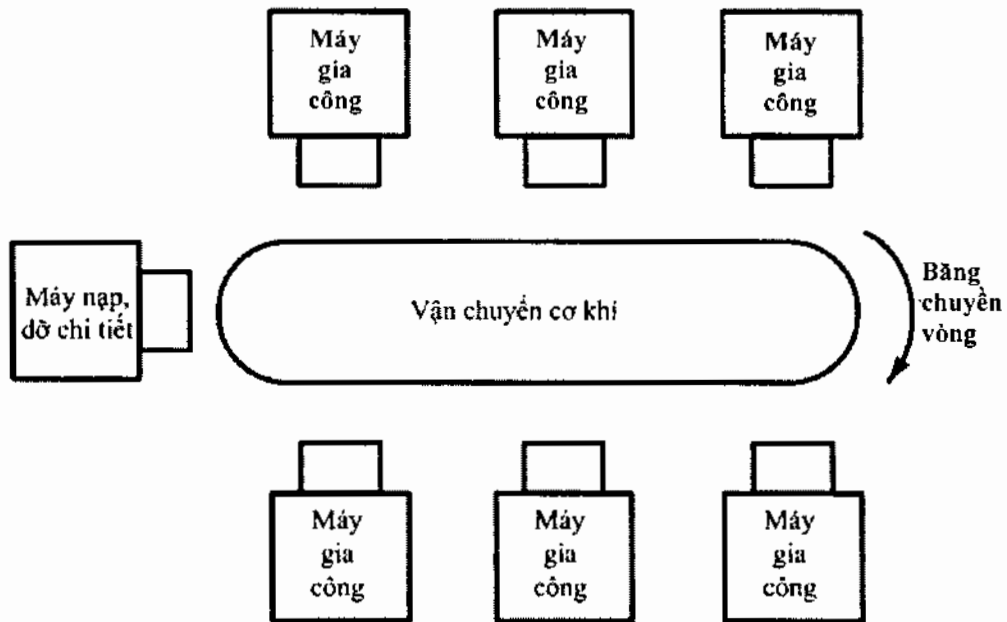


Hình 7.10 Nhóm máy với vận chuyển bằng tay, mặt bằng hình chữ U.



Hình 7.11 Nhóm máy với hệ thống vận chuyển bán tự động, mặt bằng thẳng.

c. Đơn vị nhóm máy móc với vận chuyển bán tự động: sử dụng các hệ thống vận chuyển cơ khí như băng chuyền để di chuyển các chi tiết giữa các máy móc trong đơn vị. Khi các chi tiết có trình tự gia công tương tự, cách sắp xếp trong dòng (in-line) (hình 7.11) là thích hợp nhất, trong đó các máy được đặt dọc theo băng chuyền theo thứ tự phù hợp với quá trình gia công. Khi quá trình gia công thay đổi, sắp xếp mạch vòng (loop layout) (hình 7.12) là thích hợp hơn do nó cho phép các phần tử quay vòng lại trong hệ thống vận chuyển.



Hình 7.12 Nhóm máy với hệ thống vận chuyển bán tự động, sắp xếp theo mạch vòng.

d. Hệ thống sản xuất linh hoạt. Đây là đơn vị máy tự động hoá cao nhất, nó tích hợp toàn bộ các phân xưởng gia công và hệ thống vận chuyển. Hệ thống này sẽ được nghiên cứu chi tiết trong chương sau.

### 3. Sắp xếp máy một cách hợp lý nhất

Sắp xếp các máy một cách hợp lý cần dựa trên các yêu cầu về khối lượng công việc cần làm trên mỗi máy, hành trình của chi tiết trong nhóm máy cũng như kích thước, trọng lượng của các chi tiết. Nếu hành trình của chi tiết phải thay đổi nhiều nên chọn băng hình chữ U hoặc vòng kín, nếu chi tiết quá nặng cần chọn hệ thống vận chuyển cơ khí hoá, ... Có nhiều

phương pháp để sắp xếp máy móc trong một đơn vị máy nhưng phương pháp đơn giản sau đây dựa trên đồ thị gốc – đích, khái niệm đã đưa ra ở chương 6 về hệ thống vận chuyển, dễ dàng thực hiện nhất. Phương pháp này bao gồm ba bước sau đây.

*Bước 1.* Lập bảng gốc – đích thể hiện số lượng chi tiết vào ra trên mỗi máy, dựa trên hành trình gia công của mỗi chi tiết. Ví dụ về bảng gốc – đích cho trong bảng 6.4.

*Bước 2.* Xác định tỷ số “đích/gốc” cho mỗi máy. Để tính tỷ số này ta tính tổng số chi tiết đi và đến cho mỗi máy bằng cách cộng mỗi cột và mỗi hàng của bảng “gốc – đích”. Các số liệu này viết xuống hàng cuối cùng của bảng và cột gần ngoài cùng bên phải. Sau đó tính tỷ số “đích/gốc”, ghi vào cột ngoài cùng bên phải.

*Bước 3.* Sắp xếp các máy theo thứ tự tăng dần của tỷ số “đích/ gốc”.

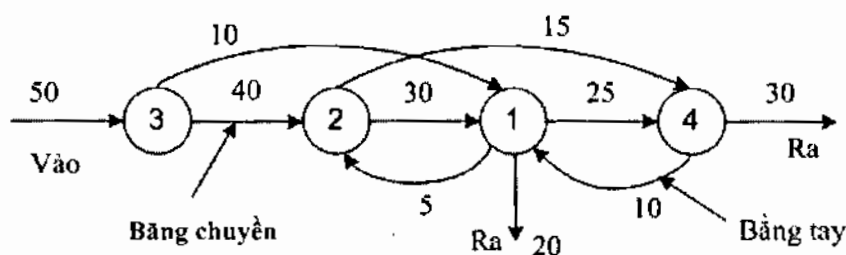
**Ví dụ 7.1.** Một nhóm máy gồm 4 máy với các số liệu chi tiết đến và đi cho mỗi máy như cho trong bảng 7.4. Kết quả phân tích cho cách sắp xếp máy hợp lý nhất theo thứ tự tăng dần tỷ số “đích /gốc” như sau là: 3 -> 2 -> 1 -> 4.

Gốc	Đích				Đích $\Sigma$	Tỷ số “đích/gốc”
	1	2	3	4		
1	0	5	0	25	30	1,67
2	30	0	0	15	45	1,0
3	10	40	0	0	50	0
4	10	0	0	0	10	4,0
Gốc $\Sigma$	50	45	0	40		

Bảng 7.4 Bảng “gốc – đích”.

Từ kết quả này đồ thị dòng sản phẩm cho trên hình 7.13 cho thấy rõ hơn hiệu quả của việc sắp xếp này.

Từ đồ thị dòng sản phẩm có thể thấy sản phẩm chủ yếu đi theo hướng thuận với thứ tự sắp xếp các máy, chỉ có  $15/135 = 11,1\%$  sản phẩm đi theo hướng ngược lại. Ví vậy có thể bố trí một băng chuyền cho hướng đi thuận, còn các sản phẩm đi ngược lại có thể vận chuyển bằng tay.



Hình 7.13 Đồ thị dòng sản phẩm cho ví dụ 7.1.

## 7.1.5 Các lợi ích của nhóm công nghệ

### a. Lợi ích trong thiết kế sản phẩm

Khi có một sản phẩm mới được yêu cầu, người kỹ sư hoặc người thiết kế sẽ dành một vài phút để tìm ra mã của chi tiết yêu cầu. Các thiết kế chi tiết có số mã tương ứng sẽ được lấy ra và xem xét lựa chọn những chi tiết có đáp ứng hoàn toàn các chức năng yêu cầu. Rõ ràng một vài phút kiểm tìm file thiết kế sẽ tiết kiệm hơn vài giờ thiết kế. Nếu thiết kế chi tiết chính xác không có, có thể sửa chữa chi tiết hiện có. Một ưu điểm nữa của GT là đẩy mạnh việc tiêu chuẩn hoá thiết kế. Các đặc điểm thiết kế như đường kính, độ vát, dung sai... có thể được chuẩn hoá với GT.

### b. Thiết bị và công tác chuẩn bị

Nhóm công nghệ cũng góp phần thúc đẩy việc tiêu chuẩn hoá một số lĩnh vực sản xuất. Trong số đó có lĩnh vực công cụ và công tác chuẩn bị.

Trong phân công cụ, việc thiết kế khuôn và đồ gá là phù hợp cho tất cả các phần tử của nhóm. Đồ gá chi tiết được thiết kế có tính thích nghi đặc biệt để chuyên đồ gá thông thường thành dạng phù hợp với một phần tử bất kỳ của nhóm.

Do tính tương tự của các chi tiết nên đơn vị máy của GT không yêu cầu thay đổi đáng kể về công tác chuẩn bị ban đầu. Do vậy thời gian mở máy ngắn và dễ thực hiện hơn.

### c. Vận chuyển nguyên vật liệu

Các máy móc GT được sắp xếp thuận tiện theo dòng chảy nguyên vật liệu. Ví dụ 7.1 chứng tỏ điều này.

#### **d. Điều khiển sản xuất và giám sát sản phẩm dở dang (WIP)**

Điều độ lịch trình sản xuất chủ trở nên đơn giản hơn với GT. Việc nhóm các máy móc vào đơn vị làm giảm số phân xưởng sản xuất cần điều độ. Do thời gian khởi động và vận chuyển nguyên vật liệu giảm, thời gian sản xuất và các sản phẩm dở dang cũng giảm đáng kể.

### **7.2 Hệ thống sản xuất linh hoạt (Flexible Manufacturing System – FMS)**

Khái niệm về hệ thống sản xuất tự động hoá linh hoạt FMS liên quan chặt chẽ với khái niệm về nhóm công nghệ GT. FMS là bước phát triển cao nhất về tự động hoá, trong đó kết hợp các trạm gia công là các máy lập trình được CNC với một hệ thống vận chuyển đa năng, dưới sự điều hành của một hệ thống điều khiển bằng máy tính, có khả năng chế tạo một cách hiệu quả một hoặc nhiều họ sản phẩm trong các nhóm công nghệ, được thiết kế một cách hợp lý. Đặc điểm cơ bản của FMS là khả năng lập kế hoạch và tiến hành sản xuất các sản phẩm một cách ngẫu nhiên, liên tục, không mất thời gian chuẩn bị, không phải dừng máy mỗi khi cần chuyển sang một sản phẩm mới.

#### **7.2.1 Khái niệm về hệ thống sản xuất linh hoạt FMS**

##### **1. Các bộ phận cơ bản của FMS**

FMS bao gồm ba bộ phận cơ bản sau:

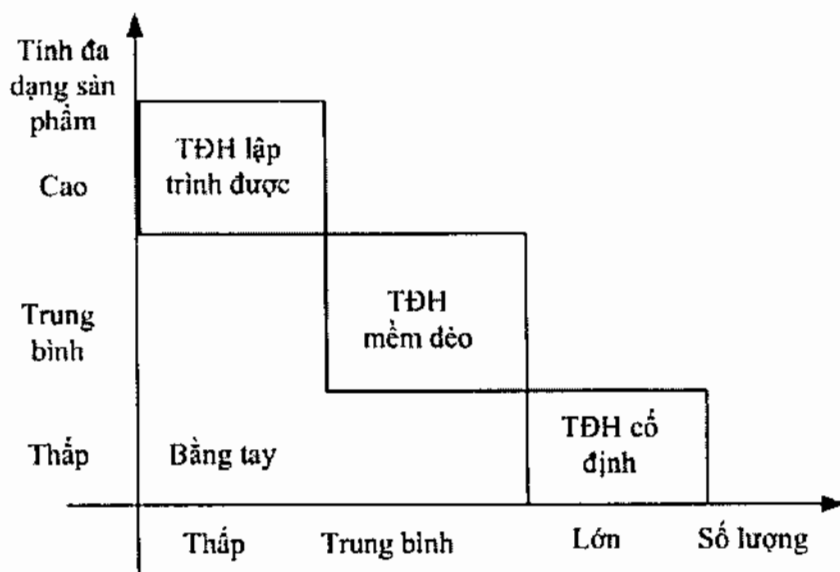
- a. *Các trạm gia công*. Trong các ứng dụng hiện tại, các trạm gia công bao gồm chủ yếu là các máy CNC làm nhiệm vụ gia công các họ chi tiết.
- b. *Hệ thống vận chuyển nguyên vật liệu và lưu giữ*. Các dạng vận chuyển nguyên vật liệu khác nhau được sử dụng để vận chuyển chi tiết và các bán thành phẩm giữa các công đoạn gia công và các khu vực lưu giữ tạm thời.
- c. *Hệ thống điều khiển bằng máy tính*. Điều khiển máy tính được sử dụng để kết hợp các hoạt động trong phân xưởng gia công và hệ thống vận chuyển nguyên vật liệu trong FMS.

Một bộ phận quan trọng khác của FMS là sức lao động. Các hoạt động điển hình của con người là đưa nguyên vật liệu thô vào hệ thống và lấy sản phẩm ra, thay đổi và lắp công cụ, bảo dưỡng và sửa chữa dụng cụ, lập trình NC.

## 2. Đặc điểm và ứng dụng của công nghệ FMS

FMS ra đời nhằm kết hợp giữa khả năng sản xuất với năng suất rất cao của hệ thống sản xuất theo dây chuyền cố định với tính đa dạng về sản phẩm của các thể hệ máy điều khiển số CNC. Đặc tính này của FMS được minh họa trên hình 7.14.

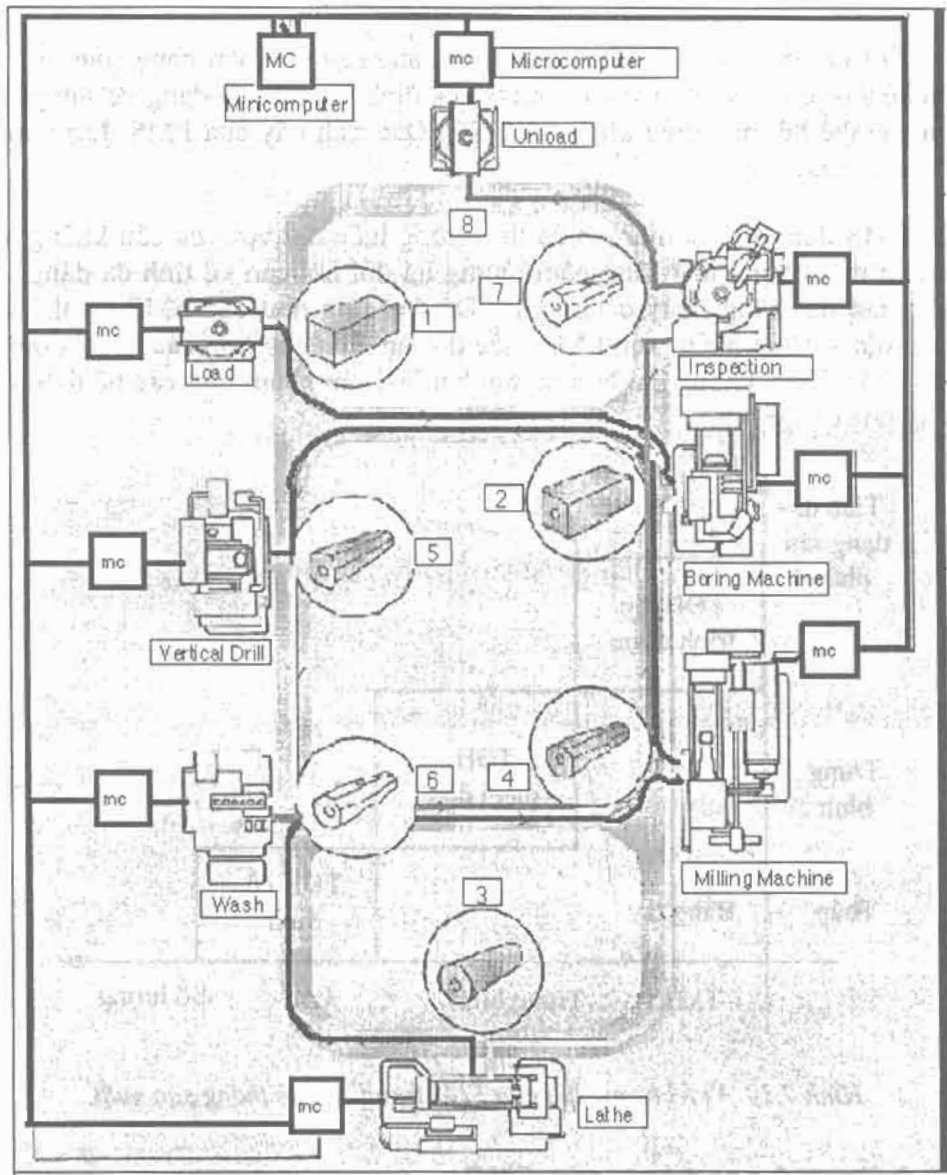
FMS đáp ứng xu hướng của thị trường hiện đại với yêu cầu không lớn lắm về một chủng loại sản phẩm nhưng lại đòi hỏi cao về tính đa dạng với thời gian đặt hàng ngày càng ngắn. Để đáp ứng nhu cầu FMS có thể sản xuất một vài sản phẩm xen kẽ với tốc độ sản xuất cao hơn các CNC đơn lẻ. Mặt khác, FMS không chỉ làm ra một hai loại sản phẩm như các hệ thống tự động hoá cố định.



Hình 7.14 Vị trí tương đối của FMS trong các hệ thống sản xuất.

### 7.2.2 Trạm hoạt động của FMS

FMS không chỉ bao gồm các máy để thực hiện các quá trình gia công mà còn nhiều bộ phận thực hiện các công việc khác nhau như để thay đổi công cụ, kiểm tra, tiến hành lắp ráp, ... Mỗi nhóm máy thực hiện một chức năng gọi là một trạm hoạt động (workstations). Hình 7.15 mô tả một hệ thống sản xuất linh hoạt điển hình của những năm 1980, trên đó có thể



Hình 7.15 Sơ đồ khối một hệ thống sản xuất linh hoạt:

1. khối kim loại; 2. các máy khoan lỗ theo chiều dài của tấm kim loại; 3. máy tiện; 4. máy bào tạo hình đa diện; 5. máy khoan đứng tạo lỗ bên trong chi tiết; 6. chi tiết được làm sạch; 7. chi tiết được kiểm tra; 8. chi tiết được chuyển đi.

thấy các bộ phận của FMS liên hệ với nhau như thế nào. Một trạm hoạt động hiện đại điển hình được minh họa trên hình 7.16.



Hình 7.16 Trạm FMS điển hình.

Các hệ thống FMS sử dụng các trạm hoạt động chủ yếu dưới đây.

### 1. Các trung tâm gia công

Các trung tâm gia công sử dụng máy công cụ CNC thực hiện được nhiều chức năng gia công trên cùng một chi tiết. Máy công cụ này được thiết kế để phay bề mặt, phay mặt đầu, khoan, doa, tạo mặt côn và bào theo một hoặc nhiều trục.

### 2. Bộ đổi dao (Head changers)

Đối với các ứng dụng gia công liên quan đòi hỏi sự tham gia của nhiều loại công cụ trên chi tiết, máy cần được trang bị bộ đổi dao. Bộ đổi dao này là một công cụ đặc biệt dạng hình trống, gắn gắn trực

chính của máy, trên mặt trống có nhiều rãnh để gá nhiều loại dao cắt. Khi trống xoay nó thay đổi dao cắt, giống như một máy gia công thay đổi nhiều dao cắt đơn.

### 3. Hộp chứa dao cắt (Head indexers)

Hộp chứa dao cắt có chức năng tương tự như bộ đổi dao nhưng các dao cắt ở đây có kích cỡ lớn hơn, không thể di chuyển giữa khoảng trống của



trục chính và hộp công cụ được. Thay vì việc đổi dao cắt bằng cách xoay bộ đổi dao hình trống, các dao cắt được gắn bán cố định với một cơ cấu chứa dao có đánh chỉ số, giống như một cái bàn tròn. Khi xoay bàn tròn có thể đưa được dao tới vị trí cần thiết để thực hiện các hoạt động gia công trên chi tiết. Thông thường có 8 dao cắt hoặc nhiều hơn được chứa trên mặt bàn đánh chỉ số.

#### **4. Các modul phay**

Các modul phay đặc biệt thường được sử dụng để đạt được mức sản xuất cao nhất. Các modul phay bao gồm dao đứng, ngang và đa mũi dao.

#### **5. Các modul tiện (Turning Modules)**

Trong các máy tiện thường, chi tiết quay và ăn dao theo hướng song song với trục quay chi tiết. Trong hệ thống FMS, do có nhiều chi tiết trên bộ phận gá, modul tiện sẽ được thiết kế để quay mũi dao xung quanh chi tiết.

#### **6. Trạm lắp ráp**

Hệ thống lắp ráp tự động linh hoạt được phát triển để thay thế con người trong việc lắp ráp sản phẩm. Các rôbot công nghiệp được coi là thích hợp nhất, chúng có thể được lập trình để thực hiện các công việc khác nhau và các dạng chuyển động khác nhau phù hợp với việc lắp ráp các dạng sản phẩm với hình dạng và kích thước khác nhau trong hệ thống.

#### **7. Trạm kiểm tra**

Kiểm tra có thể thực hiện ở một phòng đặc biệt của FMS hoặc tiến hành tại một phân xưởng nhất định. Các máy đo tọa độ CMM, các ống kiểm tra đặc biệt được sử dụng để kiểm tra dao cắt của công cụ. Ngoài ra, sử dụng các hệ thống quan sát như CCD Camera là phương pháp có thể được ứng dụng trong hệ thống kiểm tra của FMS.

#### **8. Các máy gia công kim loại tấm**

Phân xưởng gia công kim loại tấm sẽ đục, cắt, uốn và tạo dạng cho các tấm kim loại.

#### **9. Trạm rèn**

Quá trình rèn đòi hỏi nhiều công sức nên FMS được phát triển để tự động hoá phần lớn các công việc ở đây. Trạm rèn thường bao gồm các lò nung, máy ép và các lò ủ.

## 7.2.3 Các hệ thống vận chuyển nguyên vật liệu và lưu trữ

### 1. Chức năng của các hệ thống vận chuyển

a. *Di chuyển độc lập và ngẫu nhiên các chi tiết giữa các phân xưởng.* Các chi tiết có thể chuyển động từ một máy trong hệ thống sang một máy khác. Điều này cho phép hệ thống có thể làm việc theo các trình tự gia công khác nhau và có thay thế khi một máy trong hệ thống bận.

b. *Vận chuyển các chi tiết có hình dạng khác nhau.* Đối với các chi tiết có dạng phẳng, người ta sử dụng các đồ gá trên hệ thống băng chuyền. Đối với các chi tiết quay, các rôbot công nghiệp được sử dụng để nạp và di chuyển các chi tiết giữa các máy móc.

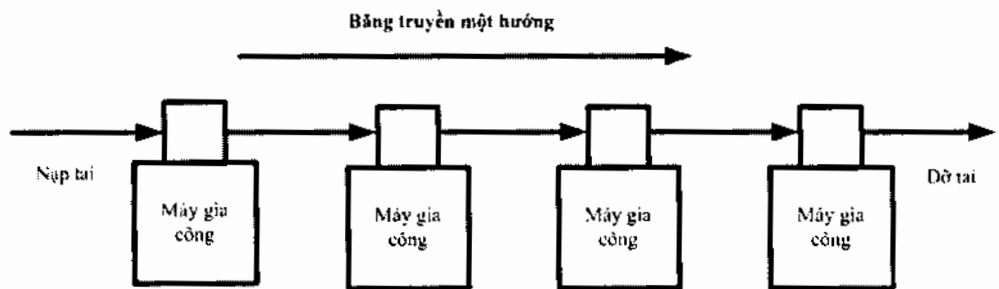
c. *Hàng đợi.* Số chi tiết hiện có trong FMS thường vượt quá số chi tiết đang được gia công, vì thế luôn có một hàng đợi ở mỗi máy.

d. *Thích hợp cho điều khiển máy tính.* Hệ thống vận chuyển cần phải có khả năng được điều khiển bằng máy tính trực tiếp trong các phân xưởng khác nhau, nạp tải và đưa tải ra...

### 2. Các cấu hình mặt bằng của FMS

Hệ thống vận chuyển sẽ xác lập mặt bằng FMS. Có năm dạng mặt bằng cơ bản: dạng thẳng, mạch vòng, hình thang, mạch mở và đơn vị rôbot trung tâm.

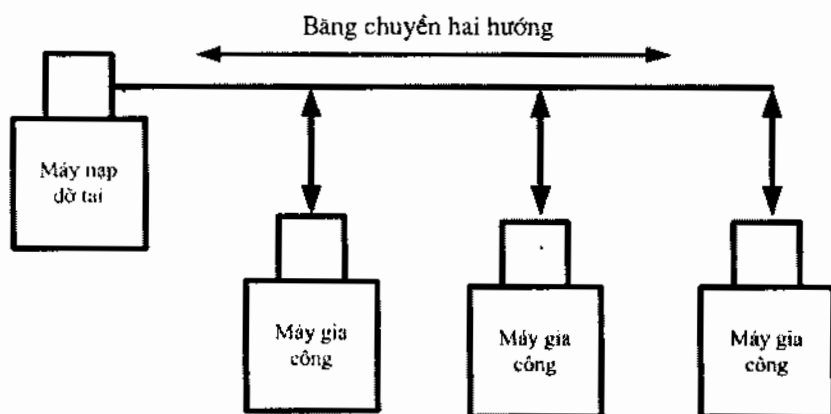
*Cấu hình dạng thẳng (in-line).*



Hình 7.17 Mặt bằng bố trí theo đường thẳng.

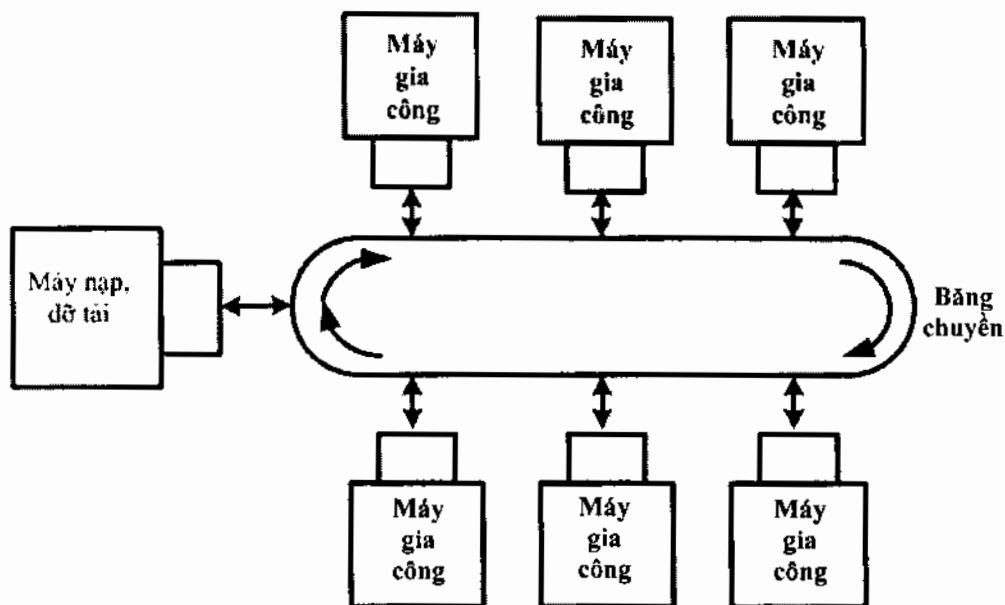
Đây là cấu hình thích hợp nhất cho hệ thống trong đó quá trình gia công xảy ra theo tuần tự định trước. Chi tiết di chuyển theo một dòng từ đầu vào đến đầu ra, như trên hình 7.17. Cấu hình này rất giống với một hệ thống sản xuất theo dây chuyền. Một cách sắp xếp khác, như trên hình 7.18, chi tiết có thể di chuyển theo hai chiều trên hệ thống vận chuyển sơ cấp, có trạm bốc dỡ tự động, tại mỗi máy gia công lại có hệ thống vận chuyển thứ cấp. Hệ

thống vận chuyển thứ cấp có chức năng định vị chi tiết theo đúng tư thế cần thiết để máy có thể gia công và nó cũng đóng vai trò là bộ đệm.



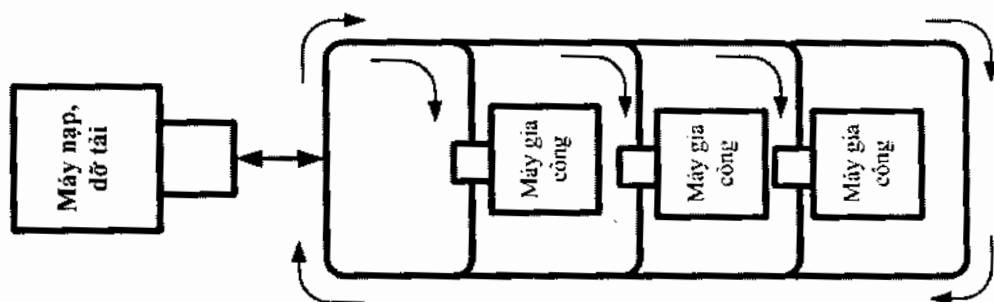
Hình 7.18 Sắp xếp mặt bằng FMS dạng thẳng, chi tiết có thể di chuyển hai chiều trên hệ thống vận chuyển sơ cấp.

**Cấu hình mạch vòng.** Chi tiết chảy theo một dòng xung quanh mạch vòng và có khả năng dừng lại tại bất kỳ trạm nào. Việc nạp tải và nhà tải thực hiện tại một điểm của vòng lặp (hình 7.19).



Hình 7.19 Sắp xếp mạch bảng theo kiểu vòng lặp.

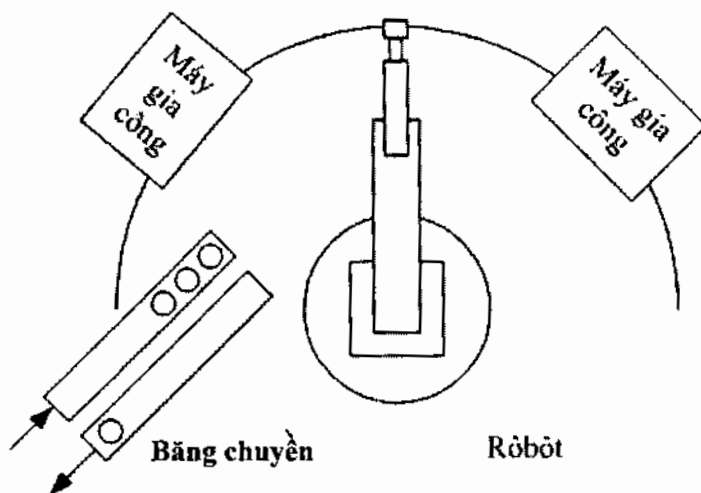
*Cấu hình mặt bằng kiểu hình thang.* Đây là một dạng của mạch vòng bao gồm những bậc thang trên đó có các phân xưởng. Các bậc thang này tăng những lộ trình có thể để vận chuyển từ phân xưởng này sang phân xưởng khác, giảm thời gian di chuyển trung bình và thời gian chuyển giữa các phân xưởng (hình 7.20).



Hình 7.20 Sắp xếp mặt bằng FMS kiểu bậc thang.

*Sắp xếp mặt bằng kiểu mạch hở.* Mặt bằng sắp xếp bao gồm các mạch vòng, bậc thang và các đường ray phụ được bố trí để đáp ứng yêu cầu gia công. Kiểu sắp xếp này thích hợp cho việc gia công một họ lớn các chi tiết.

*Sắp xếp mặt bằng có rôbốt trung tâm:* Rôbốt được trang bị tay gắp phù hợp với việc di chuyển các chi tiết có dạng hình trụ hoặc hình đĩa, minh họa trên hình 7.21.



Hình 7.21 Mặt bằng có rôbốt ở trung tâm.

## 7.2.4 Hệ thống điều khiển bằng máy tính

### 1. Chức năng của máy tính

Chức năng của hệ thống điều khiển trong FMS bao gồm tám phần chính sau đây.

*a. Điều khiển từng phân xưởng.* Trong các hệ thống FMS, các phân xưởng gia công và lắp ráp được thực hiện nhờ một dạng nào đó của điều khiển máy tính. Ví dụ như máy tính được sử dụng để điều khiển các máy công cụ CNC.

*b. Phân phối lệnh điều khiển đến các phân xưởng.* Trong các hệ thống FMS, các chương trình lệnh được nạp tới các máy công cụ và DNC sẽ làm nhiệm vụ phân phối lệnh điều khiển đến các phân xưởng. Hệ thống DNC lưu giữ chương trình, cho phép nhập và sửa chương trình.

*c. Điều khiển sản xuất.* Dựa vào các số liệu đưa vào máy tính như tốc độ sản xuất trong ngày cho các loại sản phẩm khác nhau, số chi tiết thô hiện có, số đồ gá..., máy tính sẽ duyệt các thiết bị gá, vùng nạp/nhà tải và phát lệnh tới người vận hành để nạp chi tiết thô. Khối vào dữ liệu được đặt ở vùng nạp/nhà tải để truyền thông giữa người vận hành và máy tính.

*d. Điều khiển hệ thống vận chuyển.* Việc điều khiển được thực hiện bằng cách chia hệ thống vận chuyển thành các vùng. Mỗi vùng là một phần của hệ thống vận chuyển sơ cấp (xe kéo, băng chuyền...) được điều khiển bởi máy tính. Bộ điều khiển sẽ đóng cắt các khoá tại các nhánh và các điểm nối, dừng chi tiết tại các điểm nạp tải vào máy công cụ, chuyển chi tiết tới vùng nhà tải.

*e. Điều khiển xe vận chuyển.* Đây là bài toán điều khiển liên quan đến việc điều khiển hệ thống vận chuyển thứ cấp tại mỗi máy công cụ. Mỗi hệ thống xe vận chuyển được phối hợp với hệ thống vận chuyển sơ cấp và phải đồng bộ hoá với các hoạt động của các máy công cụ mà nó phục vụ.

*f. Giám sát hệ thống vận chuyển.* Các máy tính phải giám sát trạng thái của mỗi băng chuyền của hệ thống vận chuyển sơ cấp cũng như trạng thái của các chi tiết trong hệ thống.

*g. Quản lý công cụ.* Giám sát và điều khiển trạng thái của dụng cụ cắt đóng vai trò quan trọng trong hệ thống FMS. Điều khiển dụng cụ cắt bao gồm hai nội dung chính: điều khiển vị trí của mỗi công cụ và giám sát thời gian sử dụng công cụ. Điều khiển vị trí nhằm đảm bảo quỹ đạo mong muốn cho công cụ. Nếu một hoặc nhiều máy công cụ được yêu cầu trong gia công

một chi tiết không có tại phân xưởng trên lộ trình của chi tiết, hệ thống điều khiển sẽ không gửi chi tiết tới phân xưởng đó, thay vào đó, nó sẽ quyết định một máy thay thế khác để chi tiết được chuyển tới hoặc sẽ "thả nổi" tạm thời các chi tiết đó trên hệ thống vận chuyển. Thời gian sử dụng cho mỗi công cụ trong FMS được đưa vào một file, khi đạt tới thời gian này, người vận hành sẽ được báo để thay thế công cụ khác.

*h. Giám sát các đặc tính của hệ thống và báo cáo.* Các máy tính trong FMS có thể được lập trình để tạo ra các bản báo cáo về đặc tính của hệ thống.

## **2. Các file dữ liệu của FMS**

Các file dữ liệu yêu cầu cho FMS bao gồm sáu loại chủ yếu.

*a. File chương trình chi tiết.* Để gia công một chi tiết cho trước, các chương trình đơn yêu cầu được giữ trong các file đưa vào máy tính.

*b. File lộ trình.* File này bao gồm tập các phân xưởng trong đó chi tiết cần được gia công tại đó. Nó còn có thể bao gồm cả lộ trình thay thế cho các chi tiết.

*c. File sản xuất.* Các tham số cần thiết cho điều khiển sản xuất như tốc độ sản xuất cho mỗi loại máy trong lộ trình số lượng sản phẩm dở dang lưu trữ, yêu cầu kiểm tra... được lưu trữ trong file này.

*d. File đồ gá.* Mỗi bộ gá trong FMS được định nghĩa và lưu trữ trong file.

*e. File dao cắt.* File này được sử dụng cho mục đích điều khiển dao cắt.

*f. File thời gian sử dụng của công cụ.* File này lưu giữ giá trị thời gian sử dụng của công cụ trong hệ thống. Thời gian gia công tổng của công cụ sẽ được so sánh với giá trị này nhằm thay thế để phòng hỏng hóc có thể xảy ra.

### **7.2.5 Thiết kế FMS**

Các thông số chính cần quan tâm khi thiết kế hệ thống FMS bao gồm:

1. *Khối lượng sản xuất của hệ thống.* Số lượng sản phẩm được lập kế hoạch sản xuất trong hệ FMS sẽ quyết định bao nhiêu máy móc yêu cầu và dạng thiết bị vận chuyển cần sử dụng.

2. *Sự thay đổi trong lộ trình sản xuất.* Nếu sự thay đổi trong trình tự

gia công là tối thiểu, sắp xếp mặt bằng kiểu trong dòng (in-line flow) là thích hợp nhất. Khi độ thay đổi tăng, có thể sử dụng mặt bằng kiểu mạch kín hoặc hệ hở. Nếu sự thay đổi lớn, nên chọn mặt bằng kiểu bậc thang.

3. *Các đặc tính vật lý của các chi tiết cần chế tạo.* Kích thước và khối lượng của vật thể sẽ xác định kích thước của máy tại các trung tâm gia công và dạng của hệ thống vận chuyển. Các chi tiết dạng hình hộp thông thường được vận chuyển bằng băng chuyền. Các vật thể tròn và nhỏ có thể được vận chuyển bởi các rôbot.

4. *Nhóm chi tiết được định nghĩa theo sự tương đồng sản phẩm.* Định nghĩa nhóm chi tiết cần gia công trên FMS được lựa chọn không nên trên cơ sở sự tương đồng về thiết kế; sự tương đồng ở đây mang ý nghĩa các phần tử khác nhau được sử dụng trên cùng một sản phẩm.

5. *Yêu cầu về nguồn nhân lực.* Hệ thống FMS đòi hỏi các công nhân vận hành máy móc, các lập trình viên và người điều hành hệ máy tính.

6. *Phạm vi của số lượng sản phẩm.* 5000 đến 75000 chi tiết trong một năm là phạm vi thích hợp cho FMS. Nếu số lượng sản xuất hàng năm nhỏ hơn mức trên thì FMS là phương án thay thế đắt tiền. Nếu phạm vi sản phẩm trên 75000 thì phương án sản xuất chuyên dụng thích hợp hơn.

7. *Tối thiểu số máy công cụ.* Để tương thích với chi phí cho hệ thống điều khiển máy tính và hệ thống vận chuyển tự động, số lượng máy công cụ tối thiểu trong một hệ thống FMS là 4. Nếu nhỏ hơn, nên sử dụng các máy CNC đơn.

8. *Dung sai nhỏ nhất* cho phép trong hệ FMS là  $\pm 0,002$ .

### 7.2.6 Các phương pháp phân tích một hệ FMS

Phân tích định tính một hệ thống FMS là một vấn đề phức tạp và vẫn đang được tiếp tục nghiên cứu. Việc phân tích dựa trên các mô hình toán học, có thể phân ra ba loại chính như sau:

1. *Mô hình tĩnh hay tiên định.* Các mô hình này nhằm xác định các thông số của hệ thống sản xuất thông thường như số lượng sản phẩm, năng lực sản xuất, mức độ sử dụng, mức độ sẵn sàng ..., đã đề cập đến trong chương 2. Tuy nhiên các mô hình này không phản ánh được đặc tính sản xuất xen kẽ nhiều loại sản phẩm và tính ngẫu nhiên trong kế hoạch sản xuất của FMS nên thường ước lượng cao hơn khả năng của các hệ thống này.

2. *Mô hình hàng đợi (Queueing Models).* Mô hình loại này áp dụng

công cụ toán học lý thuyết hàng đợi nên có khả năng xác định được một số đặc tính động của FMS, tuy nhiên chỉ với một hệ thống tương đối đơn giản. Các thông số ước lượng được là các giá trị trung bình trong chế độ làm việc ổn định của hệ thống sản xuất.

3. *Mô phỏng bằng máy tính.* Đây là phương pháp phân tích rất hiệu quả vì có thể đáp ứng được mức độ phức tạp cao của hệ thống. Các mô hình máy tính được thiết lập phản ánh một cách chi tiết các đặc tính của các phần tử FMS, do đó cho ra được các kết quả gần với thực tế hơn cả. Các ngôn ngữ mô phỏng được phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây.

### **7.2.7 Các ích lợi của việc sử dụng FMS**

Các điểm vượt trội của hệ FMS so với các phương pháp sản xuất khác bao gồm:

- \* Sử dụng máy hiệu quả hơn,
- \* Giảm sản phẩm dở dang,
- \* Giảm thời gian chạy máy,
- \* Độ linh hoạt trong điều độ sản xuất cao hơn,
- \* Năng suất lao động cao hơn.



## **8 HỆ THỐNG SẢN XUẤT TÍCH HỢP MÁY TÍNH (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING - CIM)**

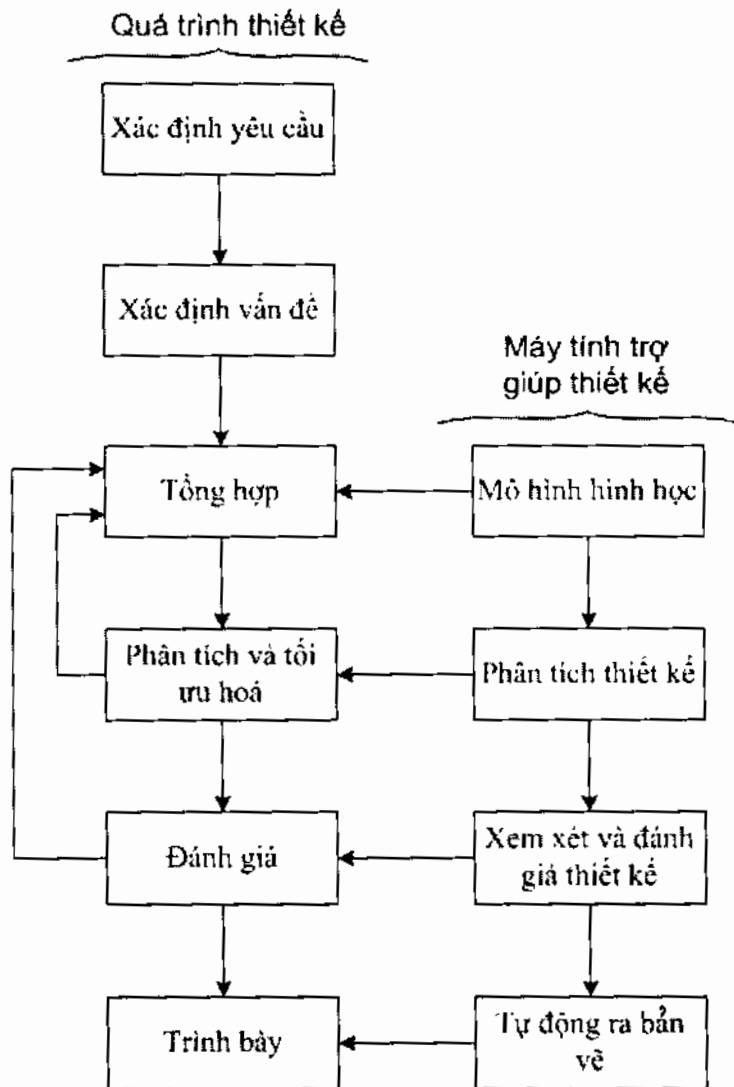
Công nghệ máy tính có ảnh hưởng to lớn đến các hệ thống sản xuất trong suốt những thập kỷ qua. Các ứng dụng quan trọng của máy tính thể hiện trong nhiều lĩnh vực như điều khiển số, các hệ thống rôbot, các hệ thống sản xuất linh hoạt và đặc biệt là chức năng điều khiển quá trình trong các hoạt động của một doanh nghiệp sản xuất, bao gồm từ khâu thiết kế sản phẩm đến lập kế hoạch và điều khiển sản xuất cùng với các hoạt động kinh doanh của công ty như nhận đơn đặt hàng, tính giá và thanh toán với khách hàng. Những hoạt động này yêu cầu một quá trình xử lý thông tin đan xen phức tạp trong doanh nghiệp. Vai trò then chốt của máy tính trong hệ thống xử lý thông tin là tích hợp các chức năng thiết kế, sản xuất và kinh doanh trong một thể thống nhất, giúp nhanh chóng đưa ra các quyết định một cách chính xác, tránh các quá trình trùng lặp hoặc các thông tin mâu thuẫn nhau. Điều này thể hiện qua khái niệm về "hệ thống sản xuất tích hợp máy tính" (Computer Integrated Manufacturing - CIM).

### **8.1 Thiết kế với sự trợ giúp của máy tính CAD (Computer-Aided Design)**

CAD được định nghĩa là một hoạt động thiết kế liên quan đến việc sử dụng máy tính để tạo lập, sửa chữa hoặc trình bày một thiết kế kỹ thuật. CAD có liên hệ chặt chẽ với hệ thống đồ họa máy tính. Các lý do quan trọng có thể kể đến khi sử dụng hệ thống CAD là tăng hiệu quả làm việc cho người thiết kế, tăng chất lượng thiết kế, nâng cao chất lượng trình bày thiết kế và tạo lập cơ sở dữ liệu cho sản xuất.

Các bước tiến hành một thiết kế với CAD được mô tả trên hình 8.1. Như vậy CAD tham gia đặc lực vào bốn quá trình sau:

- Tổng hợp (Xây dựng mô hình hình học).
- Phân tích và tối ưu hoá (Phân tích kỹ thuật).
- Đánh giá (Kiểm tra thiết kế và đánh giá).
- Trình bày thiết kế (Tự động ra bản vẽ).



Hình 8.1 Quá trình thiết kế với trợ giúp của máy tính.

### 8.1.1 Khái niệm cơ bản về CAD

#### A. Mô hình hình học

Mô hình hình học là dùng CAD để xây dựng biểu diễn toán học dạng hình học của đối tượng. Biểu diễn toán học này, gọi là mô hình, được lưu trong bộ nhớ của máy tính. Mô hình này cho phép người dùng CAD biểu diễn hình ảnh đối tượng lên màn hình và thực hiện một số thao tác lên mô

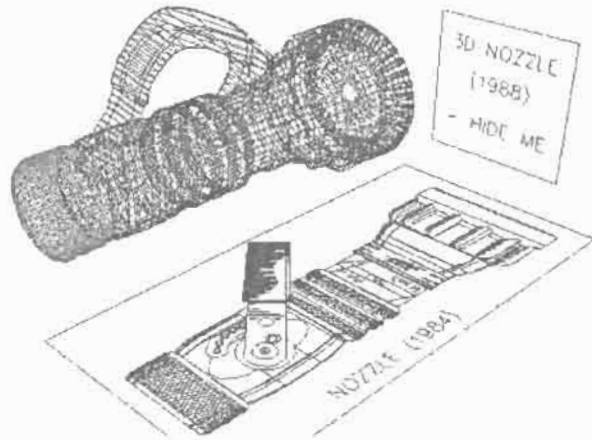
hình như làm biến dạng hình ảnh, phóng to, thu nhỏ, lập một mô hình mới từ mô hình cũ, ... Từ đó người thiết kế có thể xây dựng một chi tiết mới hoặc thay đổi một chi tiết cũ. Có nhiều dạng mô hình hình học trên CAD. Ngoài mô hình 2D phổ biến, các mô hình 3D có thể được xây dựng cho phép người sử dụng quan sát vật thể từ các hướng khác nhau, phóng to thu nhỏ, thực hiện các phân tích kỹ thuật như sức căng, tính chất vật liệu và nhiệt độ. Mô hình 3D có thể chia làm ba loại chính:

1. *Mô hình lưới*

(wireframe

modeling) sử dụng các đường thẳng để minh họa vật thể. Mô hình này có những hạn chế lớn như không có khả năng phân biệt các đường nét thấy và nét khuất trong vật thể, không nhận biết được các dạng đường cong, không có khả năng kiểm tra xung đột giữa các chi tiết bộ phận và khó khăn trong việc tính toán các đặc tính vật lý. Mô hình lưới thường được sử dụng trong việc mô phỏng quỹ đạo của máy công cụ như máy phay, máy bào. Hình 8.2 minh họa trên AutoCAD một vật thể được mô tả dưới dạng mô hình lưới.

2. *Mô hình bề mặt* (surface modeling) được định nghĩa theo các điểm, các đường thẳng và các bề mặt. Mô hình này có khả năng nhận biết và hiển thị các dạng đường cong phức tạp, có khả năng nhận biết bề mặt và cung



Hình 8.2 Mô hình lưới của một vật thể trong AutoCAD.



Hình 8.3 Mô hình đặc được chuyển từ mô hình lưới và phủ màu.

cấp mô hình 3D có bề mặt bóng, có khả năng hiển thị rất tốt mô phỏng quỹ đạo chuyển động như của dao cắt trong máy công cụ hoặc chuyển động của các rôbot. Mô hình bề mặt được sử dụng rộng rãi để thiết kế và chế tạo các mặt cong như thân xe ô tô.

3. *Mô hình đặc* (solid modeling) mô tả hình dạng toàn khối của vật thể một cách rõ ràng và chính xác. Nó có thể mô tả các đường thấy và đường khuất của vật thể. Mô hình này trợ giúp đắc lực trong quá trình lắp ráp các phần tử phức tạp. Ngoài ra mô hình còn có khả năng tạo mảng màu và độ bóng bề mặt. Hơn nữa người sử dụng có thể kết hợp với các chương trình phần mềm chuyên dụng khác để biểu diễn mô hình và tạo hình ảnh sống động cho vật thể. Hình 8.3 mô tả mô hình đặc của vật thể được chuyển từ mô hình lưới và phủ màu.

### **B. Phân tích kỹ thuật mô hình**

Sau khi đã có được phương án thiết kế thể hiện dưới dạng mô hình CAD sẽ trợ giúp việc phân tích mô hình. Hai ví dụ về việc phân tích mô hình là tính toán các đặc tính vật lý và phân tích phần tử hữu hạn. Tính toán các đặc tính vật lý bao gồm việc xác định khối lượng, diện tích bề mặt, thể tích và xác định trọng tâm. Phân tích các phần tử hữu hạn nhằm tính toán sức căng, độ truyền nhiệt ...

### **C. Đánh giá thiết kế**

Đánh giá thiết kế có thể bao gồm:

- Tự động xác định chính xác các kích thước.
- Xác định khả năng tương tác giữa các bộ phận. Điều này đặc biệt quan trọng trong các thiết kế lắp ráp nhằm tránh hai chi tiết cùng chiếm một khoảng không gian.
- Kiểm tra động học. Điều này cần đến khả năng mô phỏng các chuyển động của CAD.

### **D. Tự động phác thảo bản vẽ**

Lĩnh vực trợ giúp đắc lực thứ tư của CAD là khả năng tự động cho ra các bản vẽ với độ chính xác cao một cách nhanh chóng. Điều này rất quan trọng trong quá trình trình bày một thiết kế và tạo lập các hồ sơ thiết kế.

Trong những năm gần đây có một công nghệ mới ra đời là *công nghệ tạo mẫu nhanh* được khởi nguồn từ Mỹ và hiện nay được sử dụng bởi nhiều ngành công nghiệp sản xuất trên khắp thế giới. Tạo mẫu nhanh xây dựng vật thể trên màn hình của hệ thống CAD sao cho từng chi tiết bộ phận có thể

được nhìn thấy và kiểm tra. Các mô hình tạo mẫu nhanh còn có thể kiểm tra hoạt động trong thời gian thực để phát hiện lỗi trước khi chế tạo. Như vậy đầu ra của CAD không chỉ là các hình ảnh hay bản vẽ mà còn là các mẫu vật thể thực sự.

### **8.1.2 Các bộ phận của CAD**

Một phòng CAD bao gồm rất nhiều các bộ phận được liên kết với nhau bởi phần mềm máy tính, nó có khả năng nhận các tín hiệu từ đầu vào, xử lý dữ liệu và hiển thị đầu ra. Một bản vẽ thông thường có thể được thay thế bởi bảng các dữ liệu và thường được chia thành các vùng đại diện cho các chức năng hình dạng khác nhau như hình tròn, đường thẳng, điểm, hoặc đường cong. Để tạo ra bản vẽ, người thiết kế phải kích hoạt các chức năng này bằng cách chạm vào các thư mục mong muốn trên bảng và đưa vào các thông tin như kích thước, khoảng cách thông qua bàn phím. Bằng việc kết hợp sử dụng các bảng và bàn phím, người thiết kế có thể tạo ra các menu chuẩn phù hợp với các ứng dụng khác nhau.

Các hệ thống CAD thường sử dụng một số lượng lớn các thiết bị đầu vào nhằm trợ giúp người sử dụng trao đổi với máy tính về kiểu dáng, kích thước, vị trí và hướng của một cấu trúc vật thể cần xây dựng và hiển thị trên màn hình đồ họa. Bàn phím là công cụ thông dụng nhất của đầu vào, qua đó người sử dụng có thể chuyển các thông tin tới máy tính theo dạng đối thoại được chọn trên thư mục hiển thị. Ngoài ra còn có các loại thiết bị khác như các bút điện tử (light pen) được sử dụng để số hoá các đường thẳng, đường cong, đường tròn và các dạng hình học khác, các quả bóng bám sát (trackball) khi người sử dụng xoay trong lòng bàn tay sẽ truyền các thông tin tới máy tính, và các con chuột (mouse) có gắn nhiều nút ấn...

Dạng thiết bị ra chính là các plotter, các máy in/plotter, và hệ thống trình chiếu.

## **8.2 Sản xuất với sự trợ giúp của máy tính CAM (Computer-Aided Manufacturing)**

Sản xuất với sự trợ giúp của máy tính CAM được định nghĩa là việc sử dụng máy tính trong lập kế hoạch, quản lý và điều khiển quá trình sản xuất. Các ứng dụng của CAM được chia thành hai loại chính:

- Lập kế hoạch sản xuất.
- Điều khiển sản xuất.

## 8.2.1 Lập kế hoạch sản xuất

CAM trợ giúp cho các công tác lập kế hoạch sau đây.

1. *Ước lượng giá thành sản phẩm.* Ước lượng giá của một loại sản phẩm mới là khá đơn giản trong nhiều ngành công nghiệp và được hoàn thành bởi chương trình máy tính. Chi phí của từng chi tiết bộ phận được cộng lại và giá của sản phẩm sẽ được xác định.

2. *Lập kế hoạch quá trình với sự trợ giúp của máy tính.* Các trình tự thực hiện và các trung tâm gia công cần thiết cho sản xuất một sản phẩm được chuẩn bị bởi máy tính. Các hệ thống này cung cấp các bản lộ trình (route sheet), tìm ra lộ trình tối ưu và tiến hành mô phỏng kiểm nghiệm kế hoạch đưa ra. Hệ thống CAPP sẽ được trình bày chi tiết ở mục sau.

3. *Các hệ thống dữ liệu gia công máy tính hoá.* Một trong các bài toán của máy cắt kim loại là xác định tốc độ trục chính và tốc độ ăn dao ứng với một chi tiết nhất định. Các chương trình máy tính cần được soạn thảo để đưa ra các điều kiện cắt tối ưu cho các loại nguyên vật liệu khác nhau. Các tính toán dựa trên các dữ liệu nhận được từ thực nghiệm hoặc tính toán lý thuyết về tuổi thọ của dao cắt theo điều kiện cắt.

4. *Lập trình với sự trợ giúp của máy tính.* Lập trình cho máy công cụ hoặc lập trình CNC là công việc khó khăn cho người vận hành và gây ra nhiều lỗi khi các chi tiết trở nên phức tạp. Các bộ hậu xử lý máy tính hoá được sử dụng để thay thế việc lập trình bằng tay. Đối với các chi tiết có hình dạng hình học phức tạp, hệ thống CAM có thể đưa ra chương trình gia công chi tiết nhờ phương pháp tạo ra tập lệnh điều khiển cho máy công cụ hiệu quả hơn hẳn lập trình bằng tay.

5. *Cân bằng dây chuyền lắp ráp với sự trợ giúp của máy tính.* Việc định vị các phần tử trong các trạm lên dây chuyền lắp ráp là bài toán lớn và khó khăn. Các chương trình máy tính như COMSOAL và CALB được phát triển để trợ giúp cân bằng tối ưu cho các dây chuyền lắp ráp.

6. *Xây dựng các định mức lao động.* Một bộ phận chuyên trách sẽ có trách nhiệm xác lập chuẩn thời gian cho các công việc lao động trực tiếp trong nhà máy. Việc tính toán này khá công phu và phức tạp. Hiện nay đã có một số chương trình phần mềm được phát triển cho công việc này. Các chương trình máy tính sử dụng dữ liệu về thời gian chuẩn được phát triển cho các phần tử cơ bản, sau đó cộng tổng thời gian thực hiện của các phần tử đơn đó và chương trình sẽ đưa ra thời gian chuẩn cho công việc hoàn chỉnh.

7. *Lập kế hoạch sản xuất và quản lý tồn kho.* Máy tính được sử dụng trong hai chức năng lập kế hoạch sản xuất và lưu trữ. Hai chức năng này bao gồm ghi nhớ các bản ghi tồn kho, đặt hàng tự động các mặt hàng khi kho rỗng, điều độ sản xuất chủ, duy trì các thuộc tính hiện tại cho các đơn đặt hàng sản xuất khác nhau, lập kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu và lập kế hoạch năng lực.

### **8.2.2 Điều khiển sản xuất**

Điều khiển sản xuất liên quan tới việc quản lý và điều khiển các hoạt động sản xuất trong nhà máy. Điều khiển quá trình, điều khiển chất lượng, điều khiển sản xuất phân xưởng và giám sát quá trình đều nằm trong vùng chức năng của điều khiển sản xuất. Ở đây, máy tính tham gia trực tiếp (online) vào các hoạt động sản xuất trong nhà máy. Các ứng dụng của điều khiển quá trình sử dụng máy tính là khá phổ biến trong các hệ thống sản xuất tự động hiện nay. Chúng bao gồm các dây chuyền vận chuyển, các hệ thống lắp ráp, điều khiển số, kỹ thuật rôbôt, vận chuyển nguyên vật liệu và hệ thống sản xuất linh hoạt.

Điều khiển hoạt động sản xuất phân xưởng liên quan tới việc thu thập dữ liệu từ các hoạt động và sử dụng các dữ liệu đó để trợ giúp điều khiển sản xuất và lưu trữ trong nhà máy. Các công nghệ thu thập dữ liệu máy tính hoá và giám sát quá trình bằng máy tính đang là phương tiện được đánh giá cao trong hoạt động sản xuất phân xưởng hiện tại.

## **8.3 Hệ thống CAD/CAM**

Khái niệm CAD/CAM dù đã có từ rất lâu nhưng vẫn đang tiếp tục được phát triển và mở rộng. Ban đầu, CAD và CAM được sử dụng độc lập để mô tả việc lập trình bộ phận với sự trợ giúp của máy tính và các bản vẽ, đồ họa dưới sự trợ giúp của máy tính. Trong những năm gần đây hai khái niệm này được nối kết với nhau để tạo ra khái niệm thống nhất CAD/CAM, biểu diễn một phương pháp tích hợp máy tính trong toàn bộ quá trình sản xuất, bao trùm cả hai pha thiết kế và sản xuất. Cụ thể trong pha thiết kế bao gồm toàn bộ các hoạt động liên quan đến các dữ liệu kỹ thuật như bản vẽ, các mô hình hình học, phân tích các phần tử hữu hạn, bản kê các chi tiết và kế hoạch kế hoạch, thông tin chương trình NC. Trong pha sản xuất bao trùm các ứng dụng của máy tính trong lập kế hoạch quá trình, điều độ sản xuất, NC, CNC, quản lý chất lượng và lắp ráp.

Mục đích của tích hợp CAD/CAM là hệ thống hoá dòng thông tin từ khi bắt đầu thiết kế sản phẩm tới khi hoàn thành quá trình sản xuất. Chuỗi

các bước được tiến hành với việc vào dữ liệu hình học, tiếp tục với việc lưu trữ và xử lý bổ sung, và kết thúc với việc chuyển các dữ liệu này thành thông tin điều khiển cho quá trình gia công, di chuyển nguyên vật liệu và kiểm tra tự động được gọi là kỹ thuật được trợ giúp bởi máy tính CAE (*Computer-Aided Engineering*) và được coi như kết quả của việc kết nối CAD và CAM.

Mục đích của công nghệ CAE không chỉ thay thế con người bằng các thiết bị máy tính hoá mà còn nâng cao năng lực của con người để phát minh các ý tưởng và các sản phẩm mới.

#### **8.4 Sản xuất tích hợp máy tính hoá CIM (Computer Integrated Manufacturing)**

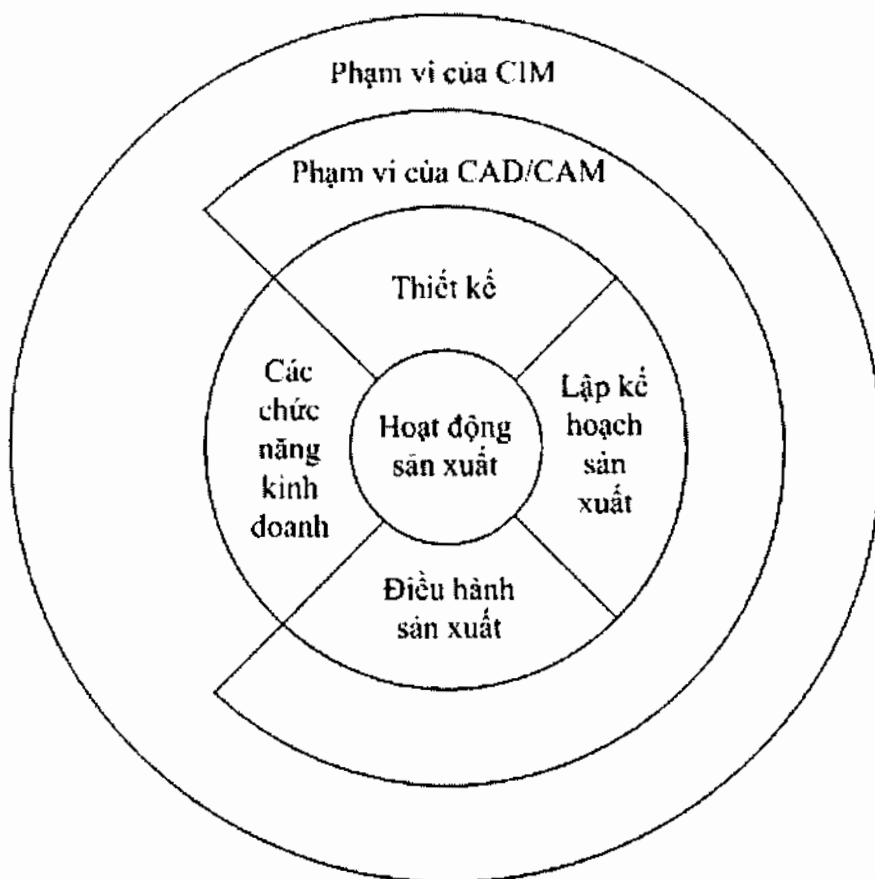
Sản xuất tích hợp máy tính hoá bao gồm tất cả các chức năng kỹ thuật của CAD/CAM và cũng như các chức năng kinh doanh. Các hệ thống CIM lý tưởng áp dụng công nghệ máy tính đối với tất cả các chức năng vận hành và xử lý thông tin trong sản xuất, từ lên đơn đặt hàng, thiết kế và sản xuất tới giao sản phẩm tới khách hàng. Phạm vi tác động của CIM rộng hơn so với phạm vi của CAD/CAM được mô tả như trên hình 8.4.

Khái niệm CIM có nghĩa là tất cả các hoạt động của doanh nghiệp liên quan đến hoạt động sản xuất đều được kết hợp lại trong một hệ thống máy tính để được hỗ trợ, được tự động hoá. Hệ thống máy tính toả rộng và tác động vào tất cả các hoạt động trong doanh nghiệp. Đây là một hệ thống tích hợp, đầu ra của một hoạt động này là đầu vào của một hoạt động khác, tạo thành một dây chuyền các sự kiện bắt đầu từ khâu đặt hàng tới tận khâu chuyển giao sản phẩm. Thành phần của hệ thống CIM và mối quan hệ của nó với mô hình sản xuất được minh hoạ trên hình 8.5.

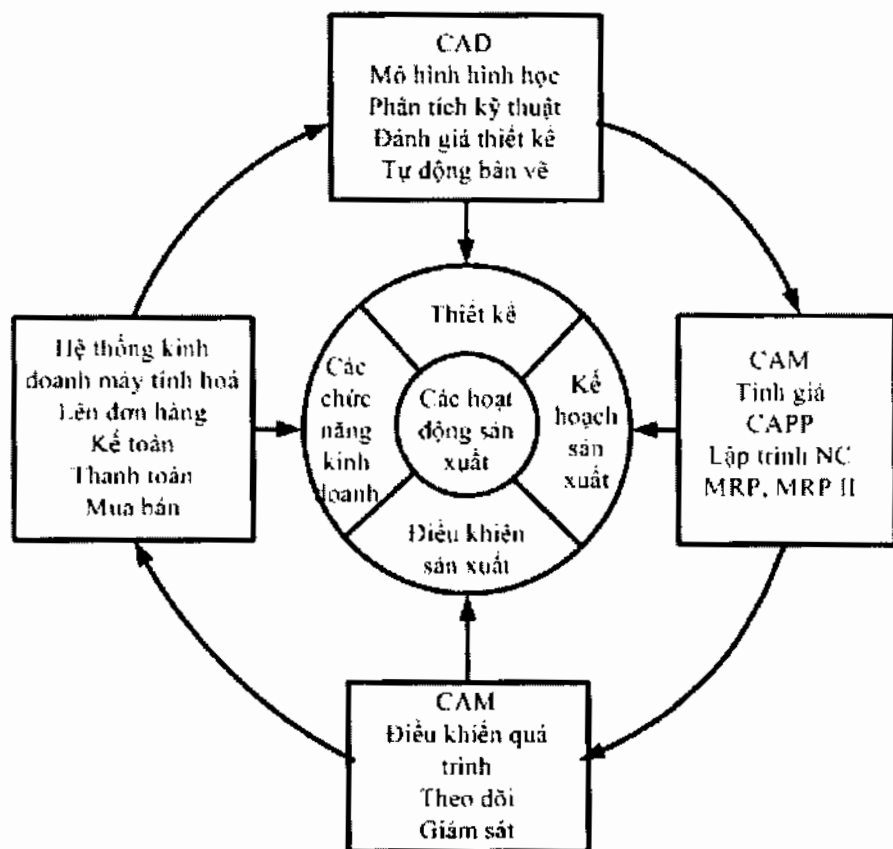
Đơn đặt hàng sẽ được nhập vào phòng bán hàng của công ty nhờ hệ thống đặt hàng máy tính hoá. Các đơn đặt hàng này bao gồm các thông số đặc trưng của sản phẩm, các thông số này sẽ là đầu vào của phòng thiết kế sản phẩm. Các sản phẩm mới sẽ được thiết kế trong hệ thống CAD. Các phần tử tạo nên sản phẩm sẽ được thiết kế và chuyển thành cấu trúc vật tư sản phẩm, sau đó sơ đồ lắp ráp được chuẩn bị. Đầu ra của phòng thiết kế sẽ là đầu vào của phòng kỹ thuật sản xuất, tại đây việc lập kế hoạch quá trình gia công, thiết kế công cụ và các hoạt động chuẩn bị cho sản xuất được thực hiện. Đầu ra của phòng kỹ thuật sản xuất được đưa vào phòng lập kế hoạch và điều khiển sản xuất, tại đây kế hoạch về nhu cầu nguyên vật liệu và điều độ được thực hiện bởi hệ thống máy tính.



Các hoạt động sản xuất được trợ giúp bởi máy tính có thể rơi vào vùng lập kế hoạch quá trình hoặc lập kế hoạch sản xuất. Lập kế hoạch quá trình liên quan đến việc chuẩn bị các tài liệu về kế hoạch sản xuất sản phẩm, chức năng này được thực hiện bởi hệ thống lập kế hoạch quá trình với sự trợ giúp của máy tính CAPP (*Computer-Aided Process Planning*). Một số chức năng trong quản lý sản xuất liên quan đến lập kế hoạch như lập kế hoạch về nhu cầu nguyên vật liệu MRP (*Material Requirement Planning*) và lập kế hoạch về năng lực CP (*Capacity Planning*).



Hình 8.4 Phạm vi các chức năng của CAD/CAM và CIM.



Hình 8.5 Các thành phần của CIM trong một hệ thống sản xuất.

### 8.5 Lập kế hoạch quá trình với sự trợ giúp của máy tính (Computer Aided Process Planning - CAPP)

Lập kế hoạch quá trình dưới sự trợ giúp của máy tính biểu diễn cầu nối giữa thiết kế và sản xuất, nhằm xác định trình tự gia công và lắp ráp cần thực hiện để tạo ra sản phẩm. Trình tự này được đưa ra dưới dạng văn bản, gọi là bảng lộ trình. Bảng lộ trình điển hình tập hợp tất cả các hoạt động sản xuất, các phân xưởng gia công, dụng cụ gá, công cụ yêu cầu và thời gian tiêu chuẩn cho mỗi công đoạn gia công.

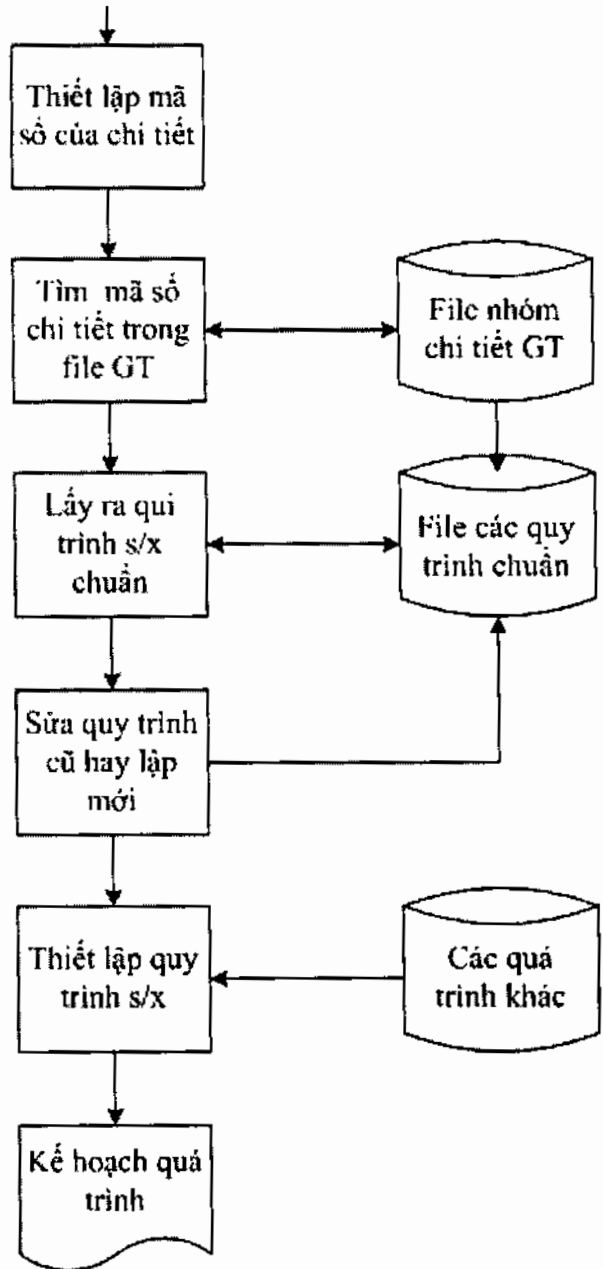
Các hệ thống lập kế hoạch quá trình được thiết kế theo hai hướng chính:

- Các hệ thống CAPP phục hồi (retrieval CAPP systems),
- Các hệ thống CAPP tạo lập (generative CAPP systems).

### 8.5.1 Các hệ thống lập kế hoạch quá trình kiểu phức hồi

Hệ thống này dựa trên các luật của nhóm công nghệ, hệ thống mã hoá và phân loại chi tiết. Bảng lộ trình được lưu giữ trong máy tính dưới dạng file cho mỗi số mã của từng chi tiết. Các bảng lộ trình được lập dựa vào lộ trình của các chi tiết hiện có trong xí nghiệp hoặc dựa trên kế hoạch lý tưởng được chuẩn bị cho mỗi nhóm chi tiết.

Một hệ thống CAPP kiểu phức hồi hoạt động như trên hình 8.6. Người sử dụng sẽ nhận số mã của chi tiết. Với số mã này, người ta sẽ tìm kiếm file nhóm chi tiết để xác định liệu bảng lộ trình có sẵn có cho mã của chi tiết đó không. Nếu tìm được file đó, nó sẽ được đưa ra và hiển thị cho người sử dụng. Kế hoạch lập trình chuẩn sẽ được kiểm tra để xác định có cần thiết phải chỉnh sửa hay không. Cũng có thể xảy ra trường hợp chi tiết mới có cùng số mã nhưng có sự khác biệt nhỏ trong quá trình gia công tạo chi tiết. Người sử dụng sẽ soạn thảo lại kế hoạch chuẩn cho phù hợp. Nếu file không có kế hoạch chuẩn cho mã chi tiết, người sử dụng phải tìm trong các file khác cho số mã gần tương tự có bảng lộ trình chuẩn. Sau đó bằng



Hình 8.6 Hệ thống lập kế hoạch kiểu phức hồi.

việc chỉnh sửa lại kế hoạch hiện có hoặc trở về từ vị trí ban đầu, người sử dụng sẽ viết lại một bản lộ trình cho một chi tiết mới, đó chính là kế hoạch lộ trình chuẩn của một mã chi tiết mới. Sau đó bộ tạo dạng kế hoạch quá trình được in ra dưới dạng chuẩn. Bộ tạo dạng này sẽ gọi các chương trình ứng dụng khác như xác định tình trạng hoạt động của các máy công cụ khác nhau trong trình tự, tính toán thời gian chuẩn cho mỗi hoạt động, tính chi phí sơ bộ cho các hoạt động...

### **8.5.2 Các hệ thống CAPP tạo lập**

Hệ thống CAPP tạo lập đưa ra kế hoạch quá trình trên cơ sở các thủ tục logic tương tự như các thủ tục người lập kế hoạch thường sử dụng. Trong các hệ thống CAPP tạo lập hoàn chỉnh, các trình tự về quá trình được lập kế hoạch tự động không có sự can thiệp của con người cũng như không cần có sẵn một chuẩn định trước cho lập kế hoạch. Việc thiết kế hệ thống CAPP tạo lập có thể coi như một phần của hệ thống chuyên gia hay trí thông minh nhân tạo trong đó chương trình trên máy tính có khả năng giải quyết các vấn đề phức tạp thường được giải quyết bởi người được đào tạo và có kinh nghiệm.

Có một số tích hợp được yêu cầu trong hệ thống CAPP tự phát. Đầu tiên, các kiến thức sản xuất là logic được sử dụng thành công bởi những người lập trình giàu kinh nghiệm sẽ được giữ lại và mã hoá trong chương trình máy tính. Kiến thức và logic này sẽ trở thành cơ sở kiến thức (knowledge base) và được sử dụng để tiến hành lập kế hoạch quá trình. Bước tích hợp thứ hai là việc mô tả trên máy tính các chi tiết cần sản xuất. Mô tả này bao gồm tất cả các dữ liệu và thông tin thích hợp cần thiết cho lập kế hoạch các trình tự gia công. Hai phương thức có thể để mô tả chi tiết là: (1) mô hình hình học của chi tiết trên hệ thống CAD trong quá trình thiết kế sản phẩm và (2) mã GT của chi tiết định nghĩa các đặc điểm của chi tiết. Bước thứ ba của tích hợp trong hệ thống CAPP tự phát là ứng dụng các hiểu biết về quá trình và logic lập kế hoạch trong cơ sở kiến thức để lập kế hoạch quá trình cho chi tiết mới.

### **8.5.3 Hệ thống lập kế hoạch sản xuất tích hợp máy tính hoá**

Có thể kể ra các vấn đề chung thường gặp khi lập kế hoạch và quản lý các hoạt động sản xuất trong một doanh nghiệp như sau:

1. *Các vấn đề về năng lực.* Sản xuất không đáp ứng tiến độ theo kế hoạch do thiếu sức người và thiết bị. Điều này sẽ dẫn đến việc phải làm thêm quá nhiều giờ, giao hàng chậm, khách hàng phàn nàn.

2. *Điều độ sản xuất không tối ưu.* Công việc được sắp đặt một cách không hợp lý do thiếu sự ưu tiên rõ ràng, các luật điều độ không đầy đủ và tình trạng thay đổi liên tục các nhiệm vụ. Hậu quả là các hoạt động sản xuất bị gián đoạn do các công việc có ưu tiên cao hơn bất ngờ xuất hiện, các quá trình chuẩn bị bị kéo dài và các công việc không còn theo đúng lịch trình nữa.

3. *Thời gian sản xuất kéo dài.* Để khắc phục hậu quả của hai vấn đề trên, người lập kế hoạch sản xuất thường đưa ra phương án làm thêm giờ. Phân xưởng trở nên quá tải, các thứ tự ưu tiên các đơn đặt hàng trở nên lộn xộn và dẫn đến thời gian sản xuất kéo dài.

4. *Quản lý lượng tồn kho không hiệu quả.* Trong khi tổng lưu kho của nguyên vật liệu thô, sản phẩm dở dang và sản phẩm cuối đều cao thì lại có tình trạng thiếu một số nguyên vật liệu khác cần cho sản xuất. Tồn kho lớn dẫn tới việc chi phí cho lưu kho lớn, thiếu nguyên vật liệu gây nên đình trệ sản xuất.

5. *Mức độ sử dụng máy kém.* Điều này xảy ra một phần do điều độ kém và do một số yếu tố khác như máy hỏng, đình công, nhu cầu về sản phẩm giảm.

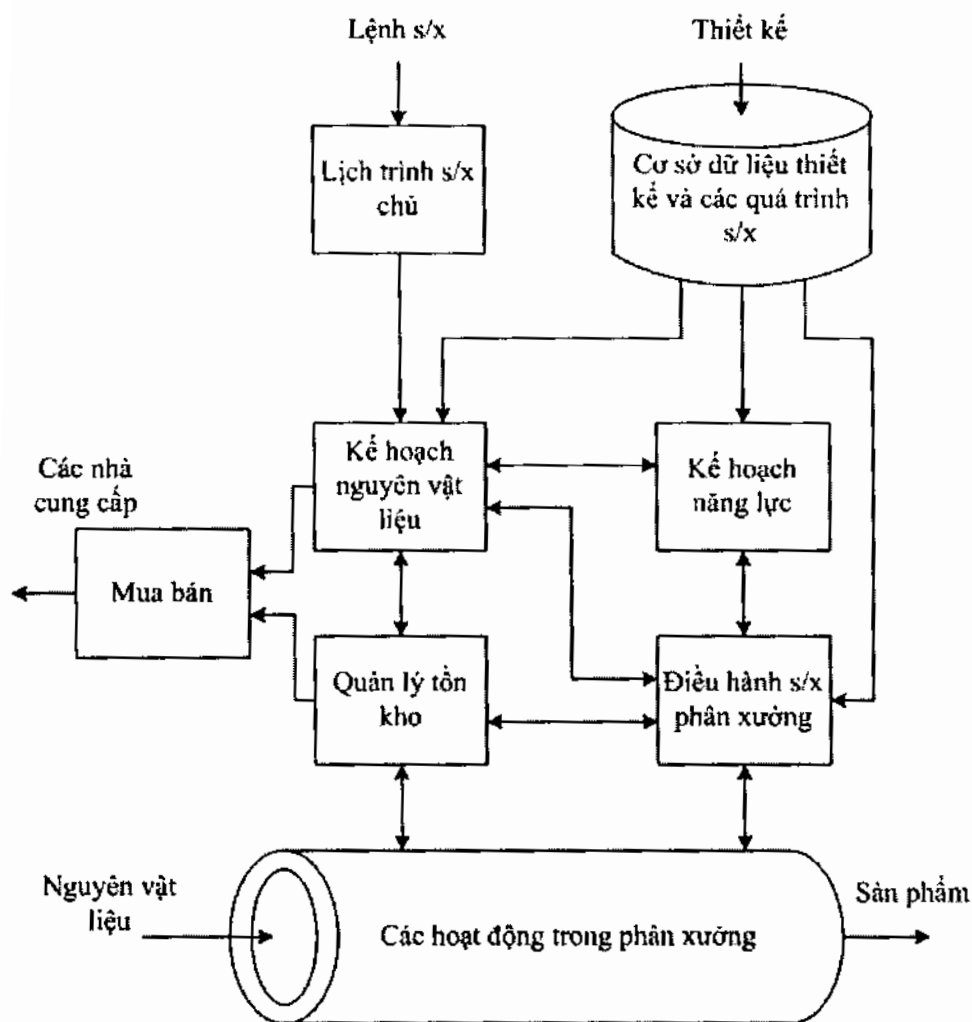
6. *Các quy trình gia công không được tuân thủ.* Điều này thường xảy ra đối với những lộ trình sản xuất tuần tự, ví dụ xảy ra do hiện tượng "thắt cổ chai"(bottleneck) trong các trung tâm gia công

7. *Sai lệch trong các tài liệu kỹ thuật và sản xuất.* Ví dụ như cấu trúc vật tư sản phẩm không đúng, lộ trình sản xuất không phù hợp với sự thay đổi kỹ thuật mới nhất, bản ghi tồn kho sai lệch và bộ đếm sản phẩm hoạt động không chính xác.

8. *Các vấn đề về chất lượng.* Lỗi thường xảy ra trong các chi tiết và sản phẩm sẽ gây ra việc trả hàng chậm.

Các vấn đề trên đây đặt ra yêu cầu phải có một hệ thống tốt hơn phục vụ công việc lập kế hoạch và vận hành sản xuất. Ngày nay, người ta đã đưa máy tính vào thay thế một số công việc lập kế hoạch trước kia được thực hiện bởi con người. Một cách lý tưởng thì các hệ thống máy tính hoá đều được nối với nhau trong nhà máy. Trên hình 8.7 thể hiện sơ đồ khối mô tả các chức năng cơ bản và các hoạt động cần được thực hiện trong hệ thống lập kế hoạch sản xuất.

Các chức năng chính của hệ thống lập kế hoạch sản xuất máy tính hoá bao gồm:



Hình 8.7 Các chức năng cơ bản và các hoạt động điển hình trong lập kế hoạch và điều hành sản xuất.

1. *Lịch trình sản xuất chủ (Master Production Schedule - MPS)*. Lịch trình sản xuất chủ là danh mục các sản phẩm cần phải sản xuất, thời gian và số lượng phải giao các mặt hàng này. Lịch trình này được lập từ các đơn đặt hàng và dự báo về nhu cầu trong tương lai, nó là kế hoạch sản xuất của công ty, là đầu vào của khâu lập kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu.

2. *Kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu (Material Requirements Planning - MRP)*. MRP là một thủ tục được máy tính hoá để xác định khi nào cần đặt hàng nguyên vật liệu và các chi tiết, linh kiện cấu thành sản phẩm. MRP có

thể được sử dụng để sắp xếp lại các đơn đặt hàng đáp ứng với sự thay đổi mức độ ưu tiên trong sản xuất cũng như sự thay đổi của nhu cầu từ phía khách hàng. Lập kế hoạch phân cấp là máy tính hoá khâu lập kế hoạch dự trữ theo thời gian về nguyên vật liệu thô, các sản phẩm dở dang và các sản phẩm cuối cùng.

3. *Lập kế hoạch nguồn lực (Capacity Planning)*. Nếu MRP là lập kế hoạch dự trữ nguyên vật liệu thì kế hoạch nguồn lực liên quan đến các nguồn lực cần sử dụng trong hoạt động sản xuất như con người, số máy móc, thời gian làm việc trong một ca, ...

Ngoài các chức năng về lập kế hoạch trên đây, một số chức năng khác trong chu kỳ sản xuất cũng ảnh hưởng đến kế hoạch sản xuất, đó là:

4. *Cơ sở dữ liệu sản xuất và kỹ thuật*. Cơ sở dữ liệu này bao gồm các thông tin kỹ thuật cần thiết để làm ra các chi tiết, các bộ phận cấu thành sản phẩm. Các dữ liệu kỹ thuật bao gồm thiết kế sản phẩm, các đặc tính về nguyên vật liệu, cấu trúc vật tư sản phẩm, kế hoạch quá trình... Các dữ liệu kỹ thuật và sản xuất được sử dụng để lập kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu MRP và lập kế hoạch năng lực CP.

5. *Quản lý tồn kho*. Quản lý tồn kho trong môi trường sản xuất nhằm giữ mức đầu tư thấp nhất về nguyên vật liệu, sản phẩm dở dang, các sản phẩm cuối, mà không làm gián đoạn sản xuất hoặc gây nguy hại cho dịch vụ khách hàng.

6. *Mua bán*. Bộ phận mua bán có trách nhiệm đặt hàng theo yêu cầu của kế hoạch dự trữ vật tư và chức năng quản lý tồn kho. Đánh giá và duy trì mối quan hệ với các nhà cung cấp là chức năng chính của bộ phận mua bán.

7. *Điều khiển sản xuất phân xưởng*. Điều khiển sản xuất phân xưởng liên quan đến việc theo dõi tiến độ và giám sát quá trình trong nhà máy và thông báo về tình trạng của từng đơn đặt hàng tới bộ phận quản lý. Đây cũng là một phần trong chức năng lập kế hoạch và điều hành sản xuất.

#### **8.5.4 Lập kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu (MRP)**

Kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu MRP là một kỹ thuật tính toán nhằm chuyển lịch trình sản xuất chủ thành kế hoạch chi tiết về nhu cầu của các nguyên vật liệu và các chi tiết bộ phận cấu thành sản phẩm cuối. Kế hoạch này xác định số lượng của mỗi loại nguyên vật liệu thô và các chi tiết bộ phận. Đồng thời MRP cũng chỉ ra khi nào những mặt hàng này cần được đặt hàng và được nhập về theo yêu cầu của lịch trình sản xuất chủ. MRP là một

phương pháp điều khiển tồn kho, một công cụ để giảm các chi phí do lưu kho không cần thiết, ngoài ra nó cũng giúp ích hữu hiệu cho công tác lập kế hoạch sản xuất và mua nguyên vật liệu.

## 1. Các khái niệm cơ bản trong MRP

Kế hoạch về nhu cầu nguyên vật liệu thường dựa trên cơ sở của các khái niệm sau:

- *Các yêu cầu độc lập và các yêu cầu phụ thuộc.*
- *Thời gian sản xuất.*
- *Các phần tử dùng chung.*

*Yêu cầu độc lập* là yêu cầu cho một sản phẩm không phụ thuộc vào yêu cầu của các loại sản phẩm khác. Các sản phẩm cuối là các ví dụ về yêu cầu độc lập. *Nhu cầu độc lập* được xác định qua các đơn đặt hàng hay thông qua dự báo về nhu cầu trên thị trường. *Nhu cầu phụ thuộc* cần phải được tính toán vì nó là một bộ phận cấu thành của một sản phẩm lớn hơn, ví dụ như nhu cầu của nguyên vật liệu thô, các chi tiết đang được lắp ráp. MRP là một phương pháp xác định số lượng phần tử phụ thuộc như nguyên vật liệu, các chi tiết đơn lẻ hoặc các chi tiết thành phần được yêu cầu.

*Thời gian sản xuất* là thời gian hoàn tất công việc từ lúc bắt đầu đến kết thúc. Thời gian sản xuất trong MRP được chia làm hai loại: thời gian đặt hàng và thời gian sản xuất trực tiếp.

*Các phần tử dùng chung* là các nguyên vật liệu và các chi tiết bộ phận được sử dụng cho nhiều sản phẩm. MRP sẽ tự động tính toán nhu cầu tổng của các phần tử dùng chung từ các sản phẩm khác nhau để tăng hiệu suất kinh tế trong đặt hàng cũng như sản xuất các chi tiết này.

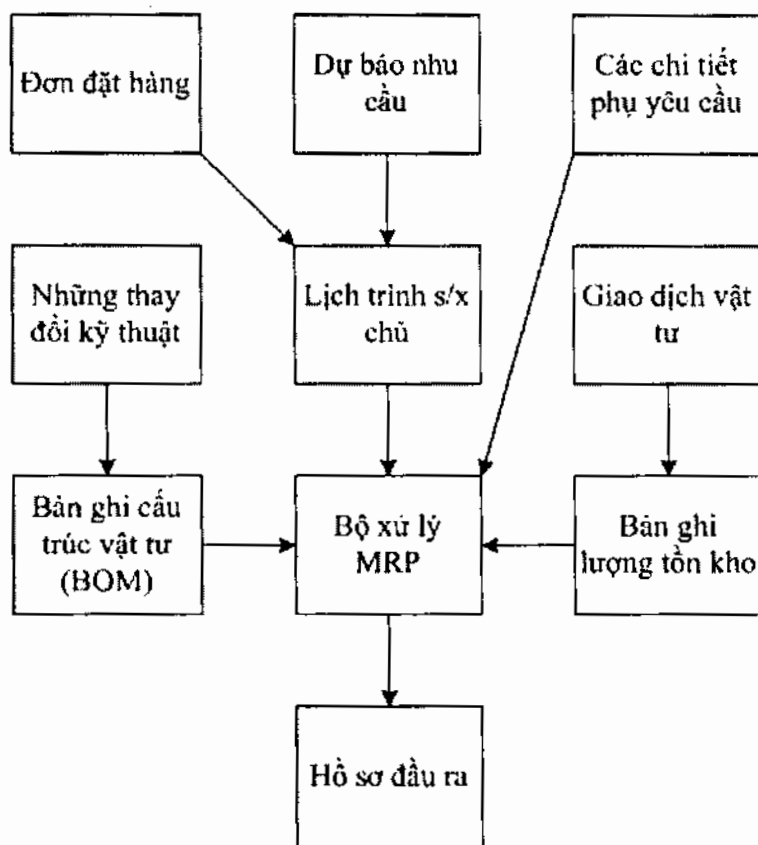
## 2. Các dữ liệu đầu vào của hệ thống MRP

Để chạy chương trình MRP, cần có các dữ liệu đưa tới bộ xử lý của MRP, các file dữ liệu này bao gồm:

- *Lịch trình sản xuất chủ.*
- *Cấu trúc vật tư sản phẩm.*
- *Bản ghi tồn kho.*

Hình 8.8 thể hiện cấu trúc của một hệ thống MRP, qua đó có thể thấy được dòng chảy thông tin và quá trình chuyển biến chúng thành các hồ sơ đầu ra hữu ích.





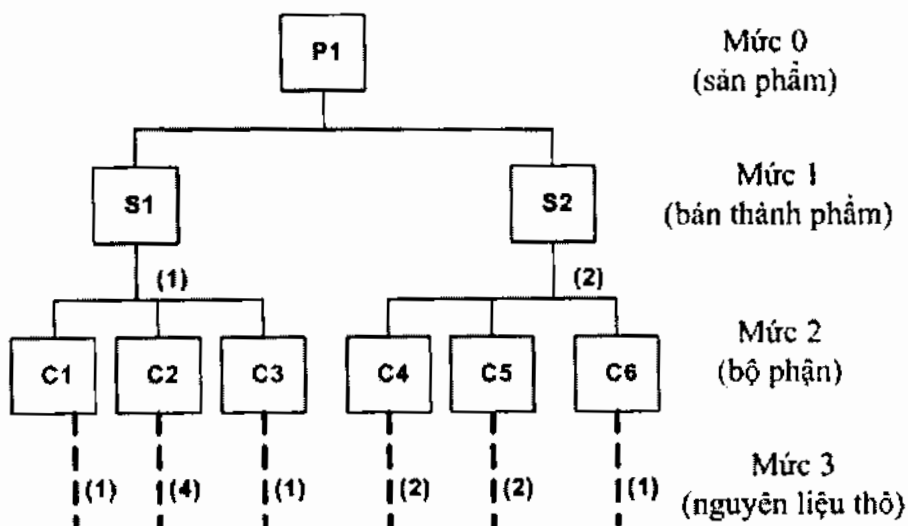
Hình 8.8 Cấu trúc của hệ thống lập kế hoạch nhu cầu vật tư.

**Lịch trình sản xuất chủ** (*Master Production Schedule*) là một bảng kê của các sản phẩm cuối cần được sản xuất, số lượng yêu cầu và thời gian sản phẩm sẵn sàng để chuyển tới khách hàng. Một ví dụ về điều độ sản xuất chủ được trình bày trên hình 8.9. Các doanh nghiệp sản xuất thường sử dụng kế hoạch giao hàng hàng tháng hoặc hàng tuần. Trong hình 8.9, điều độ sản xuất chủ sử dụng đơn vị tuần. Lịch trình sản xuất chủ phải dựa trên đánh giá chính xác yêu cầu và năng lực sản xuất của nhà máy.

Thời gian (Tuần)	6	7	8	9	10
Sản phẩm P1			50		100
Sản phẩm P2		70	80	25	
...					

Hình 8.9 Ví dụ về một lịch trình sản xuất chủ (Yêu cầu sản xuất theo các tuần).

**Cấu trúc vật tư sản phẩm** (Bill of Materials - BOM) được sử dụng để tính toán nhu cầu nguyên vật liệu và các chi tiết bộ phận của sản phẩm cuối được liệt kê trong lịch trình sản xuất chủ. Ví dụ về cấu trúc của một sản phẩm lắp ráp được trình bày trên hình 8.10.



Hình 8.10 Cấu trúc vật tư của sản phẩm P1.

Đây là một sản phẩm đơn giản trong đó các chi tiết bộ phận C1 ÷ C6 tạo nên hai cụm chi tiết bán thành phẩm S1÷S2, từ đó hợp thành sản phẩm P1. Cấu trúc sản phẩm này có dạng hình chóp, với các phần tử ở mức thấp tạo thành phần tử mức cao. Như trên hình 8.10, mức thấp nhất là nguyên vật liệu thô được sử dụng để tạo nên các chi tiết bộ phận. Mặt khác, cấu trúc sản phẩm cho thấy cần bao nhiêu phần tử từ mức thấp cho một phần tử ở mức cao hơn, bằng con số trong dấu ngoặc đơn dưới mỗi khối. Ví dụ cụm chi tiết S1 cần một phần tử C1, bốn phần tử C2 và một phần tử C3.

**Tập bản ghi tồn kho** bao gồm các dữ liệu về tồn kho của một loại mặt hàng nào đó. File này được chia làm ba phần:

a. *Dữ liệu chủ đạo*: Bao gồm số của chi tiết và các dữ liệu liên quan như các mô tả, thời gian sản xuất, chi phí, hạng, số tiêu thụ năm trước đó...

b. *Dữ liệu về trạng thái tồn kho*: Trong MRP, cần phải biết không chỉ mức tồn kho hiện tại mà còn sự thay đổi trong tương lai xảy ra sẽ có ảnh hưởng đến tồn kho như thế nào. Rõ ràng, thành phần này gồm có nhu cầu tổng thể cho phần tử, đơn nhập hàng đã định, số lượng hiện có và đơn xuất hàng theo kế hoạch.

c. *Dữ liệu bổ sung phụ trợ*: Bao gồm đơn đặt mua, từ chối, thay đổi kỹ thuật...

### 3. Hoạt động của MRP

Bộ xử lý MRP hoạt động trên các dữ liệu có trong lịch trình sản xuất chủ, file cấu trúc vật tư sản phẩm BOM và file tồn kho. Lịch trình sản xuất chủ đưa ra theo từng chu kỳ tập các sản phẩm cuối được yêu cầu. BOM định nghĩa các nguyên vật liệu và các chi tiết cần thiết cho sản phẩm cuối. File tồn kho bao gồm thông tin về trạng thái lưu kho hiện tại và tương lai của mỗi chi tiết. Chương trình MRP sẽ tính xem có bao nhiêu các chi tiết và nguyên vật liệu được yêu cầu bằng cách "nổ" (explode) yêu cầu sản phẩm cuối.

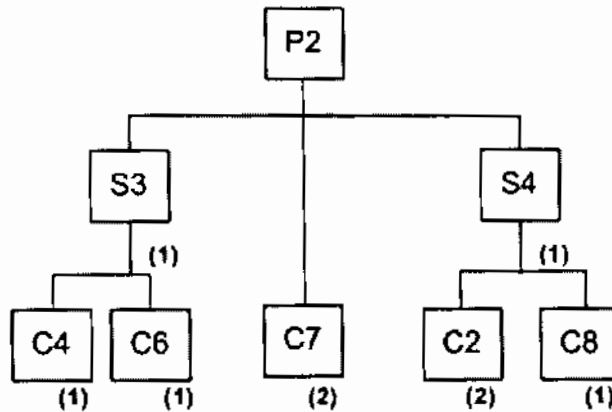
Như trong hình 8.9, cần sản xuất 50 sản phẩm P1 trong tuần thứ 8. Theo cấu trúc sản phẩm ở hình 8.10, 50 sản phẩm P1 sẽ "nổ" thành 50 đơn vị bán thành phẩm S1 và 100 đơn vị S2. Số lượng chi tiết bộ phận cần như sau: 50 đơn vị C1, 200 đơn vị C2, 50 đơn vị C3 và 200 đơn vị C4, 200 đơn vị C5 và 100 đơn vị C6. Số lượng nguyên vật liệu yêu cầu cũng sẽ được tính tương tự.

Các yếu tố ảnh hưởng đến việc "nổ" cấu trúc nguyên vật liệu và các bộ phận của MRP:

- Số lượng các chi tiết và các cụm bán thành phẩm đưa ra là nhu cầu tổng thể, tuy nhiên một số chi tiết và cụm chi tiết lắp ráp đã có thể có trong kho hoặc đang được đặt hàng. Do vậy nhu cầu thực phải được tính toán bằng cách lấy nhu cầu tổng thể trừ đi lượng đặt hàng hoặc tồn kho.

- Yếu tố thứ hai ảnh hưởng đến chương trình MRP là thời gian đặt hàng và thời gian sản xuất. Bộ xử lý MRP sẽ xác định khi nào bắt đầu lắp ráp các cụm chi tiết bằng cách lấy thời hạn cuối trừ đi thời gian sản xuất. Tương tự như vậy cho thời điểm bắt đầu sản xuất các chi tiết đơn. Cuối cùng, chương trình về nhu cầu nguyên vật liệu để chế tạo các chi tiết đó được tính bằng cách trừ đi thời gian đặt hàng.

- Yếu tố thứ ba là các thành phần dùng chung. Một vài nguyên vật liệu và chi tiết được dùng chung cho một số đối tượng. Bộ xử lý MRP phải chọn các thành phần dùng chung đó khi “nở”. Tổng số lượng cho mỗi thành phần sử dụng chung sau đó được kết hợp với nhau thành nhu cầu thực cho mỗi thành phần.



Hình 8.11 Cấu trúc vật tư của P2.

**Ví dụ 8.1.** Để minh họa phương thức làm việc của MRP, hãy xem xét một thủ tục lập kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu của M4 được sử dụng để chế tạo các sản phẩm P1 và P2. Lịch trình sản xuất chủ của P1 và P2 được cho trong hình 8.9. Nguyên vật liệu M4 cũng được sử dụng trong P2 được chỉ ra trong sơ đồ cấu trúc sản phẩm (hình 8.11). Chi tiết C4 được tạo ra từ nguyên vật liệu M4. Một đơn vị M4 cần thiết để sản xuất một đơn vị C4. Lưu ý phần tử C4 là phần tử dùng chung cho cả P1 và P2. Thời gian sản xuất và đặt hàng cần thiết để đưa vào bộ xử lý MRP như sau:

P1: thời gian lắp đặt = 1 tuần;

P2: thời gian lắp đặt = 1 tuần;  
 S2: thời gian lắp đặt = 1 tuần;  
 S3: thời gian lắp đặt = 1 tuần;  
 C4: thời gian sản xuất = 2 tuần;  
 M4: thời gian đặt hàng = 3 tuần.

Các trạng thái đặt hàng và tồn kho của phần tử M4 được chỉ ra trên hình 8.12. Các phần tử khác không có sẵn trong kho hoặc nhập trước.

Chu kỳ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Phần tử: Nguyên vật liệu M4</b>										
Nhu cầu tổng thể										
Đơn nhập hàng đã định			40							
Số lượng hiện có	50		90							
Nhu cầu thực										
Đơn xuất hàng theo kế hoạch										

Hình 8.12 Tình trạng lưu kho của vật tư M4.

### Bài giải.

Các yêu cầu xuất xưởng các sản phẩm P1 và P2 cần phải tính thêm vào một tuần cho thời gian lắp đặt. Các yêu cầu đặt hàng này kéo theo yêu cầu về các bán thành phẩm S2 (cho P1) và S3 (cho P2). Yêu cầu về bán thành phẩm chỉ có được sau một tuần lắp ráp và tổng lại (ở tuần thứ 6) thành yêu cầu đối với bộ phận C4. Yêu cầu này cũng là yêu cầu đối với P1, P2, S2, S3 và C4 vì không có sẵn lưu kho. Có thể thấy cách tính toán ra các yêu cầu qua xem xét yêu cầu theo thời gian của nguyên vật liệu M4. Với M4 đã có sẵn 50 đơn vị trong kho, cộng với 40 đơn vị sắp nhận được theo kế hoạch để đáp ứng nhu cầu tổng về M4 là 70 đơn vị trong tuần thứ 3. Sau khi đáp ứng nhu cầu, còn lại 20 đơn vị M4 dành cho nhu cầu tới 280 đơn vị M4 trong tuần thứ 4. Nhu cầu thực sự tại tuần thứ 4 đối với M4 sẽ là  $280 - 20 = 260$  đơn vị. Do thời gian đặt hàng là 3 tuần nên tại tuần thứ 1 ta phải đặt hàng 260 đơn vị. Các tính toán chi tiết của lời giải được cho trên hình 8.13.

Chu kỳ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Phân tử: Sản phẩm P1</b>										
Nhu cầu tổng thể								50		100
Đơn nhập hàng đã định										
Số lượng hiện có										
Nhu cầu thực								50		100
Đơn đặt hàng theo kế hoạch							50		100	
<b>Phân tử: Sản phẩm P2</b>										
Nhu cầu tổng thể							70	80	25	
Đơn nhập hàng đã định										
Số lượng hiện có										
Nhu cầu thực							70	80	25	
Đơn đặt hàng theo kế hoạch						70	80	25		
<b>Phân tử: Cụm chi tiết S2</b>										
Nhu cầu tổng thể							100		200	
Đơn nhập hàng đã định										
Số lượng hiện có										
Nhu cầu thực							100		200	
Đơn đặt hàng theo kế hoạch						100		200		
<b>Phân tử: Cụm chi tiết S3</b>										
Nhu cầu tổng thể							70	80	25	
Đơn nhập hàng đã định										
Số lượng hiện có										
Nhu cầu thực							70	80	25	
Đơn đặt hàng theo kế hoạch						70	80	25		
<b>Phân tử: Cụm chi tiết C4</b>										
Nhu cầu tổng thể						70	280	25	400	
Đơn nhập hàng đã định										
Số lượng hiện có										
Nhu cầu thực						70	280	25	400	
Đơn đặt hàng theo kế hoạch				70	280	25	400			
<b>Phân tử: Nguyên vật liệu M4</b>										
Nhu cầu tổng thể						70	280	25	400	
Đơn nhập hàng đã định			40							
Số lượng hiện có			90	20						
Nhu cầu thực			-20	260	25	400				
Đơn đặt hàng theo kế hoạch	260	25	400							

Hình 8.13 Kết quả tính toán của MRP cho ví dụ 8.1.

#### **4. Các hồ sơ đầu ra của MRP**

Các chương trình của MRP tạo ra rất nhiều các bản ghi được sử dụng trong lập kế hoạch và quản lý. Các bản ghi đầu ra bao gồm:

- Bản ghi đơn đặt hàng được lập kế hoạch bởi hệ thống MRP.
- Thông báo về đơn đặt hàng trong thời gian tới.
- Thông báo về điều độ lại chỉ ra sự thay đổi về hạn cuối cho các đặt hàng mở.
- Thông báo huỷ bỏ, chỉ ra các đơn hàng đã mở nào đó có thể bị huỷ bỏ do thay đổi trong lịch trình sản xuất chủ.
- Thông báo về tình trạng tồn kho.
- Các thông báo về giá, sử dụng...
- Các thông báo ngoại lệ.

### **8.6 Lập kế hoạch nhu cầu năng lực sản xuất CRP (Capacity Requirement Planning)**

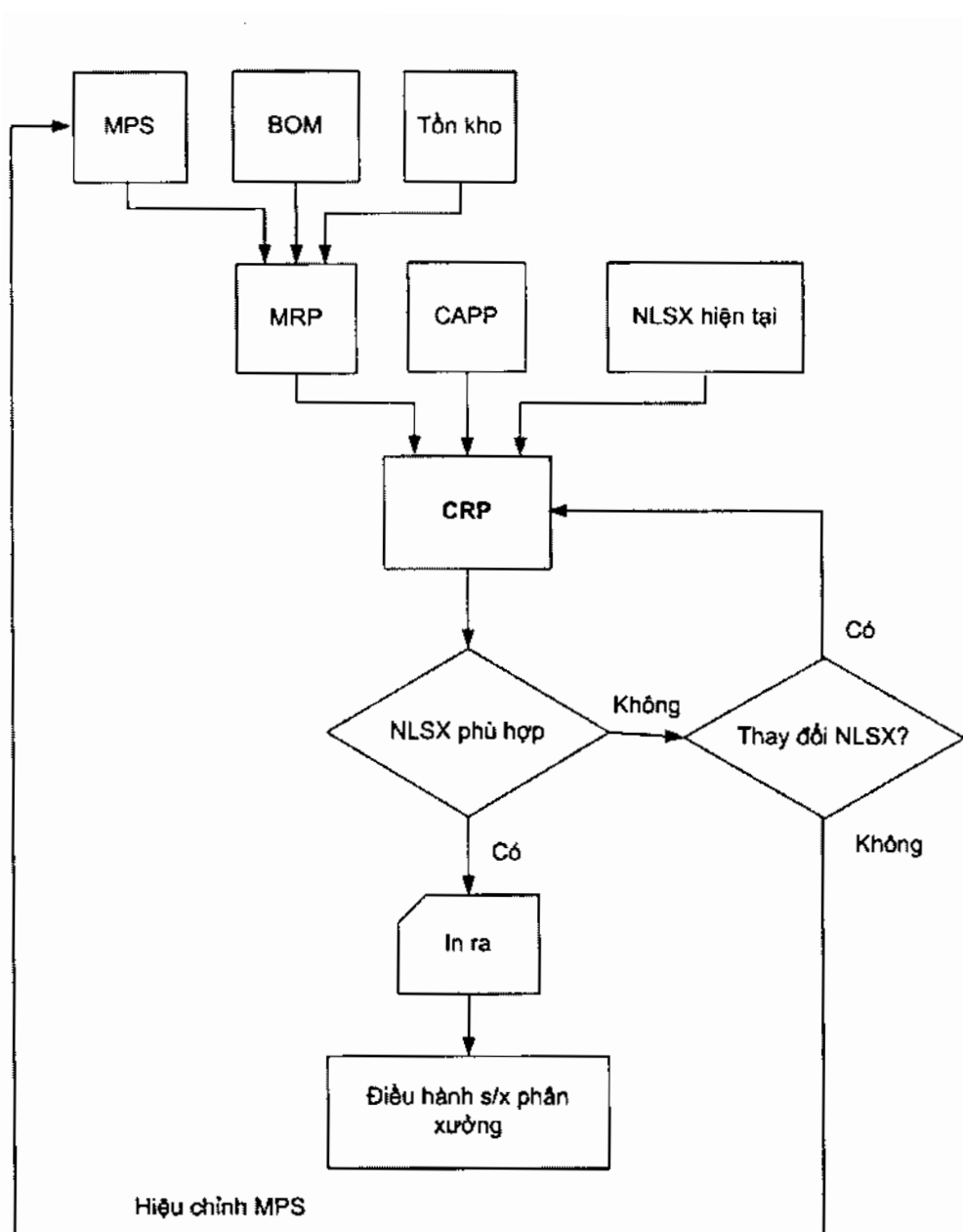
#### **8.6.1 Vai trò của CRP**

Lịch trình sản xuất chủ định nghĩa kế hoạch sản xuất của công ty theo chủng loại sản phẩm, số lượng bao nhiêu và khi nào phải giao sản phẩm tới khách hàng. Một lịch trình mang tính thực tế cần phải tính đến yếu tố năng lực sản xuất và các hạn chế của công ty trong việc sản xuất sản phẩm.

Lập kế hoạch năng lực liên quan đến việc xác định khả năng về nhân lực và thiết bị để đáp ứng lịch trình sản xuất chủ hiện tại cũng như nhu cầu sản xuất lâu dài của công ty. Lập kế hoạch năng lực có nhiệm vụ xác định hạn chế của nguồn lực sao cho các lịch trình sản xuất chủ không thực tế sẽ không được thiết lập.

#### **8.6.2 Cấu trúc của CRP**

Hình 8.14 biểu diễn sơ đồ cấu trúc của một hệ thống CRP. Đầu vào của hệ thống CRP bao gồm bản ghi về kế hoạch nhu cầu nguyên vật liệu MRP, kế hoạch quá trình CAPP và tình trạng nhân lực, máy móc, thiết bị. Đầu ra của hệ thống là các bản ghi báo cáo số giờ làm việc theo chu kỳ của từng máy.



Hình 8.14 Cấu trúc hệ thống lập kế hoạch nhu cầu năng lực (CRP).

### 8.6.3 Hoạt động của hệ thống CRP

Lịch trình sản xuất chủ MPS được chuyển thành nhu cầu nguyên vật liệu và các bộ phận cấu thành sản phẩm nhờ hệ thống MRP. Nhu cầu đó được chuyển thành nhu cầu về năng lực sản xuất (số giờ làm việc) của từng



loại máy được yêu cầu để sản xuất ra các phần tử đó. Tổng nhu cầu năng lực sản xuất sẽ được so sánh với năng lực sản xuất hiện tại của nhà máy. Nếu chênh lệch vượt quá phạm vi cho phép, cần phải hiệu chỉnh lịch trình sản xuất chủ MPS hoặc điều chỉnh lại năng lực sản xuất của nhà máy.

#### 8.6.4 Điều chỉnh năng lực sản xuất

Điều chỉnh năng lực được chia thành điều chỉnh dài hạn và ngắn hạn.

Điều chỉnh năng lực ngắn hạn bao gồm:

- *Điều chỉnh số nhân công.* Nhân công trong nhà máy cần tăng hoặc giảm để thay đổi nhu cầu năng lực.
- *Điều chỉnh số ca làm việc.* Số ca làm việc trong một chu kỳ sản xuất có thể tăng hoặc giảm theo nhu cầu năng lực.
- *Số giờ làm việc.* Số giờ làm việc trong ca có thể tăng học giảm thông qua làm ngoài giờ hoặc giảm giờ làm.
- *Dự trữ tồn kho.* Được sử dụng để duy trì số lượng nhân công trong giai đoạn nhu cầu thấp
- *Chậm trả hàng.* Phân phối sản phẩm tới khách hàng có thể bị trễ trong giai đoạn bận rộn trong khi nguồn lực sản xuất là không đủ để đáp ứng yêu cầu.
- *Ký hợp đồng phụ.* Chuyển bớt công việc sang các cơ sở khác trong giai đoạn bận rộn hoặc làm ngoài giờ.

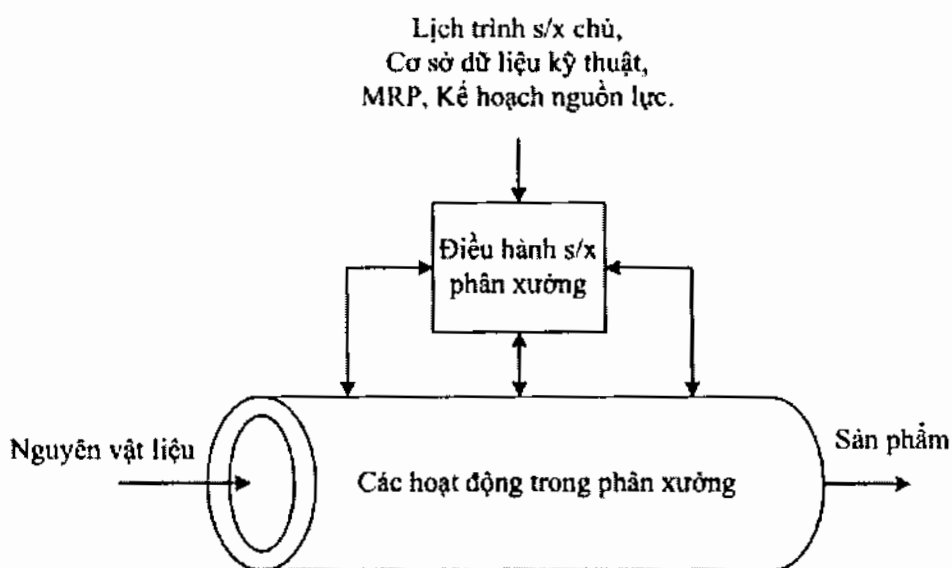
Điều chỉnh năng lực dài hạn bao gồm:

- *Đầu tư thiết bị mới.* Điều này liên quan đến việc đầu tư thêm máy móc thiết bị để đáp ứng yêu cầu sản xuất ngày càng tăng hoặc đầu tư vào các loại thiết bị hiện đại để đáp ứng nhu cầu đa dạng của sản phẩm trong tương lai.
- *Xây dựng nhà máy mới hoặc mua thêm các nhà máy đang có sẵn của các công ty khác.*
- *Đóng cửa nhà máy.* Điều này cần cân nhắc khi các nhà máy không còn cần thiết trong tương lai.

## 8.7 Điều khiển hoạt động sản xuất phân xưởng (Shop Floor Control - SFC)

### 8.7.1 Cấu trúc của hệ thống SFC

Điều khiển hoạt động sản xuất phân xưởng SFC có nhiệm vụ phát lệnh sản xuất tới nhà máy và điều khiển các hoạt động sản xuất tại các phân xưởng, giám sát việc thực hiện và thu thập thông tin tại các đơn vị sản xuất trong phân xưởng. Cấu trúc của một hệ thống SFC được biểu diễn trên hình 8.15.



Hình 8.15 Cấu trúc của hệ thống điều khiển hoạt động phân xưởng.

Đầu vào của SFC bao gồm:

- Cấu trúc dữ liệu thiết kế và sản xuất;
- Lịch trình sản xuất chủ;
- Lập kế hoạch quá trình;
- Kế hoạch nhu cầu năng lực.

Đầu ra của SFC bao gồm:

- Lệnh sản xuất;
- Mức độ ưu tiên.

## 8.7.2 Hoạt động của hệ thống SFC

Hệ thống SFC bao gồm ba bước thực hiện:

- Tiếp nhận đặt hàng sản xuất.
- Lập lịch trình sản xuất.
- Theo dõi tiến độ sản xuất.

### Tiếp nhận đặt hàng sản xuất

Trong bước tiếp nhận đặt hàng sản xuất hệ thống SFC phải cung cấp các tài liệu cần thiết để thực hiện đơn đặt hàng tới các phân xưởng. Các tài liệu này bao gồm các thông tin sau:

- Thông tin về cấu trúc sản phẩm bao gồm các thông số kỹ thuật của các chi tiết bộ phận cấu thành nên sản phẩm.
- Thông tin về lộ trình sản xuất bao gồm các thao tác sản xuất, trình tự, thời gian khởi động, thời gian chạy máy...
- Thông tin về nhu cầu nguyên vật liệu.
- Thông tin về nhóm máy bao gồm công suất của các máy, số giờ lao động trực tiếp...
- Vận chuyển nguyên vật liệu và các chi tiết giữa các phân xưởng.

### Lập lịch trình sản xuất

Để thiết lập nên lịch trình sản xuất SFC phải giải quyết hai vấn đề chính sau đây:

1. Vấn đề phân chia công việc cho các máy sản xuất.
2. Vấn đề lập lịch cho máy sản xuất.

Phân chia công việc giữa các máy sản xuất thực hiện theo yêu cầu của quy trình công nghệ. Nếu như số công việc nhiều hơn số máy sản xuất thì trên một số máy sẽ có một số công việc nằm chờ để được thực hiện. Ví dụ có 10 việc nằm chờ trước một máy. Vậy vấn đề đặt ra là máy làm việc nào trước, việc nào sau. Đó chính là bài toán lập lịch cho máy sản xuất. Để lập được lịch sản xuất phải xác định được thứ tự ưu tiên cho mỗi công việc. Thứ tự ưu tiên có thể thực hiện theo các quy tắc sau đây:

- *Việc phải xong trước được phục vụ trước.*
- *Thời gian gia công ngắn nhất.* Theo đó công việc nào yêu cầu thời gian gia công ngắn nhất sẽ được thực hiện trước.

- *Thời gian còn lại ngắn nhất.* Thời gian còn lại là hiệu giữa thời hạn phải giao và tổng thời gian dành cho gia công trên máy còn lại.
- *Hệ số tới hạn.* Công việc nào có hệ số tới hạn thấp nhất phải được xếp làm trước. Hệ số tới hạn của mỗi công việc là tỷ số giữa thời gian còn lại trước khi giao hàng chia cho tổng thời gian dành cho gia công còn lại.

#### **Theo dõi, giám sát tiến độ thực hiện đơn đặt hàng**

Khâu này có chức năng giám sát việc thực hiện các lệnh sản xuất trong nhà máy, các sản phẩm dở dang và các đặc tính của các quá trình sản xuất, cung cấp thông tin cho công tác quản lý trên cơ sở thu thập dữ liệu trong nhà máy.

## 9 NHÀ MÁY TỰ ĐỘNG TRONG TƯƠNG LAI

Sản xuất tích hợp máy tính hoá, các máy công cụ CNC, các hệ thống rôbot, hệ thống sản xuất linh hoạt, kiểm tra tự động, hệ thống điều khiển quá trình sử dụng máy tính đều hướng công nghệ sản xuất tới một mục tiêu: một nhà máy tự động hoàn toàn.

### 9.1 Các xu hướng trong sản xuất

Một số xu hướng trong tình hình sản xuất hiện tại sẽ định hình nhà máy trong tương lai. Các xu hướng này bắt nguồn từ mong muốn tìm ra phương thức mới để tăng năng suất và các cơ hội do sự phát triển của công nghệ mới mang lại. Các xu hướng đó bao gồm:

- *Vòng đời của sản phẩm ngắn đi:* Áp lực cạnh tranh hiện nay đòi hỏi các công ty phải phát triển và sản xuất các thể hệ sản phẩm mới phức tạp trong một thời gian ngắn nhất. Xe ô tô, máy bay, máy tính, các thiết bị nghe nhìn, máy công cụ là các ví dụ về xu hướng này. Vòng đời của sản phẩm ngắn đi không phải do chúng hòng học mà chủ yếu do các sản phẩm mới làm cho các sản phẩm này trở nên lỗi thời về mặt công nghệ. Các hệ thống CAD/CAM sẽ trợ giúp đặc lực quá trình phân tích, tổng hợp, đánh giá, diễn giải các thiết kế ít thời gian hơn các phương pháp thông thường.

- *Sự chú ý ngày càng tăng cho chất lượng và độ tin cậy:* Người tiêu dùng luôn quan tâm đến các sản phẩm chất lượng cao với giá thấp nhất có thể.

- *Các sản phẩm mang tính riêng biệt nhiều hơn:* Có rất nhiều các lựa chọn và đặc điểm riêng để đáp ứng các yêu cầu đặc biệt của khách hàng. Điều này dẫn đến việc kích cỡ lô sản xuất nhỏ hơn. Số lượng các sản phẩm và chi tiết bộ phận được sản xuất trong lô nhỏ (50 hoặc nhỏ hơn) được dự đoán là điểm chính trong hoạt động sản xuất trong tương lai.

- *Các nguyên vật liệu mới:* Các vật liệu mới và không thông dụng có thể được lựa chọn bởi người thiết kế sản phẩm mới. Trong công nghệ sản xuất xe hơi, xu hướng này được xem là ví dụ điển hình bởi việc sử dụng vật liệu composit cho thân ô tô để thay thế kim loại tấm theo thiết kế truyền thống. Tính ưu việt của các nguyên vật liệu mới này bao gồm chất liệu nhẹ hơn và hình dáng gọn hơn. Công nghệ sản xuất máy bay cũng là nơi ứng dụng vật liệu composit này. Các nguyên vật liệu được sử dụng bao gồm kim loại với gốm và plastic được tạo hình nhờ công nghệ gia công.

- *Sự tăng trưởng trong sử dụng hệ thống điện tử*: Trong những thập kỷ vừa qua, công nghiệp điện tử đang lớn mạnh với tốc độ nhanh hơn công nghiệp thiết bị cơ khí truyền thống. Các sản phẩm mới (sản phẩm tiêu dùng, sản phẩm kinh doanh và các sản phẩm công nghiệp khác) được thiết kế sử dụng các hệ thống điện tử để xử lý dữ liệu, điều khiển và giao tiếp với con người. Sản xuất điện tử và vi điện tử đòi hỏi môi trường làm việc siêu sạch. Người công nhân nhìn chung không đáp ứng được yêu cầu này do họ tạo ra ô nhiễm ở mức độ khá cao. Theo các chuyên gia về sản xuất các sản phẩm vi điện tử, con người không được phép trực tiếp tham gia vào công việc này.

- *Áp lực về việc giảm tồn kho*: Trong những năm cuối 1970, các công ty nhận ra rằng chi phí đầu tư sẽ lớn nếu tồn kho lớn. Do đó cần phải giảm tồn kho ở tất cả các dạng. Trong sản xuất cần tập trung giảm các sản phẩm dở dang. Một vài xu hướng sau đây cũng nhằm giải quyết áp lực về tồn kho.

- *Nhập linh kiện từ nguồn bên ngoài*: Đây là phương pháp được sử dụng bởi các công ty lớn khi ký hợp đồng sản xuất các linh kiện của sản phẩm từ các công ty ngoài với giá rẻ hơn và thuận tiện hơn. Trong nhiều trường hợp, các công ty lớn sẽ tiến hành lắp ráp sản phẩm cuối trong khi duy trì việc giám sát chất lượng sản phẩm. Ưu điểm của việc nhập linh kiện này là giảm nhân công trong sản xuất, loại bỏ tình trạng thiết bị sử dụng không hiệu quả, tránh đầu tư các trang thiết bị mới, giảm tồn kho và liên kết được với các công ty chuyên về một số công nghệ sản xuất nhất định. Nhược điểm của phương pháp này là sự nguy hiểm trong việc mất điều khiển chất lượng cũng như thời hạn giao linh kiện.

- *Sản xuất JIT (Just in time)*: Khái niệm về JIT rất đơn giản. Đây là phương tiện nhằm giảm tồn kho nguyên vật liệu và các phần tử phải mua. Với JIT, các công ty lớn sẽ yêu cầu các nhà cung cấp phân phối các linh kiện cần thiết cho sản phẩm trong một khoảng thời gian ngắn trước quá trình lắp ráp sản phẩm. Khoảng thời gian này có thể là một ngày hoặc nhỏ hơn phụ thuộc vào độ tin cậy của nhà cung cấp giao hàng đúng kỳ hạn. Lý tưởng nhất là các linh kiện được nhận ngay khi nó cần để lắp ráp. Lợi ích đối với công ty lớn theo luật JIT là tồn kho sẽ giảm đáng kể.

- *Sản xuất theo sử dụng*: Một phương pháp cũng gần với JIT nhưng áp dụng ngay trong nội bộ công ty là sản xuất theo sử dụng. Phương pháp này được sử dụng trong các công ty nơi mà sản xuất các linh kiện và lắp ráp chi tiết được thực hiện tại chỗ. Sản xuất theo sử dụng có nghĩa là phân xưởng chế tạo linh kiện được đặt ngay trên dây chuyền lắp ráp ngay trước khi quá trình lắp ráp được thực hiện. Theo cách như vậy các linh kiện chảy trực tiếp trong phân xưởng lắp ráp. Điều này làm giảm đáng kể lượng sản phẩm dở

dang. Tính nguy hiểm của phương pháp này là khi hoạt động sản xuất một linh kiện bị hỏng sẽ dẫn đến toàn bộ dây chuyền lắp ráp ngừng hoạt động. Để giảm nguy cơ này, một số lượng nhỏ các phần tử được làm sẵn duy trì giữa các phân xưởng chế tạo và lắp ráp.

- *Sử dụng ngày càng nhiều máy tính trong sản xuất*: Hệ thống sản xuất tích hợp máy tính CIM là khái niệm thường được sử dụng. Trong những thập kỷ qua, việc sử dụng máy tính để lập kế hoạch, giám sát, điều khiển và quản lý các hoạt động sản xuất. Các ví dụ điển hình có thể kể tới là hệ thống CAD cho thiết kế sản phẩm, CAM cho lập kế hoạch sản xuất, điều khiển logic khả trình và máy tính cho điều khiển quá trình, vi xử lý cho điều khiển rôbốt...

Các xu hướng này dẫn đến các nhà tích hợp máy tính hoá trong tương lai.

## **9.2 Các nhà máy tự động hiện đại**

Khái niệm nhà máy tự động của tương lai thường được áp dụng cho bối cảnh sản xuất các sản phẩm mang tính chất gián đoạn và có liên quan đến các sản phẩm có kích thước nhỏ và trung bình. Các nhà máy tự động này cũng thực hiện các chức năng sản xuất cơ bản như gia công, lắp ráp, vận chuyển và lưu trữ nguyên vật liệu, kiểm tra và điều khiển.

### **9.2.1 Các hệ thống thông tin trong nhà máy tự động**

Một đặc điểm để phân biệt nhà máy tự động hiện đại là mức độ cao trong xử lý thông tin và quản lý cơ sở dữ liệu. Tất cả các dữ liệu và thông tin yêu cầu để điều hành nhà máy được lưu giữ ở cơ sở dữ liệu trung tâm. Hệ thống cơ sở dữ liệu này cũng cần được sắp xếp sao cho linh hoạt cần thiết với sự phát triển mới trong phần mềm máy tính.

Một trong các lý do vì sao cơ sở dữ liệu trở nên quá lớn là do khả năng xử lý các dữ liệu chữ số, mà còn lưu giữ, xử lý, truyền và hiển thị đồ hoạ. Các hệ thống máy tính cần có các chức năng trợ giúp thiết kế và phân tích kỹ thuật, tính toán cũng như xử lý dữ liệu. Hệ thống CAD/CAM là một ví dụ điển hình với khả năng xử lý dữ liệu, cụ thể là các dữ liệu hình học sẽ tạo ra truyền thông trực tiếp giữa đặc điểm của sản phẩm và hệ thống máy tính của công ty khách hàng và người cung cấp. Thay vào các cung cấp thông tin về sản phẩm dưới dạng bản vẽ, thông tin về sản phẩm sẽ được số hoá theo dạng truyền thông. Các hệ thống thông tin trong tương lai sẽ có khả năng dịch dữ liệu mạnh hơn các hệ thống thông dụng hiện nay. Thay vào việc

thực hiện tính toán nhiều lần trên dữ liệu, hệ thống có thể hiểu ý nghĩa của các dữ liệu đang được thao tác. Các hệ thống máy tính lớn có các đặc tính hiểu biết và thông minh trong xử lý thông tin. Chúng có khả năng đưa ra quyết định và tạo lập hoạt động trong công ty. Ví dụ một thay đổi kỹ thuật liên quan đến sản phẩm có thể được chuyển tự động thông qua các cơ sở dữ liệu có ảnh hưởng bởi sự thay đổi này. Một ví dụ khác, sự cố ngừng máy ở một máy quan trọng sẽ dẫn tới yêu cầu thay đổi lộ trình gia công các phần tử thông thường được thực hiện trên máy này sang một phân xưởng khác. Các hệ thống máy tính sẽ quyết định cách quản lý và hoạt động tốt nhất. Điểm cốt yếu ở đây là hệ thống thông tin được sử dụng trong các nhà máy tự động là hệ thống quản lý thông minh chứ không đơn thuần chỉ là hệ thống quản lý dữ liệu thông thường.

Các bộ phận của hệ thống thông tin đã được đề cập trong các chương trước. Các hệ thống CAD/CAM kết hợp với công nghệ đồ họa trên máy tính và công nghệ mô hình hoá sẽ được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy. Lập kế hoạch quá trình kiểu tạo lập là ví dụ về tính thông minh trong việc áp dụng máy tính để phát triển tự động chu trình sản xuất cần thiết để tạo ra sản phẩm trên cơ sở mô hình hình học nhận được từ cơ sở dữ liệu kỹ thuật. Truyền thông giữa các phần tử khác nhau trong cơ sở dữ liệu trong nhà máy được thực hiện thông qua mạng máy tính.

### **9.2.2 Gia công và lắp ráp**

Gia công và lắp ráp là hai chức năng chính trong sản xuất để biến chuyển và tăng giá trị nguyên vật liệu gắn với sản phẩm cuối. Quá trình gia công đóng vai trò quan trọng trong sản xuất, hiện tại tốc độ gia công khoảng từ 200-1000 ft/s. Trong tương lai tốc độ này cần được nâng cao, khoảng từ 3000-5000 ft/s. Tốc độ này tăng sẽ tăng đáng kể năng suất của của quá trình gia công. Việc sử dụng kim cương đa tinh thể siêu kết hoặc các vật liệu siêu cứng trong các dao cắt với các ụ đỡ mới sẽ cho tốc độ cắt lớn. Những tiến bộ trong công nghệ cảm biến sẽ cung cấp một hệ thống giám sát cho hệ thống điều khiển thích nghi. Bổ sung thêm vào quá trình gia công, việc sử dụng các quá trình tạo ra các chi tiết gắn với sản phẩm cuối ngay từ bước đầu tiên là rất quan trọng. ưu điểm của nó là giảm số thao tác gia công yêu cầu và giảm chi phí sản xuất.

Trong lĩnh vực lắp ráp, bằng việc thiết kế các chi tiết dễ dàng cho lắp ráp tự động, số lượng các bước lắp ráp và chi phí lắp ráp sẽ giảm đáng kể. Tổng chi phí cho sản phẩm có thể ở mức tối thiểu bằng tối ưu cân bằng giữa chi phí lắp ráp và chi phí cho các chi tiết của sản phẩm.



### 9.2.3 Vận chuyển nguyên vật liệu

Chức năng vận chuyển nguyên vật liệu được xem là vấn đề lớn cần giải quyết của các nhà máy tự động tương lai. Hai vấn đề chính bao gồm:

- *Lộ trình linh hoạt cho các phần tử khác nhau.*
- *Ghép nối cơ khí giữa hệ thống vận chuyển nguyên vật liệu và hệ thống sản xuất.*

Bài toán đầu tiên liên quan đến khả năng của hệ thống vận chuyển nguyên vật liệu để phân phối các chi tiết khác nhau trong các phân xưởng khác nhau trong nhà máy theo các lộ trình gia công chi tiết. Trong các mô hình của nhà máy tự động, hàng loạt các chi tiết và sản phẩm yêu cầu các quá trình gia công khác nhau và hệ thống vận chuyển nguyên vật liệu cần phải có một lộ trình linh hoạt. Tính linh hoạt này có thể đạt được nhờ hệ thống máy tính điều khiển. Kế hoạch gia công của mỗi chi tiết được lưu trữ trong máy tính, thông tin này có thể được chuyển thành các lộ trình phân xưởng tương ứng.

Bài toán thứ hai liên quan đến việc truyền các chi tiết giữa các hệ thống vận chuyển nguyên vật liệu, phân xưởng sản xuất và hệ thống nhà kho trong nhà máy. Bài toán này được gọi là ghép nối về cơ khí được yêu cầu tại thời điểm mỗi chi tiết được chuyển từ hệ thống này sang hệ thống khác trong nhà máy. Việc chuyển này cần được thực hiện trong yêu cầu cục bộ nhất định. Ví dụ, đưa một chi tiết tới máy công cụ cần được thực hiện với độ chính xác cao để đạt được các yêu cầu về dung sai trong quá trình gia công. Trong tương lai, các hệ thống truyền tải có thể sử dụng các tấm nâng có kích thước tiêu chuẩn. Các tấm nâng này được thiết kế theo các đặc điểm và kích thước tiêu chuẩn nhất định phù hợp với các hệ thống sản xuất, nhà kho và vận chuyển trong nhà máy. Bề mặt trên của mỗi tấm có cấu tạo phù hợp để đặt được các họ chi tiết nhất định. Các tấm nâng khác nhau sẽ có cấu tạo khác nhau để thao tác được với hàng loạt các sản phẩm khác nhau trong nhà máy.

### 9.2.4 Các hệ thống kiểm tra

Xu hướng của kiểm tra tự động trong các nhà máy tương lai có thể được phân loại theo vùng điều khiển chất lượng như sau:

- Các phương pháp kiểm tra tự động cho phép kiểm tra 100% sản phẩm đầu ra chứ không kiểm tra theo mẫu như hiện nay.

- Các thủ tục kiểm tra sẽ được tích hợp trong quá trình sản xuất để tạo thành hệ thống điều khiển tự động khép kín. Các sai số gia công được phát hiện sẽ được sửa chữa ngay lập tức để đảm bảo chất lượng sản phẩm tốt 100%.

- Các cảm biến không tiếp xúc như hệ thống camera hoặc các thiết bị đo kiểu quang học sẽ được sử dụng rộng rãi trong kiểm tra.

- Các công nghệ kiểm tra điều khiển bằng máy tính có thể tương thích với hàng loạt cấu hình sản phẩm sẽ làm tăng tầm quan trọng của nhà máy tự động tương lai. Công nghệ này cho phép các đặc thù của sản phẩm mới được tải từ hệ thống CAD/CAM tới hệ thống kiểm tra mà không cần các chương trình đặc biệt của hệ thống được lập trình bởi người vận hành.

### **9.3 Các nhà máy tập trung**

Các nhà máy tự động trong tương lai là sự mở rộng của các nhà máy sản xuất linh hoạt ngày nay. Các vấn đề vận chuyển và lưu giữ nguyên vật liệu, lập trình cho máy công cụ, điều độ sản xuất, xử lý thông tin, quản lý dao cắt và điều khiển chất lượng đều cần được giải quyết trong thiết kế và vận hành các nhà máy tự động của tương lai. Quy mô sản xuất càng lớn thì các vấn đề vận hành và thiết kế hệ thống càng phức tạp hơn. Do đó có một số hạn chế thực tế can thiệp vào quy mô của nhà máy.

Khái niệm về nhà máy tập trung được giới thiệu bởi Skinner được ứng dụng tại đây. Khái niệm này nêu ra một nhà máy đơn không thể thành công nếu nó tập trung giải quyết quá nhiều các công việc khác nhau. Một nhà máy cần hạn chế công việc của nó đối với một số sản phẩm và hoạt động nhất định và vượt trội hơn hẳn trong các công việc này. Đó chính là một thực hành của luật công nghệ nhóm. Các nhà máy tương lai cần phải là các nhà máy tập trung, hạn chế công việc của nó với một số họ chi tiết nhất định được sản xuất bởi một tập giới hạn các công nghệ xử lý.

Trên thực tế, các nhà máy tập trung sử dụng các phiên bản cải tiến của các điều luật tiêu chuẩn. Nó hạn chế giải quyết một số bài toán và giải quyết hoàn chỉnh vượt trội các bài toán đó. Rõ ràng, có một số khả năng cho việc chuẩn hoá sản xuất của các mẻ nhỏ và trung bình của các sản phẩm khác nhau. Các khả năng chuẩn hoá bao gồm:

- *Chuẩn thiết kế*: Các hệ thống CAD/CAM nhằm tăng cường việc chuẩn hoá nhờ phần mềm thiết kế. Các bộ phận phân cứng, thiết bị liên kết,

kích thước các lỗ, đường kính các góc của chi tiết và rất nhiều các phần từ khác sẵn có để thiết kế sản phẩm theo các chuẩn nhằm giảm thiểu các vấn đề trong sản xuất và lắp ráp.

- *Nguyên vật liệu thô*: Các sản phẩm được lựa chọn sao cho cùng loại các nguyên vật liệu thô được hạn chế trong một tập xác định.

- *Công cụ*: Nhiều nhà máy có xu hướng sử dụng nhiều công cụ. Nên hạn chế số chủng loại khác nhau của công cụ và nên sử dụng các thiết bị thay thế khác.

- *Các quá trình và phương pháp*: Các quá trình sản xuất và các phương pháp trong phân xưởng cần được hạn chế trong hệ thống quản lý.

## Tài liệu tham khảo

1. Mikell P. Groover  
*Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*  
Prentice-Hall, Inc. 1987.
2. Nguyễn Công Hiền  
*Tự động hoá quá trình sản xuất.*
3. Nguyễn Đắc Lộc, Tăng Huy  
*Điều khiển số & công nghệ trên máy điều khiển số CNC*  
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật 2002. Hà Nội.
4. Nguyễn Thiện Phúc  
*Người máy công nghiệp và sản xuất tự động linh hoạt*  
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 1991.
5. Hans B. Kief, T. Frederick Waters  
*Computer Numerical Control*  
McGraw-Hill 1992.

# HỆ THỐNG SẢN XUẤT TỰ ĐỘNG HOÁ TÍCH HỢP MÁY TÍNH

TÁC GIẢ: TRẦN TRỌNG MINH  
NGUYỄN PHẠM THỤC ANH

*Chịu trách nhiệm xuất bản:* PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI  
*Biên tập và sửa bài:* ThS. NGUYỄN HUY TIẾN  
NGỌC LINH  
*Trình bày bìa:* HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
70 Trần Hưng Đạo - Hà Nội

---

In 1000 cuốn, khổ 16 × 24 cm, tại Xưởng in NXB Văn hoá Dân tộc  
Quyết định xuất bản số: 136-2006/CXB/341-06/KHKT 27/2/2006  
In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2006.

206037



*Giá: 27.000đ*