

TRẦN THẾ SAN - TS. NGUYỄN NGỌC PHƯƠNG
KHOA CƠ KHÍ CHẾ TẠO MÁY
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM

SỔ TAY LẬP TRÌNH CNC

THỰC HÀNH - LẬP TRÌNH GIA CÔNG TRÊN MÁY CNC

- MÁY TIỆN CNC
- MÁY PHAY CNC
- TRUNG TÂM GIA CÔNG CNC

NHÀ XUẤT BẢN ĐÀ NẴNG

Ấn Bản
MỚI

SỔ TAY LẬP TRÌNH
CNC

TRẦN THẾ SAN — TS. NGUYỄN NGỌC PHƯƠNG
KHOA CƠ KHÍ CHẾ TẠO MÁY
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP HỒ CHÍ MINH

SỔ TAY LẬP TRÌNH CNC

THỰC HÀNH LẬP TRÌNH GIA CÔNG TRÊN MÁY CNC

NHÀ XUẤT BẢN ĐÀ NẴNG

SỔ TAY LẬP TRÌNH CNC

TRẦN THẾ SAN - NGUYỄN NGỌC PHƯƠNG

Chịu trách nhiệm xuất bản

Giám Đốc: **VÔ VĂN ĐÁNG**

Tổng biên tập: **NGUYỄN ĐỨC HÙNG**

Biên tập: **TRẦN MY**

Trình bày: **DUY TRẦN**

Vẽ bìa: **DUY TRẦN**

Liên kết xuất bản

C.TY VĂN HÓA TRÍ DÂN - HS. NGUYỄN TRÃI

96/7 Duy Tân - P.15 - Q. Phú Nhuận - Tp. HCM

ĐT: 8383669 - 9901846 - Fax: 9971765

*In 1000 cuốn khổ (19 X 27 Cm) tại xưởng in trung tâm hội chợ triển lãm Việt Nam.
Theo TNKH Số 09/1386/XB-QLXB. Cục xuất bản cấp ngày 19-8-2005. Số 99 / QĐ Đa N
Nhà xuất bản cấp ngày 17-02-2006 .In xong nộp lưu chiểu tháng 06 năm 2006*

Lời nói đầu

CNC là bước phát triển kế tiếp của máy công cụ trong thời đại công nghệ thông tin. Nói chung, các nguyên lý và phương pháp gia công cắt gọt trên máy công cụ cổ điển (tiện, phay, bào, khoan, khoét, doa, gia công ren,...) và trên máy CNC hầu như không thay đổi, chủ yếu dựa trên chuyển động của phôi (chi tiết) và chuyển động của dụng cụ cắt theo hệ quy chiếu được chọn trước. Khác biệt cơ bản giữa công nghệ gia công cổ điển và công nghệ CNC là hệ thống điều khiển. Công nghệ cổ điển thường áp dụng điều khiển bằng cơ cấu cam, các relay, và một số mạch điều khiển đơn giản, còn công nghệ CNC áp dụng điều khiển bằng chương trình máy tính.

Để điều khiển hiệu quả trên máy CNC cần phải viết chương trình gia công. Bạn có thể viết chương trình gia công bằng tay sử dụng giấy và bút, hoặc viết trên máy tính sử dụng phần mềm CAD/CAM. Về nguyên tắc, bạn phải nắm vững các nguyên lý viết chương trình, sử dụng thành thạo các kỹ thuật và công cụ lập trình bằng tay trước khi viết chương trình trên máy tính. Cuốn sách này hướng dẫn chi tiết các phương pháp lập trình gia công chi tiết trên máy công cụ CNC (phay, tiện, doa, cắt ren,...), trên cơ sở giả thiết bạn đọc đã có đủ kiến thức về vẽ kỹ thuật, nguyên lý và chi tiết máy, vật liệu cơ khí, công nghệ gia công cắt gọt, máy công cụ,...

Gia công cắt gọt trên máy CNC là công nghệ hiện đại và liên tục phát triển, nhưng không quá khó như suy nghĩ của một số người. Công nghệ này chỉ đòi hỏi kiến thức cơ bản về chế tạo máy và tính sáng tạo của người sử dụng.

Cuốn sách này là tài liệu hướng dẫn cơ bản và hệ thống, bao quát hầu như mọi vấn đề về lập trình bằng tay, bao gồm hệ thống điều khiển, quy hoạch lập trình, cấu trúc chương trình, các hàm và các lệnh (mã G, mã M,...), các chu kỳ gia công, các chế độ bù, chương trình con,... và các ví dụ lập trình cụ thể. Bạn đọc là kỹ sư cơ khí, nhà quản lý, sinh viên,... sẽ tìm thấy ở đây nhiều kiến thức bổ ích và thú vị. Đây cũng là tài liệu tham khảo cho mọi người quan tâm đến lĩnh vực gia công hiện đại trên hệ thống CNC.

Công nghệ **điều khiển số** xuất hiện vào giữa thế kỷ 20, khoảng năm 1952, nhưng cho đến đầu những năm 1960 vẫn chưa được áp dụng trong sản xuất hàng loạt. Sự bùng nổ thực tế ở dạng CNC bắt đầu từ năm 1972, và thập kỷ kế tiếp với sự xuất hiện của máy tính.

Trong lĩnh vực sản xuất, đặc biệt là gia công kim loại, công nghệ điều khiển số đã góp phần dẫn đến cuộc cách mạng. Ngay cả trước khi máy tính trở thành thiết bị không thể thiếu trong mọi công ty và từng gia đình, máy công cụ được trang bị hệ thống điều khiển số đã có vị trí đặc biệt trong xưởng cơ khí. Sự phát triển của vi điện tử và máy tính, gồm cả tác động của chúng đối với điều khiển số, đã đem đến các thay đổi cơ bản trong sản xuất nói chung và trong ngành cơ khí nói riêng.

ĐỊNH NGHĨA ĐIỀU KHIỂN SỐ

Trong nhiều ấn phẩm, các năm qua đã đưa ra hàng loạt định nghĩa về điều khiển số. Hầu hết các định nghĩa đó đều có cùng ý tưởng, cùng khái niệm cơ bản, chỉ khác nhau về từ ngữ.

Đa số các định nghĩa có thể được tổng kết như sau:

Điều khiển số có thể được định nghĩa là sự vận hành máy công cụ bằng cách dùng các lệnh mã hóa đặc biệt cho hệ thống điều khiển máy.

Các lệnh là sự phối hợp các chữ cái, chữ số và ký hiệu được chọn, ví dụ, dấu thập phân, dấu phần trăm, dấu ngoặc. Tất cả các lệnh đều được viết với thứ tự logic theo dạng cho trước. Tập hợp *tất cả* các lệnh cần thiết để gia công chi tiết được gọi là *chương trình NC*, *chương trình CNC*, hoặc *chương trình gia công*. Chương trình có thể được lưu để sử dụng trong tương lai hoặc tái sử dụng để đạt được các kết quả gia công đồng nhất vào thời điểm bất kỳ.

CÔNG NGHỆ NC VÀ CNC

Về thuật ngữ, các viết tắt NC và CNC có sự khác biệt về ý nghĩa. NC là viết tắt của công nghệ *điều khiển số*, (Numerical Control), còn CNC là viết tắt của công nghệ *điều khiển số máy tính hóa* (Computerized Numerical Control), là sự phát triển cao hơn của NC. Tuy nhiên, trong thực tiễn, CNC được dùng rộng

rãi hơn. Để làm rõ công dụng của từng thuật ngữ, ở đây sẽ nêu ra các khác biệt chính giữa hệ thống NC và CNC.

Cả hai hệ thống đều thực hiện các tác vụ như nhau, xử lý các dữ liệu với mục đích gia công chi tiết. Trong cả hai trường hợp, thiết kế bên trong của hệ thống điều khiển chứa các lệnh logic để xử lý dữ liệu. Đó là sự giống nhau giữa hai hệ thống.

Hệ thống NC (khác với hệ thống CNC) sử dụng các hàm logic cố định, được xây dựng sẵn và được nối mạch bên trong bộ điều khiển. Nhà lập trình hoặc người vận hành không thể thay đổi các lệnh này. Do sự nối mạch cố định của logic điều khiển, hệ thống điều khiển NC đồng nghĩa với thuật ngữ "*mạch cố định*". Hệ thống có thể diễn dịch chương trình chi tiết, nhưng không cho phép thay đổi chương trình, sử dụng các tính năng điều khiển. Mọi thay đổi đều phải được thực hiện bên ngoài hệ thống điều khiển, thường là trong môi trường văn phòng. Ngoài ra hệ thống NC đòi hỏi bắt buộc sử dụng băng đục lỗ để nhập thông tin chương trình.

Hệ thống CNC hiện đại, khác với hệ thống NC cũ, sử dụng bộ vi xử lý bên trong (ví dụ máy tính). Máy tính này có các thanh ghi bộ nhớ lưu các chương trình con có khả năng thực hiện các hàm logic. Điều đó có nghĩa là nhà lập trình hoặc người vận hành máy có thể thay đổi chương trình ngay trên bộ điều khiển (lắp trong máy), với các kết quả tức thời. Tính linh hoạt này là ưu thế lớn nhất của hệ thống CNC và có lẽ là yếu tố quyết định, góp phần vào sự ứng dụng rộng rãi công nghệ này trong sản xuất hiện đại. Các chương trình CNC và các hàm logic được lưu trên các vi mạch máy tính đặc biệt, dưới dạng các *lệnh phần mềm*, thay vì được nối kết cứng, sử dụng chẳng hạn các dây, điều khiển cái hàm logic đó. Khác với hệ thống NC, hệ thống CNC đồng nghĩa với thuật ngữ "*mạch linh hoạt*".

Khi nói về chủ đề nào đó liên quan với công nghệ điều khiển số, nói chung có thể sử dụng thuật ngữ NC hoặc CNC. Bạn cần nhớ NC có thể có nghĩa là CNC trong nói chuyện hàng ngày, nhưng CNC không có ý nghĩa là NC. Mọi hệ thống điều khiển ngày nay đều là thiết kế CNC.

GIA CÔNG CNC VÀ GIA CÔNG CỔ ĐIỂN

Điều gì làm cho gia công CNC vượt trội so với các phương pháp cổ điển? Đầu là các ưu điểm chính? Nếu so sánh giữa CNC và gia công cổ điển, bạn sẽ thấy sự tiếp cận trong khi gia công chi tiết gồm các bước:

1. Nhận và nghiên cứu bản vẽ.
2. Chọn phương pháp gia công thích hợp nhất
3. Quyết định phương pháp kẹp chặt (định vị chi tiết gia công)
4. Chọn dụng cụ cắt.
5. Thiết lập chế độ cắt và lượng ăn dao.
6. Gia công chi tiết.

Sự tiếp cận cơ bản này là như nhau đối với cả hai kiểu gia công. Sự khác biệt chính là phương pháp nhập dữ liệu. Tốc độ ăn dao 10 inch/phút (10 in/min) là như nhau, trong CNC và gia công cổ điển, nhưng phương pháp áp dụng khác nhau. Điều đó cũng có thể nói về chất làm nguội, kích hoạt bằng cách xoay nút, nhấn công tắc, hoặc lập trình mã đặc biệt. Tất cả đều làm cho chất làm nguội phun ra từ vòi phun. Trong cả hai dạng gia công, người dùng đều phải có kiến thức về chi tiết gia công. Cuối cùng, gia công kim loại, đặc biệt là cắt gọt, chủ yếu là kỹ năng, và ở mức độ lớn còn là nghệ thuật và nghề nghiệp của nhiều người. Đó là sự ứng dụng *Điều khiển số máy tính hóa*. Tương tự mọi ngành nghề khác, việc nắm vững CNC đến từng chi tiết là cần thiết để đi đến thành công. Không chỉ biết kiến thức kỹ thuật, bạn cần có kinh nghiệm và trực giác, đôi khi được gọi là *"giác quan thứ sáu"* bổ sung cho kỹ năng.

Trong gia công cổ điển, người vận hành điều chỉnh máy và dịch chuyển từng dụng cụ cắt, sử dụng một hoặc cả hai tay, để gia công chi tiết theo yêu cầu. Thiết kế của máy công cụ cổ điển có nhiều tính năng hỗ trợ sự gia công chi tiết, các cần gạt, tay quay, bánh răng, đĩa chia độ, ... Người vận hành thực hiện các động tác như nhau cho từng chi tiết cùng loại. Tuy nhiên các động tác *"như nhau"*, thực tế được hiểu là *"tương tự nhau"* thay vì *"đồng nhất"*. Con người không có khả năng lặp lại chính xác từng động tác, đây là công việc của máy móc. Con người không thể làm việc với cùng mức năng suất ở mọi thời điểm mà không nghỉ ngơi. Mọi người đều có các thời điểm *"tốt"* và thời điểm *"xấu"*. Kết quả của các thời điểm này, khi được áp dụng để gia công chi tiết, rất khó dự đoán, do đó sẽ có các khác biệt trong loạt chi tiết cùng loại. Các chi tiết đó không hoàn toàn như nhau. Duy trì dung sai kích thước và độ bóng bề mặt là các vấn đề cơ bản trong gia

công cổ điển. Thợ cơ khí có thể có các phương pháp khác nhau tùy theo kinh nghiệm và cảm nhận riêng của họ. Kết hợp các yếu tố này và nhiều yếu tố khác dẫn đến sự bất định khá lớn giữa các chi tiết gia công.

Gia công với sự điều khiển số sẽ cho phép loại bỏ hầu hết các yếu tố dẫn đến sự bất định. Phương pháp này không đòi hỏi sự tham gia trực tiếp của con người như trong gia công cổ điển. Sự gia công điều khiển số không cần các đĩa chia độ, cần gạt, tay quay, ... như trong gia công cổ điển. Khi chương trình chi tiết đã được chứng minh, có thể sử dụng với số lần không hạn chế, luôn luôn dẫn đến kết quả đồng nhất. Điều đó không có nghĩa là không còn các yếu tố giới hạn. Dụng cụ cắt mòn dần, vật liệu phôi có thể không đồng nhất, định vị có thể thay đổi ... Các yếu tố này cần được xem xét và xử lý mỗi khi có yêu cầu.

Sự xuất hiện của công nghệ điều khiển số không có nghĩa là sẽ kết thúc các máy công cụ thao tác bằng tay. Đôi khi phương pháp gia công cổ điển có ưu thế hơn so với điều khiển số. Ví dụ, sản xuất đơn chiếc hoặc số lượng ít có thể hiệu quả hơn trên máy công cụ cổ điển so với máy CNC. Một số nguyên công cũng có thể được thực hiện trên máy cổ điển hoặc bán tự động hiệu quả hơn gia công điều khiển số. Máy công cụ CNC không thay thế cho máy cổ điển, chỉ bổ sung cho chúng.

Trong nhiều trường hợp, quyết định có gia công trên máy CNC hay không, hoàn toàn dựa trên số lượng chi tiết cần gia công. Tuy số lượng chi tiết gia công theo loạt luôn luôn là chuẩn quan trọng nhưng không phải là yếu tố duy nhất. Sự xem xét còn bao gồm độ phức tạp của chi tiết, dung sai, độ bóng bề mặt... Đôi khi, gia công CNC một chi tiết phức tạp sẽ có lợi, nhưng gia công CNC 50 chi tiết tương đối đơn giản lại không hiệu quả bằng gia công cổ điển.

Bạn cần nhớ, điều khiển số không phải là gia công chi tiết. Điều khiển số chỉ là quy trình hoặc phương pháp cho phép sử dụng máy công cụ theo phương thức chính xác, năng suất, và ổn định.

ƯU THẾ CỦA ĐIỀU KHIỂN SỐ

Các ưu thế chính của điều khiển số là gì?

Điều quan trọng cần biết là lĩnh vực gia công nào có lợi hơn từ CNC và lĩnh vực nào gia công cổ điển hiệu quả hơn. Bạn không nên nghĩ rằng máy phay CNC công suất 2 hp sẽ gia công nhiều sản phẩm hơn so với máy phay thông dụng có công suất đến 15 hp. Bạn cũng

dùng hy vọng các cải thiện rõ rệt về tốc độ cắt và lượng ăn dao so với máy móc cổ điển. Nếu các điều kiện gia công và dao cắt như nhau, thời gian cắt gọt trong cả hai trường hợp sẽ gần như bằng nhau.

Người sử dụng CNC có thể nhận được các cải tiến sau:

- ☐ Giảm thời gian xác lập máy.
- ☐ Giảm thời gian chuẩn bị.
- ☐ Độ chính xác và tính lặp lại.
- ☐ Gia công biên dạng các hình phức tạp.
- ☐ Đơn giản hóa dụng cụ và định vị chi tiết.
- ☐ Thời gian cắt gọt ổn định.
- ☐ Tăng năng suất chung.

Mỗi lĩnh vực nêu trên đều chỉ cung cấp khả năng cải thiện. Người dùng sẽ có các mức cải thiện cụ thể, tùy theo loại sản phẩm được chế tạo và loại máy CNC được sử dụng, phương pháp chuẩn bị, độ phức tạp của đồ gá, chất lượng dụng cụ cắt, triết lý quản lý và thiết kế kỹ thuật, trình độ của đội ngũ, thái độ đối với công việc.

Giảm thời gian xác lập máy

Trong nhiều trường hợp, thời gian xác lập máy CNC có thể giảm, đôi khi rất đáng kể. Điều quan trọng cần biết là sự xác lập máy chủ yếu được thực hiện bằng tay, phụ thuộc phần lớn vào tay nghề của người vận hành CNC, kiểu định vị, và thực tiễn tại xưởng cơ khí. Thời gian xác lập máy không thực sự sản xuất, nhưng cần thiết, là một phần trong chi phí tổng thể. Để duy trì thời gian xác lập máy ở mức tối thiểu, cần có các khảo sát và nghiên cứu của quán đốc xưởng, nhà lập trình và công nhân vận hành.

Do thiết kế của máy CNC, thời gian xác lập máy không phải vấn đề chính. Sự định vị theo module, chuẩn hóa dụng cụ cắt, đồ gá chuyên dùng, thay dao tự động, và các tính năng tiên tiến khác, đều làm cho thời gian xác lập máy trở nên hiệu quả hơn so với máy công cụ cổ điển. Với kiến thức về sản xuất hiện đại, năng suất lao động có thể tăng rõ rệt.

Số lượng chi tiết gia công trong một lần xác lập máy cũng rất quan trọng, chủ yếu để giảm chi phí và thời gian xác lập máy. Nếu nhiều chi tiết được gia công trong một xác lập máy, chi phí xác lập / chi tiết sẽ hầu như không đáng kể. Sự giảm tương tự cũng có thể đạt được bằng cách chia nhóm các nguyên công khác nhau theo từng xác lập máy. Thậm chí nếu thời gian

xác lập dài hơn, vẫn có thể được xét đến khi so với thời gian cần thiết để xác lập các máy công cụ cổ điển.

Giảm thời gian chuẩn bị

Khi chương trình gia công chi tiết được viết và được chứng minh, bạn có thể sử dụng lại trong tương lai. Dù thời gian chuẩn bị cho lần gia công đầu tiên thường dài hơn, nhưng hoàn toàn không đáng kể trong lần gia công thứ hai. Kể cả nếu sự thay đổi kỹ thuật của chi tiết đòi hỏi chỉnh sửa chương trình cũng chỉ cần thời gian ngắn, do đó giảm thời gian chuẩn bị.

Thời gian chuẩn bị dài, cần thiết để thiết kế và chế tạo đồ gá cho máy cổ điển, thường giảm rõ rệt bằng cách chuẩn bị chương trình (phần mềm) gia công chi tiết và sử dụng đồ gá đơn giản.

Độ chính xác và tính lặp lại

Tính lặp lại và độ chính xác cao của các máy CNC hiện đại là lợi ích cơ bản đối với người dùng. Dù chương trình được lưu trên đĩa, trong bộ nhớ máy tính hay trên băng từ (phương pháp ban đầu), chương trình đó vẫn không thay đổi. Chương trình bất kỳ đều có thể được chỉnh sửa theo ý muốn, nhưng một khi đã được chứng minh, thường không cần thay đổi. Chương trình có thể tái sử dụng với số lần tùy ý mà không bị mất dữ liệu. Trong thực tế, chương trình cho phép các yếu tố có thể thay đổi, chẳng hạn sự mòn dao, nhiệt độ vận hành, luôn luôn có thể lưu một cách an toàn, nói chung chỉ cần sự can thiệp rất ít của người lập trình hoặc vận hành CNC. Độ chính xác cao của máy CNC và tính lặp lại của chúng cho phép chế tạo các chi tiết chất lượng cao rất ổn định theo thời gian.

Biên dạng các hình dạng phức tạp

Máy tiện CNC và trung tâm gia công có khả năng tạo biên dạng các hình phức tạp. Nhiều người dùng CNC mua máy chỉ để có khả năng gia công các chi tiết phức tạp. Các ví dụ là sự áp dụng CNC trong công nghiệp hàng không và xe hơi. Việc sử dụng lập trình máy tính hầu như là bắt buộc đối với thể hệ dụng cụ cắt chuyển động trong ba chiều không gian.

Các hình dạng phức tạp, chẳng hạn khuôn mẫu, có thể được gia công mà không cần tăng chi phí để chế tạo dưỡng mẫu hoặc đồ gá phức tạp. Các chi tiết có độ bóng như gương có thể đạt được chỉ bằng động tác nhấn nút công tắc. Sự lưu các chương trình đơn giản hơn nhiều so

với việc bảo quản các đường mẫu, mô hình bằng gỗ, và các đồ gá mài dao cắt.

Đơn giản hóa dụng cụ và định vị chi tiết

Bạn có thể loại bỏ các dụng cụ cắt phi tiêu chuẩn và các dao cắt "tự chế", dùng cho máy cố điển, bằng cách sử dụng các dụng cụ cắt tiêu chuẩn được thiết kế đặc biệt cho các ứng dụng điều khiển số. Các dụng cụ cắt nhiều bước, chẳng hạn mũi khoan dẫn hướng, mũi khoan bậc, dụng cụ cắt kết hợp, dao doa biên dạng, ... đều được thay bằng các dụng cụ cắt tiêu chuẩn. Các dụng cụ này thường rẻ hơn và dễ thay thế hơn so với các dụng cụ cắt đặc biệt và phi tiêu chuẩn. Các biện pháp cắt giảm chi phí buộc các nhà cung cấp dụng cụ cắt phải giảm số sản phẩm dự trữ, tăng thời gian cung ứng cho khách hàng. Dụng cụ cắt tiêu chuẩn thường được cung cấp nhanh hơn loại phi tiêu chuẩn.

Đồ gá và định vị chi tiết trên máy CNC chỉ có một mục đích là giữ cho chi tiết cứng vững và cùng vị trí cho tất cả các chi tiết trong một loạt gia công. Đồ gá được thiết kế để gia công chi tiết trên CNC thường rất đơn giản, không cần các lỗ dẫn hướng, lỗ hoặc thanh định vị.

Thời gian cắt gọt và năng suất

Thời gian cắt trên máy CNC, thường được gọi là thời gian chu kỳ, luôn luôn ổn định. Khác với gia công thông thường, trong đó tay nghề, kinh nghiệm, và sự mệt mỏi của công nhân thường ảnh hưởng đến chất lượng gia công, sự gia công CNC do máy tính điều khiển. Công việc bằng tay rất ít, có lẽ chỉ gồm xác lập máy, cấp phối và lấy chi tiết. Đối với các loạt gia công lớn (gồm nhiều chi tiết cùng loại), chi phí về thời gian không sản xuất được chia đều cho nhiều chi tiết, do đó chi phí này hầu như không đáng kể. Lợi ích cơ bản của thời gian cắt ổn định chủ yếu xuất phát từ các nguyên công lặp lại nhiều lần, trong đó lịch trình sản xuất và sự phân chia các chi tiết cho từng máy công cụ có thể được thực hiện rất chính xác.

Lý do chính để các công ty đặt mua máy CNC là tính kinh tế, đây là sự đầu tư nghiêm túc, và tính cạnh tranh luôn luôn thường trực trong đầu các nhà quản lý. Công nghệ điều khiển số là phương tiện tuyệt vời để đạt được sự cải thiện rõ rệt về năng suất lao động và tăng chất lượng chung của các chi tiết gia công. Tương tự các phương tiện khác, CNC cần được sử dụng một cách hợp lý với các kiến thức khoa học. Khi công nghệ CNC được sử dụng ngày càng rộng rãi, CNC không còn là ưu thế riêng của vài công ty lớn. Công ty hướng về phía

trước là công ty biết cách sử dụng công nghệ này một cách hiệu quả và ứng dụng trong sự cạnh tranh của nền kinh tế toàn cầu.

Để đạt mục đích tăng rõ rệt năng suất lao động, điều quan trọng là người dùng phải hiểu các nguyên lý cơ bản của công nghệ CNC. Các nguyên lý này bao quát nhiều lĩnh vực, chẳng hạn mạch điện tử, sơ đồ bậc thang phức tạp, logic máy tính, điều khiển tự động, thiết kế máy, nguyên lý cắt gọt, ... Trong cuốn sách này, sự nhấn mạnh sẽ tập trung vào các chủ đề liên quan trực tiếp với sự lập trình CNC, và kiến thức về các máy công cụ CNC thông dụng nhất, *Trung tâm gia công* và *máy tiện* (đôi khi còn được gọi là *Trung tâm Tiện*). Sự khảo sát chất lượng chi tiết là rất quan trọng đối với nhà lập trình và người vận hành máy, mục đích này được phản ánh trong nhiều ví dụ cụ thể qua các chương trong cuốn sách này.

CÁC KIỂU MÁY CÔNG CỤ CNC

Hiện có nhiều kiểu máy CNC, số lượng chủng loại máy CNC tăng nhanh cùng với sự phát triển của công nghệ tự động hóa, rất khó liệt kê tất cả các ứng dụng của chúng. Các nhóm máy CNC bao gồm:

- ☐ Máy phay và trung tâm gia công.
- ☐ Máy tiện và trung tâm tiện.
- ☐ Máy khoan.
- ☐ Máy doa và gia công biên dạng.
- ☐ Máy gia công tia lửa điện.
- ☐ Máy dập cắt.
- ☐ Máy cắt bằng ngọn lửa.
- ☐ Máy hành trình.
- ☐ Máy cắt biên dạng bằng laser và tia nước.
- ☐ Máy mài trụ.
- ☐ Máy hàn.
- ☐ Máy uốn,...

Trung tâm gia công CNC và máy tiện được dùng nhiều trong công nghiệp. Hai nhóm máy này có thị phần gần như ngang nhau. Một số ngành có nhu cầu cao hơn về một nhóm máy, tùy theo yêu cầu của họ. Bạn cần nhớ, có nhiều kiểu máy tiện và trung tâm gia công. Tuy nhiên, các bước lập trình cho máy đứng là tương tự máy ngang hoặc máy phay CNC đơn giản. Ngay cả giữa các nhóm máy khác nhau, nhiều ứng dụng tổng quát và qui trình lập trình nói chung là như nhau. Ví dụ, biên dạng được phay với dao phay mặt đầu có nhiều điểm chung với máy cắt biên dạng bằng tia lửa điện.

Máy phay và trung tâm gia công

Số trục tiêu chuẩn trên máy phay là 3, gồm các trục X, Y và Z. Chi tiết trên máy phay hầu như luôn luôn tĩnh tại, được lắp trên bàn máy di động. Dao cắt quay, có thể dịch chuyển lên và xuống (hoặc vào và ra), nhưng không dịch chuyển hoàn toàn theo quỹ đạo cắt.

Máy phay CNC, thường là các máy nhỏ và đơn giản, không có bộ đổi dao hoặc các tính năng tự động hóa, công suất của chúng nói chung tương đối thấp. Trong công nghiệp, chúng được sử dụng trong phân xưởng chế tạo dụng cụ, cho các mục đích bảo trì, hoặc sản xuất hàng loạt nhỏ. Chúng thường được thiết kế để gia công biên dạng, khác với máy khoan.

Trung tâm gia công CNC được sử dụng phổ biến hơn, hiệu quả hơn so với máy khoan và máy phay, do có tính linh hoạt cao. Ưu thế chính của trung tâm gia công CNC đối với người dùng là khả năng chia nhóm các nguyên công khác nhau và cùng một quy trình xác lập máy. Ví dụ, khoan, doa, doa biên dạng, cắt ren, gia công bề mặt và phay biên dạng, đều được tích hợp vào một chương trình CNC. Ngoài ra, tính linh hoạt được tăng cường bằng sự thay dao tự động, sử dụng bộ thay dao để giảm thời gian chạy không, phân độ cho mặt bên của chi tiết, sử dụng chuyển động quay của các trục phụ và nhiều tính năng khác. Trung tâm gia công CNC có thể được trang bị với phần mềm đặc biệt điều khiển tốc độ cắt và lượng ăn dao, tuổi thọ dao cắt, đo tự động trong khi gia công và điều chỉnh độ lệch nếu có, và các tính năng khác cho phép tiết kiệm thời gian và tăng năng suất gia công.

Trung tâm gia công CNC có hai thiết kế cơ bản, *đứng* và *ngang*. Khác biệt chính giữa hai kiểu này là bản chất của nguyên công có thể thực hiện trên máy một cách hiệu quả. Đối với trung tâm gia công CNC *kiểu đứng*, kiểu gia công thích hợp nhất là các chi tiết phẳng, lắp với đồ gá trên bàn máy, hoặc kẹp trong mâm cặp. Trung tâm gia công CNC *kiểu ngang* thường dùng để gia công nhiều bề mặt trên chi tiết. Chẳng hạn vỏ hộp bơm và các hình dạng kiểu khối lập phương. Gia công nhiều bề mặt trên các chi tiết nhỏ cũng có thể được thực hiện trên trung tâm gia công CNC kiểu đứng được trang bị bàn máy quay.

Các bước lập trình là như nhau cho cả hai kiểu thiết kế, nhưng kiểu ngang thường cần có thêm trục phụ (thường là trục B). Đây là trục định vị đơn giản (trục chia độ) cho bàn máy hoặc là trục quay đồng thời gia công biên dạng.

Trong sách này sẽ tập trung vào các ứng dụng trung tâm gia công CNC kiểu đứng, với một phần đặc biệt về xác lập và gia công trên trung tâm kiểu ngang. Các phương pháp lập trình này cũng có thể áp dụng cho máy phay CNC nhỏ, máy khoan và cắt ren, nhưng nhà lập trình cần xem xét giới hạn của các máy đó.

Máy tiện và trung tâm tiện

Máy tiện CNC thường là máy công cụ có hai trục, trục đứng X và trục ngang Z. Tính năng chính của máy tiện khác biệt với máy phay là chi tiết quay xung quanh đường tâm máy. Ngoài ra dụng cụ cắt thường tĩnh tại, lắp trong bàn xe dao di trượt. Dụng cụ cắt chạy theo biên dạng của quỹ đạo dụng cụ cắt được lập trình. Đối với máy tiện CNC có đồ gá phay, được gọi là *dụng cụ cắt sống*, dao phay có động cơ riêng, có thể quay trong khi trục chính tĩnh tại.

Thiết kế máy tiện hiện đại có thể là ngang hoặc đứng. Kiểu ngang phổ biến hơn kiểu đứng, nhưng cả hai thiết kế đều có mục đích riêng trong sản xuất. Mỗi kiểu đều có nhiều dạng thiết kế. Ví dụ máy tiện CNC kiểu ngang có thể được thiết kế với băng máy ngang hoặc băng máy nghiêng, kiểu thanh, kiểu có mâm cặp, kiểu vạn năng. Bổ sung cho các phối hợp này là nhiều loại phụ tùng giúp cho máy tiện CNC trở thành máy công cụ rất linh hoạt. Nói chung, các thiết bị phụ, chẳng hạn ụ động, gối tựa cố định hoặc di động, đồ gá kẹp chi tiết, đồ gá trục phay, ... đều là những thành phần phổ biến trên máy tiện CNC, làm cho máy trở nên rất linh hoạt và đa năng, thường được gọi là *trung tâm tiện CNC*. Các ví dụ lập trình sử dụng thuật ngữ *máy tiện CNC*, nhưng vẫn chấp nhận mọi tính năng hiện đại của trung tâm tiện CNC.

NHÂN LỰC SỬ DỤNG CNC

Máy tính và máy công cụ đều không có trí tuệ. Chúng không thể suy nghĩ, không thể đánh giá tình huống theo lý trí. Chỉ có con người với kiến thức và kỹ năng xác định mới có thể thực hiện điều đó. Trong lĩnh vực điều khiển số, các kỹ năng này thường thuộc về hai nhóm người, nhóm *lập trình* và nhóm *gia công*. Số lượng và nhiệm vụ của họ tùy thuộc vào công ty, loại sản phẩm và quy mô sản xuất. Tuy nhiên, các vị trí này rất khác nhau, dù nhiều công ty kết hợp cả hai nhóm chức năng cho một người, được gọi là *người lập trình/vận hành CNC*.

Nhà lập trình CNC

Nhà lập trình CNC là nhân vật có trách nhiệm lớn nhất trong xưởng máy CNC. Người này thường chịu trách nhiệm về sự thành công của công nghệ điều khiển số trong nhà máy, phụ trách các vấn đề liên quan đến sự vận hành CNC. Dù nhiệm vụ có thể thay đổi, nhưng nhà lập trình CNC còn chịu trách nhiệm về các tác vụ liên quan đến sự sử dụng có hiệu quả các máy CNC. Đây là nhân vật chịu trách nhiệm về năng suất và chất lượng vận hành CNC.

Nhiều người lập trình CNC là các nhà chế tạo máy giàu kinh nghiệm thực tiễn về vận hành là cơ sở cho khả năng “gia công” chi tiết trong môi trường văn phòng. Nhà lập trình CNC phải có khả năng hình dung mọi chuyển động của dụng cụ cắt và nhận biết mọi yếu tố giới hạn có thể có. Nhà lập trình phải có khả năng thu thập, phân tích, xử lý và tích hợp một cách logic mọi dữ liệu đã thu thập thành chương trình gia công. Nói một cách đơn giản, nhà lập trình CNC phải có khả năng quyết định phương pháp sản xuất tối ưu trong các điều kiện cụ thể.

Ngoài kỹ năng gia công và công nghệ, nhà lập trình CNC còn phải hiểu các nguyên lý toán học, đặc biệt là áp dụng các phương trình, giải các góc và cung tròn, các hàm lượng giác. Ngay cả với lập trình được máy tính hóa, các phương pháp lập trình thủ công là cơ sở để hiểu rõ phần xuất từ máy tính và điều khiển phần xuất đó.

Phẩm chất quan trọng của nhà lập trình CNC chuyên nghiệp là khả năng lắng nghe đồng nghiệp, các kỹ sư, người vận hành CNC, nhà quản lý. Khả năng đó là điều kiện tiên quyết để bạn trở nên linh hoạt hơn, từ đó có thể nâng cao chất lượng lập trình CNC của mình.

NGƯỜI VẬN HÀNH MÁY CNC

Người vận hành máy công cụ CNC giữ cương vị bổ sung cho nhà lập trình CNC. Nhà lập trình và người vận hành có thể là một người, điều này thường được áp dụng trong các xưởng cơ khí nhỏ. Tuy hầu hết các nhiệm vụ của thợ vận hành máy công cụ cổ điển đã được chuyển giao cho nhà lập trình, nhưng người vận hành CNC vẫn có các trách nhiệm đặc thù. Trong các trường hợp phổ biến, người vận hành chịu trách nhiệm về dụng cụ cắt và xác lập máy, thay đổi các chi tiết, thường kèm theo sự giám sát trong khi gia công. Nhiều công ty tiến hành kiểm tra chất lượng ngay tại máy, người vận

hành máy công cụ, dù bằng tay hay máy tính hóa, đều phải chịu trách nhiệm về chất lượng công việc được thực hiện trên máy đó. Một trong những trách nhiệm rất quan trọng của người vận hành máy CNC là báo cáo các phát hiện về từng chương trình cho nhà lập trình. Ngay cả với kiến thức, kỹ năng, sự tập trung và kinh nghiệm, chương trình đã viết, vẫn có thể được cải tiến. Người vận hành CNC, là người trực tiếp gia công trên máy, có thể nhận biết những điều cần cải tiến trong các điều kiện cụ thể.

AN TOÀN VỚI MÁY CNC

Trên tường của nhiều công ty thường có khẩu hiệu an toàn với một câu đơn giản:

Quy tắc an toàn thứ nhất là tuân theo mọi quy tắc an toàn

An toàn ở đây không định hướng theo lập trình hay gia công. Lý do là an toàn hoàn toàn *độc lập*. An toàn có vị trí đặc biệt là hướng dẫn hành vi của từng người bên trong và cả bên ngoài xưởng cơ khí. Thoạt nhìn, an toàn liên quan chặt chẽ với sự gia công, vận hành máy, và có lẽ cả sự xác lập máy. Điều đó là đúng nhưng rõ ràng chưa đủ để bảo đảm an toàn.

An toàn là yếu tố quan trọng nhất trong lập trình, xác lập máy, gia công, dụng cụ cắt, gá lắp chi tiết, giám sát, vận chuyển, và thao tác của chính bạn trong công việc hàng ngày ở xưởng cơ khí. Sự chú trọng về an toàn không bao giờ thừa.

Thoạt nhìn, dường như trong lĩnh vực CNC, an toàn chỉ là vấn đề thứ yếu. Ở đây, hầu hết đều tự động. Chương trình gia công chạy lặp lại nhiều lần, sử dụng cùng loại dụng cụ cắt, sự xác lập máy đơn giản, ... Toàn bộ điều này có thể dẫn đến sự chủ quan, thậm chí coi thường các quy định về an toàn. Quan điểm đó có thể có các hậu quả nghiêm trọng.

An toàn là chủ đề lớn, có vài điểm rất quan trọng liên quan đến hoạt động CNC. Từng nhà chế tạo máy đều cần biết các nguy hiểm của thiết bị điện và cơ khí. Bước thứ nhất hướng đến làm việc an toàn là khu vực làm việc phải sạch sẽ, phoi vụn, vệt dầu mỡ, và các loại rác không được để đọng lại trên sàn xưởng. Sự chú ý đến an toàn cá nhân là rất quan trọng. Y phục quá rộng, đồ trang sức, khăn quàng, tóc dài không được bảo vệ, sử dụng gang tay không chuẩn, và các tiểu tiết khác, đều nguy hiểm trong môi trường gia công cơ khí. Sự bảo vệ mắt, tai, tay và chân là rất cần thiết.

Trong khi máy đang hoạt động, các thiết bị

bảo hộ phải ở đúng vị trí, mọi bộ phận chuyển động đều được che chắn. Cần đặc biệt chú ý xung quanh các trục quay và các bộ đối dao cắt tự động. Các bộ phận khác có thể gây nguy hiểm bao gồm hệ thống cấp phôi và lấy sản phẩm, bộ chuyển tải phôi cắt, khu vực điện áp cao, lời nâng, ... sự ngắt nối kết các khóa liên động, hoặc các tính năng an toàn khác luôn luôn nguy hiểm, và bất hợp pháp, nếu không được phép của người có trách nhiệm.

Trong lập trình, sự quan sát các quy định an toàn cũng rất quan trọng. Sự chuyển động của dụng cụ cắt có thể được lập trình theo nhiều cách. Tốc độ và lượng ăn dao có tính thực tiễn, không chỉ "chính xác" theo toán học. Chiều sâu cắt, các đặc tính dao cắt, tất cả đều có ảnh hưởng đối với tính an toàn chung.

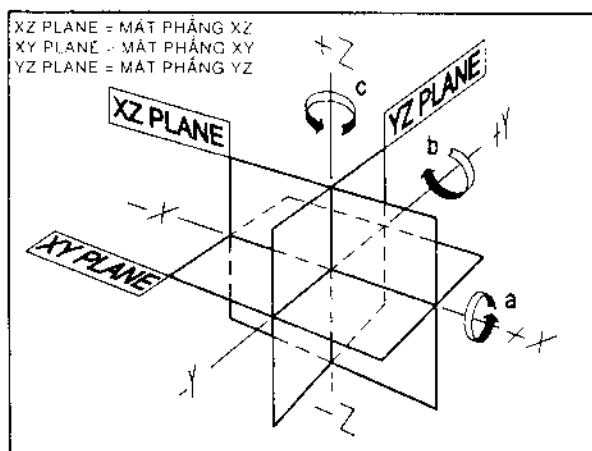
HÌNH HỌC MÁY

Hệ tọa độ tay phải

Trên trục số, góc phần tư và các trục, điểm gốc tọa độ chia từng trục thành hai phần. Điểm zero – gốc tọa độ – phân chia giữa phần dương và phần âm của trục tọa độ. Trong hệ tọa độ tay phải, trục dương bắt đầu từ điểm gốc và hướng về bên phải đối với trục X, hướng lên đối với trục Y, và hướng đến điểm chiếu vuông góc đối với trục Z. Các chiều ngược lại là âm.

Nếu đặt hệ tọa độ này lên bàn tay phải, chúng sẽ tương ứng chiều từ gốc đến đầu ngón cái hoặc ngón trỏ và ngón giữa. Ngón cái hướng theo chiều X, ngón trỏ chiều Y và ngón giữa là chiều Z.

Hầu hết các máy CNC đều được lập trình với phương pháp tọa độ *tuyệt đối*, dựa trên gốc tọa độ X0Y0Z0. Phương pháp tọa độ tuyệt đối



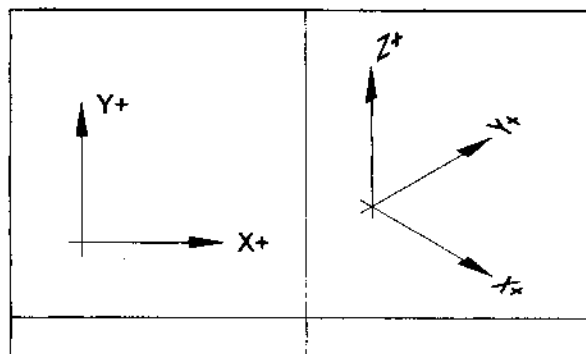
Hình 1.1. Hướng tiêu chuẩn của các mặt phẳng và các trục máy CNC

tuân thủ chặt chẽ các nguyên tắc của hệ tọa độ vuông góc (Hệ tọa độ Descartes).

Hình học máy là quan hệ của các khoảng cách giữa *điểm cố định trên máy* và *điểm lựa chọn trên chi tiết*. Hình học máy CNC thường sử dụng hệ tọa độ tay phải chiều trục dương và âm được xác định bằng quy ước chiếu. Nguyên tắc cơ bản đối với trục Z là đây luôn luôn là trục, mà theo trục đó có thể gia công lỗ đơn giản với dao một lưỡi cắt, chẳng hạn khoan, chuốt, EDM hoặc chùm laser. Hình 1.1 minh họa sự định hướng điều khiển của máy công cụ kiểu XYZ.

Định hướng trục - phay

Máy 3 trục cơ bản sử dụng ba trục điều khiển chuyển động, đó là trục X, trục Y và trục Z. Trục X song song với chiều (kích thước) dài nhất của bàn máy, trục Y song song với chiều (kích thước) ngắn nhất của bàn máy và trục Z là chuyển động của trục chính. Trên trung tâm gia công đứng, trục X là chiều dọc bàn máy, trục Y là chiều ngang và trục Z là chiều trục chính. Đối với trung tâm gia công ngang, thuật ngữ hơi thay đổi so thiết kế của các máy này. Trục X là chiều dọc bàn máy, trục Y là chiều cột, và trục Z là chiều trục chính. Máy ngang có thể được coi là máy đứng khi quay 90° trong không gian. Tính năng bổ sung của trung tâm gia công ngang là trục phân độ B. Các trục máy CNC đứng được minh họa trên Hình 1.2.

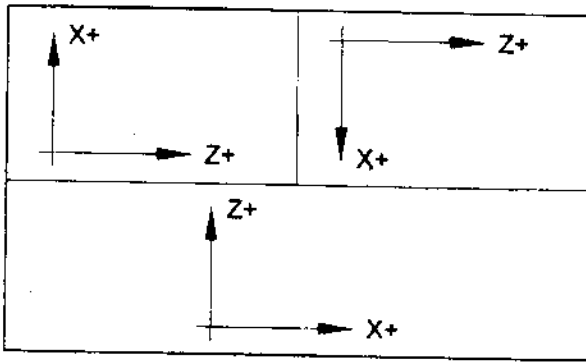


Hình 1.2. Các trục máy của trung tâm gia công CNC đứng.

Định hướng trục - tiện

Hầu hết các máy tiện CNC đều có hai trục X và Y và có thể có thêm các trục phụ. Trục thứ ba, trục C, được thiết kế cho các nguyên công phay và là tùy chọn trên máy tiện CNC.

Điều phổ biến đối với các máy tiện CNC trong công nghiệp là sự định hướng kép của các trục XY. Máy tiện được chia thành máy tiện

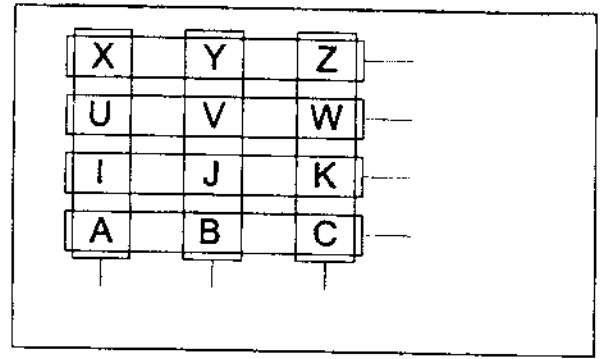


Hình 1.3. Các trục máy của máy tiện (trung tâm tiện) CNC

trước và sau. Máy tiện trước tương tự máy tiện cố định. Mọi kiểu máy tiện có băng máy nghiêng đều là máy tiện sau. Ký hiệu các trục có thể không tuân theo các quy tắc toán học.

Các trục phụ

Kiểu máy CNC bất kỳ đều có thể được thiết kế với một hoặc vài trục bổ sung, thường được coi là các trục phụ với ký hiệu U, V, và W. Các trục này thường song song với các trục chính X, Y, và Z tương ứng. Đối với các ứng dụng quay



Hình 1.4. Quan hệ giữa các trục máy chính và phụ

hoặc phân độ, các trục phụ được ký hiệu là A, B, C khi quay quanh trục X, Y và Z tương ứng. Chiều dương của trục quay (hoặc phân độ) là chiều tiến của ren phải theo chiều dương của trục X, Y hoặc Z. Quan hệ giữa các trục chính và trục phụ được nêu trên Hình 1.4.

Các vector tâm cung (tròn) không phải là các trục thực sự, nhưng có quan hệ với các trục chính XYZ. Điều này sẽ được trình bày chi tiết trong Chương 28.

Nhiều kiểu máy CNC được sử dụng trong công nghiệp, đa số là *trung tâm gia công CNC* và *máy tiện CNC*. Tiếp sau chúng là các máy gia công tia lửa điện EDM, máy tạo hình và các máy có thiết kế đặc biệt. Tuy trọng tâm của cuốn sách này là hai kiểu máy chiếm phần lớn thị trường, nhưng nhiều ý tưởng chung cũng được áp dụng cho các trang thiết bị CNC khác.

MÁY CNC - PHAY

Nội dung về máy phay CNC rất nhiều, có thể trình bày trong hàng chục cuốn sách. Mọi máy công cụ từ máy phay đơn giản đến máy chép hình 5 trục đều thuộc loại này. Chúng khác nhau về kích cỡ, tính năng, tính thích hợp đối với các nguyên công xác định,... nhưng đều có một điểm chung — *các trục chính của chúng là trục X và trục Y*, vì lý do đó chúng được gọi là máy XY.

Trong nhóm máy XY còn có máy gia công tia lửa điện (EDM), máy cắt bằng laser và tia nước, máy cắt bằng ngọn lửa, máy hành trình... Tuy chúng không được phân loại theo máy phay, nhưng được nêu ra ở đây do phần lớn các kỹ thuật lập trình áp dụng cho máy phay đều đồng nhất với các kiểu máy đó. Ví dụ rõ nhất là *gia công biên dạng*, quy trình phổ biến đối với nhiều máy CNC.

Máy phay có thể được định nghĩa như sau:

Máy phay là máy công cụ có khả năng chuyển động cắt đồng thời, sử dụng đầu phay làm dụng cụ cắt chính, dọc theo ít nhất hai trục trong cùng thời điểm.

Định nghĩa này không bao gồm máy ép khoan, do thiết kế của chúng chỉ xét đến vị trí mà không tính đến biên dạng. Định nghĩa cũng không gồm máy EDM và các loại máy cắt khác, do chúng có khả năng gia công biên dạng nhưng không sử dụng đầu phay. Người dùng những loại máy đó vẫn có nhiều điều bổ ích từ các nội dung được trình bày trong sách này. Các nguyên tắc chung ở đây đều có thể áp dụng cho hầu hết các máy công cụ CNC. Ví dụ, máy EDM sử dụng đường kính dây (điện cực) cắt rất nhỏ. Máy cắt laser sử dụng chùm laser làm dụng cụ cắt, cũng có đường kính cho trước, quyết định chiều rộng rãnh cắt. Nội dung sẽ tập trung vào các máy công cụ cắt gọi kim loại sử dụng nhiều kiểu đầu phay khác nhau làm

dụng cụ chính để gia công biên dạng. Do đầu phay có thể sử dụng theo nhiều cách, trước hết bạn hãy khảo sát các kiểu máy phay thông dụng.

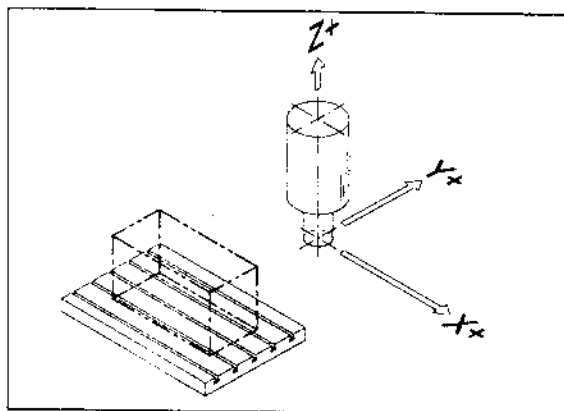
Các kiểu máy phay

Máy phay có thể được chia thành ba nhóm chính

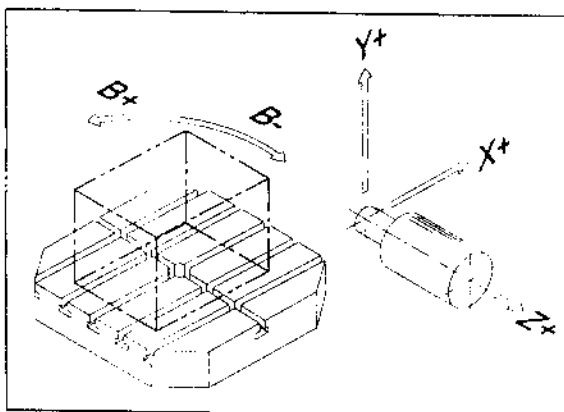
- ☐ Theo số trục – hai, ba, hoặc lớn hơn
- ☐ Theo hướng trục – đứng hoặc ngang
- ☐ Có hoặc không có bộ thay dao

Máy phay với chuyển động trục chính *lên/xuống*, được gọi là *máy phay đứng*. Máy phay có chuyển động trục chính *vào/ra*, là *máy phay ngang* (Hình 2.1 và 2.2)

Các định nghĩa đơn giản này chưa phản ánh đúng thực tế đang diễn ra trong chế tạo máy công cụ hiện nay. Công nghiệp máy công cụ liên tục phát triển. Các máy mới và mạnh



Hình 2.1. Sơ đồ trung tâm gia công CNC kiểu đứng



Hình 2.2. Sơ đồ trung tâm gia công CNC kiểu ngang

hơn được thiết kế và chế tạo trên toàn thế giới ngày càng nhiều tính năng hơn.

Hầu hết các máy hiện đại được thiết kế để gia công phay đều có khả năng thực hiện nhiều nguyên công, không chỉ có phương pháp phay truyền thống. Các máy này còn có nhiều tính năng tích hợp, chẳng hạn khoan, chuốt lỗ, cắt ren, gia công biên dạng, ... chúng có thể được trang bị với hộp chứa nhiều dao, bộ thay dao hoàn toàn tự động (ATC), bộ thay chi tiết (APC), và bộ điều khiển máy tính hóa (CNC), ... Một số kiểu máy còn có các tính năng bổ sung, chẳng hạn giao diện robot, cấp và lấy phôi tự động, hệ thống đo và cảm biến, các tính năng gia công tốc độ cao và nhiều đặc tính khác của công nghệ hiện đại. Câu hỏi là các máy công cụ tích hợp nhiều tính năng tiên tiến có thể được coi là máy phay CNC đơn giản? Chắc chắn là không. Các máy phay có ít nhất là vài tính năng tiên tiến, trở thành nhóm máy công cụ mới – *Trung tâm gia công CNC*. Thuật ngữ này chỉ liên quan đến CNC, hoàn toàn không có *trung tâm gia công bằng tay*.

Trục máy

Máy phay và trung tâm gia công có ít nhất ba trục X, Y, và Z. Máy sẽ trở nên linh hoạt hơn nếu có thêm trục thứ tư, thường là trục quay hoặc phân độ (ký hiệu là trục A đối với máy đứng và trục B đối với máy ngang). Có thể đạt được tính linh hoạt cao hơn với máy năm trục hoặc nhiều trục hơn. Máy đơn giản với năm trục có thể doa lỗ, gồm ba trục chính, một trục quay (thường là trục B) và trục song song với trục Z (ký hiệu là trục W). Tuy nhiên máy phay biên dạng 5 trục linh hoạt và phức tạp là kiểu được dùng trong công nghiệp máy bay, cần có sự chuyển động cắt đồng thời nhiều trục để gia công các hình dạng phức tạp, các mặt cong lõm và lồi.

Trước đây các thuật ngữ máy *hai và bán trục* hoặc máy *ba và bán trục* được dùng để biểu thị kiểu máy với chuyển động cắt đồng thời tất cả các trục còn nhiều hạn chế. Ví dụ máy đứng 4 trục, có ba trục chính là X, Y, Z và bàn phân độ, được gọi là trục A. Bàn phân độ dùng để định vị, nhưng không thể quay đồng thời với chuyển động của các trục chính. Kiểu máy này được gọi là máy *ba và bán trục*. Ngược lại, máy tương tự nhưng phức tạp hơn được trang bị bàn máy quay toàn phần, được thiết kế là máy bốn trục. Bàn quay có thể chuyển động đồng thời với chuyển động cắt của các trục chính. Đây là ví dụ về máy công cụ “*bốn trục*” thực sự.

Mỗi trung tâm gia công đều có các đặc tính kỹ thuật do nhà chế tạo máy công cụ cung cấp. Nhà chế tạo liệt kê nhiều đặc tính kỹ thuật, cho phép dễ dàng so sánh máy này với máy khác.

Trong hệ thống phay, có ba kiểu máy công cụ phổ biến:

- ☐ Trung tâm gia công CNC kiểu đứng-VMC
- ☐ Trung tâm gia công CNC kiểu ngang- HMC
- ☐ Máy phay doa CNC kiểu ngang

Các phương pháp lập trình hầu như không khác nhau giữa các kiểu máy, trừ các tùy chọn bổ sung và phụ tùng đặc biệt. Các khác biệt chính bao gồm hướng của các trục máy, trục phụ để chia độ hoặc quay, kiểu nguyên công thích hợp trên từng loại máy, kiểu trung tâm gia công thông dụng nhất – *Trung tâm gia công đứng (VMC)* có thể đại diện cho các máy khác trong nhóm này.

Trung tâm gia công đứng

Trung tâm gia công đứng được sử dụng chủ yếu cho kiểu gia công phẳng, chẳng hạn các tấm, hầu hết quá trình gia công được thực hiện chỉ trên một mặt của chi tiết trong một xác lập máy.

Trung tâm gia công CNC kiểu đứng (VMC) còn có thể được sử dụng với trục thứ tư, thường là đầu quay lắp ngang hoặc đứng, tùy theo yêu cầu và kiểu máy. Trục thứ tư này có thể được dùng để phân độ hoặc quay toàn phần. Nếu kết hợp với vị động, trục thứ tư trong cấu hình đứng có thể được dùng để gia công các chi tiết, dài cần đỡ ở cả hai đầu.

Hầu hết các thợ vận hành trung tâm gia công đứng đều làm việc với cấu hình ba trục và bàn máy không có trục thứ tư.

Dưới góc độ lập trình, bạn cần chú ý ít nhất hai vấn đề:

- ☐ **MỘT** – Lập trình luôn luôn xác định vị trí từ *điểm quy chiếu theo trục chính*, thay vì theo chiều thợ vận hành. Điều này có nghĩa là điểm chiếu là chiều thẳng xuống, theo góc 90° hướng đến bàn máy để triển khai chuyển động của dụng cụ cắt. Nhà lập trình luôn luôn nhìn mặt trên của chi tiết gia công.
- ☐ **HAI** – Các dấu mốc định vị trên máy biểu thị chuyển động theo chiều dương và âm của các trục máy. Đối với lập trình, cần bỏ qua dấu mốc này, chúng chỉ biểu thị chiều gia công không biểu thị chiều lập trình. Các chiều lập trình hoàn toàn ngược với các dấu mốc trên máy công cụ.

Trung tâm gia công ngang

Trung tâm gia công ngang còn được phân loại là các máy vạn năng nhiều dụng cụ cắt, được dùng cho các chi tiết hình khối, hầu hết các quy trình gia công được thực hiện trên nhiều bề mặt trong một xác lập máy.

Nói chung, có nhiều ứng dụng trong lĩnh vực này, thường là các chi tiết lớn, chẳng hạn vỏ hộp bơm, vỏ hộp số, block động cơ đốt trong... Trung tâm gia công ngang luôn luôn có bàn phân độ đặc biệt, thường có bộ thay dao và các tính năng khác.

Do tính linh hoạt và phức tạp của chúng, các trung tâm gia công ngang có giá cao hơn nhiều so với trung tâm gia công đứng.

Dưới góc độ lập trình, có nhiều khác biệt đặc thù, chủ yếu liên quan tới bộ thay dao tự động, bàn phân độ, và trong một số trường hợp, các phụ tùng bổ sung tính năng. Tất cả các khác biệt này đều tương đối nhỏ. Viết chương trình cho trung tâm gia công ngang không khác với viết chương trình cho trung tâm gia công đứng.

Máy phay doa ngang

Phay doa ngang cũng là máy CNC. Máy này khá giống trung tâm gia công ngang CNC, nhưng có các khác biệt riêng. Nói chung, máy phay doa ngang thiếu một số tính năng chung, chẳng hạn bộ thay dao tự động. Công dụng chính của máy là thực hiện các nguyên công

Bảng 2.1 Trung tâm gia công đứng và ngang – các đặc tính kỹ thuật

Đặc tính	Trung tâm gia công đứng	Trung tâm gia công ngang
Số trục	3 trục (XYZ)	4 trục (XYZB)
Kích thước bàn máy	780 x 400 mm 31 x 16 inch	500 x 500 mm 20 x 20 inch
Số dụng cụ cắt	20	36
Hành trình cực đại trục X	575 mm 22.5 inch	725 mm 28.5 inch
Hành trình cực đại trục Y	380 mm 15 inch	560 mm 22 inch
Hành trình cực đại trục Z	470mm 18.5 inch	560 mm 22 inch
Góc phân độ bàn máy	N/A	0.001 độ
Tốc độ trục chính	60-8000 v/ph	40 – 4000 v/ph
Công suất trục chính	AC 7.5/5.5 kw AC 10/7 HP	AC 11/8 kW AC 15/11 HP
Khoảng cách mũi trục chính – bàn máy – trục Z	150-625 mm 6-24.6 inch	150 – 710 mm 6 - 28 inch
Khoảng cách mũi trục chính – bàn máy – trục Y	430 mm 17 inch	30 – 560 mm 1.2 – 22 inch
Độ côn trục chính	No. 40	No. 50
Kích cỡ cán dao	BT 40	CAT50
Khoảng tốc độ cắt	2-1000 mm/phút 0.100 – 393 in/ phút	1 – 10000 mm/ph 0.04 – 393 in/ph
Tốc độ chạy ngang nhanh	30000 mm/ph (XY)–24000 mm/ph (Z) 1181 in/ph (XY) – 945 in/ph (Z)	30000 mm/ph (XY) – 24000 mm/ph (Z) 1181 in/ph (XY) – 945 in/ph (Z)
Chọn dụng cụ cắt	Bộ nhớ ngẫu nhiên (RAM)	Bộ nhớ ngẫu nhiên (RAM)
Đường kính dao cắt max	80 mm (rộng 150/ ổ dao rộng) 3.15 in (rộng 5.8/ ổ dao rộng)	105 mm 4.1 inch
Chiều dài dao cắt max	300 mm 11.8 inch	350 mm 13.75 inch
Trọng lượng dao cắt max	6 kg 13 lbs	20 kg 44 lbs

doa, đặc biệt là doa lỗ sâu. Vì lý do đó, đoạn nối đến trục chính được thực hiện bằng ống lồng với thiết bị đặc biệt. Tính năng thứ hai là trục song song với trục Z, được gọi là trục W. Dù có trục thứ năm (X, Y, Z, B, W) nhưng máy phay doa ngang vẫn chưa phải là máy năm trục thực sự. Trục Z (ống lồng) và trục W (bàn máy) làm việc theo hai chiều ngược nhau, để chúng có thể được dùng cho các chi tiết lớn và các *không gian khó với tới*. Điều đó còn có nghĩa là trong khi khoan, bàn máy tiến về phía ống lồng. Ống này là một phần lắp với trục chính. Ống lồng trong trục chính ở nơi dụng cụ cắt quay, còn chuyển động vào/ra do bàn máy thực hiện. Bạn hãy suy nghĩ phương pháp thay thế trên máy phay doa ngang, nếu ống lồng quá dài sẽ giảm độ bền và tính cứng vững. Giải pháp là chia chuyển động trục X thành hai phần – ống lồng dọc theo trục Z chỉ chuyển động phần hành trình hướng đến bàn máy và chỉnh bàn máy, trục W mới, sẽ chuyển động phần hành trình hướng đến trục chính. Cả hai sẽ gặp nhau ở phần của chi tiết có thể được gia công sử dụng toàn bộ nguồn dao cắt.

Máy phay – doa ngang có thể được gọi là máy CNC 3½ trục, nhưng chắc chắn không

phải là máy CNC 5 trục, dù có thể đếm số trục là năm. Các bước lập trình trên máy phay doa ngang tương tự trung tâm gia công đứng và ngang.

Các đặc tính kỹ thuật thông dụng

Bảng 2.1 liệt kê các đặc tính kỹ thuật phổ biến của *Trung tâm gia công đứng CNC và trung tâm gia công ngang CNC*. Các đặc tính kỹ thuật này được xếp trong hai cột chỉ để thuận tiện, không nhằm mục đích so sánh. Đây là hai kiểu máy khác nhau với các đặc tính riêng, không thể và không nên so sánh. Để so sánh các máy công cụ cùng loại, nhà chế tạo cung cấp các bảng đặc tính kỹ thuật là cơ sở để so sánh. Các bảng này liệt kê dữ liệu đã kiểm định, chủ yếu là dữ liệu kỹ thuật, biểu thị các tính năng chính của từng máy. Sự so sánh chỉ nên thực hiện giữa hai máy cùng loại chẳng hạn giữa hai trung tâm gia công đứng hoặc hai trung tâm ngang, và sự lựa chọn dựa trên nhu cầu gia công thực tế của xưởng cơ khí. Ở đây sẽ tập trung chú ý vào các đặc tính kỹ thuật cần thiết đối với nhà lập trình và thợ vận hành CNC.

MÁY CNC - TIỆN

Máy tiện là máy công cụ phổ biến trong mọi xưởng cơ khí. Máy tiện được dùng để gia công mặt trục hoặc côn, chẳng hạn trục, vòng chặn, bánh xe, lỗ, ren,... Nguyên công tiện thông dụng nhất là cắt bỏ vật liệu từ phôi trục, sử dụng dao tiện để cắt mặt ngoài. Máy tiện còn được dùng để gia công lỗ, cắt rãnh, cắt ren,... nếu dùng dụng cụ cắt thích hợp. Máy tiện quay (revolve) thường có khả năng gia công yếu hơn máy tiện thông dụng, mỗi lần chỉ lắp một hoặc hai dao cắt, nhưng năng lực gia công lớn hơn.

Gia công tiện phổ biến được điều khiển bằng hệ thống CNC sử dụng các máy trong công nghiệp được gọi là *trung tâm tiện CNC* hoặc đơn giản là máy tiện CNC.

Thuật ngữ "*trung tâm tiện CNC*" ít được sử dụng nhưng có ý nghĩa chính xác hơn, được hiểu là máy tiện máy tính hóa (máy tiện CNC) có thể được dùng cho nhiều nguyên công chỉ với một xác lập máy. Ví dụ, ngoài các nguyên công tiện tiêu chuẩn, như tiện mặt ngoài, tiện lỗ, máy tiện CNC còn có thể được dùng để khoan, cắt rãnh, cắt ren, chà gai nhám, đánh bóng. Máy có thể được dùng trong các chế độ khác nhau, chẳng hạn gia công với mâm cặp, ống kẹp, cấp phôi thanh, hoặc giữa các tâm, ngoài ra còn có nhiều tổ hợp khác. Máy tiện CNC được thiết kế để lắp nhiều dụng cụ cắt trong giá xoay, chúng có thể có đồ gá phay, mâm cặp phân độ, trục phụ, ụ động, gối tựa và nhiều tính năng khác, có thể không có trong máy tiện truyền thống. Máy tiện với hơn bốn trục bắt đầu trở nên phổ biến. Với các tiến bộ liên tục trong công nghệ máy công cụ, ngày càng nhiều máy tiện CNC trên thị trường được thiết kế để thực hiện nhiều nguyên công trong một chế độ xác lập máy, đa số các nguyên công đó trước đây chỉ thực hiện trên máy phay hoặc trung tâm gia công.

Các kiểu máy tiện CNC

Về cơ bản, máy tiện CNC có thể được phân loại theo *kiểu thiết kế* và theo *số lượng trục*. Hai kiểu cơ bản là máy tiện CNC *đứng* và máy tiện CNC *ngang*. Trong đó, kiểu ngang thông dụng hơn trong sản xuất và trong xưởng cơ khí. Máy tiện CNC đứng (đôi khi bị gọi sai là máy phay doa đứng) ít phổ biến hơn nhưng không

thể thiếu đối với chi tiết gia công đường kính lớn. Đối với nhà lập trình CNC, hầu như không có các khác biệt trong phương pháp lập trình giữa hai kiểu máy đó.

Số lượng trục

Sự phân biệt cơ bản giữa các máy tiện là số lượng các trục có thể lập trình. Máy tiện đứng CNC có hai trục trong hầu hết các thiết kế hiện nay. Máy tiện ngang CNC thường được thiết kế với hai trục lập trình, ngoài ra còn có 3 trục, 4 trục, 6 trục, để tăng tính linh hoạt khi gia công các chi tiết phức tạp.

Máy tiện ngang CNC có thể được phân loại theo kiểu thiết kế kỹ thuật:

- ☐ Máy tiện trước kiểu máy tiện thường
- ☐ Máy tiện sau kiểu máy tiện với băng máy nghiêng đặc thù.

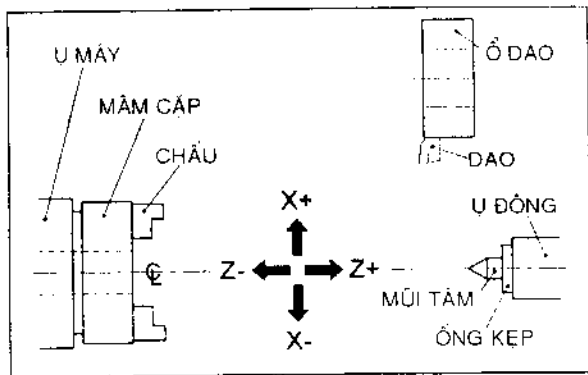
Kiểu băng máy nghiêng rất thông dụng trong gia công chung, do thiết kế này cho phép phoi tiện rơi cách xa người vận hành CNC và nếu có sự cố, chi tiết gia công sẽ rơi xuống khu vực an toàn, hướng đến băng tải phoi.

Giữa hai loại băng máy phẳng và băng máy nghiêng, máy tiện trước và sau, thiết kế máy tiện ngang và đứng, còn có các kiểu máy tiện khác. Nhóm này phân loại máy tiện CNC theo *số lượng trục*, có lẽ là phương pháp phân loại đơn giản nhất và phổ biến nhất.

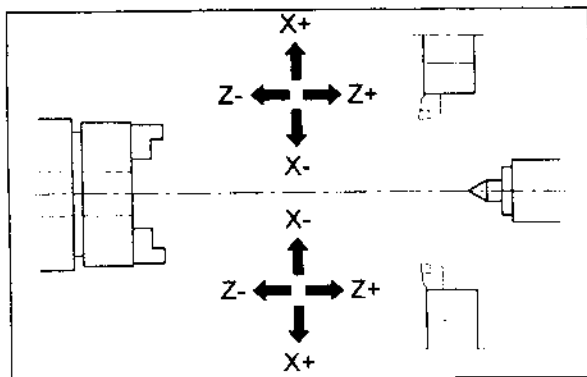
KÝ HIỆU TRỤC

Máy tiện CNC được thiết kế với hai trục tiêu chuẩn là trục X và trục Z. Hai trục này vuông góc với nhau và biểu thị chuyển động tiện hai trục. Trục X còn biểu thị *hành trình ngang* của dụng cụ cắt, trục Z biểu thị *chuyển động dọc*. Tất cả các dụng cụ cắt đều được lắp trên ổ dao, có thể bên ngoài hoặc bên trong. Do thiết kế này, ổ dao có tất cả các dao sẽ dịch chuyển dọc theo các trục X và Y, nghĩa là mọi dụng cụ cắt đều trong vùng làm việc.

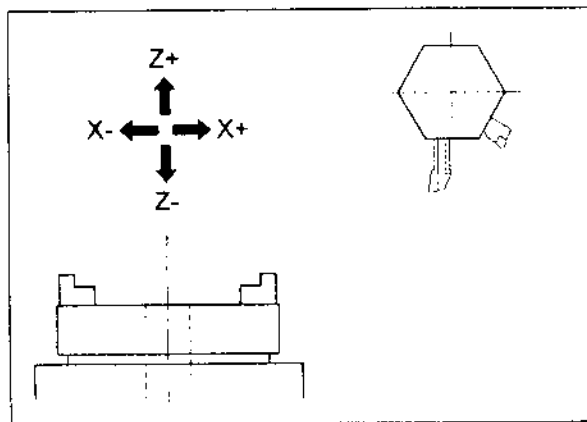
Tuân theo các tiêu chuẩn được thiết lập cho máy phay và trung tâm gia công, trục máy ngang là chuyển động *lên/xuống* theo trục X, và chuyển động *trái/phải* theo trục Z khi quan sát từ vị trí người vận hành. Điều này được minh họa trên các Hình 3.1, 3.2 và 3.3.



Hình 3.1 Cấu hình máy tiện CNC 2 trục băng máy nghiêng – kiểu sau



Hình 3.2 Cấu hình máy tiện CNC với hai ổ dao



Hình 3.3 Sơ đồ máy tiện đứng CNC

Điều này là đúng cho cả hai kiểu máy tiện trước và sau, và cho các máy tiện có hơn hai trục. Mặt mâm cặp được định hướng thẳng đứng (vuông góc) với đường tâm trục chính của máy tiện ngang. Máy tiện đứng, do thiết kế, quay 90° , mặt mâm cặp định hướng ngang với đường tâm trục chính đứng.

Ngoài các trục X và Y, máy tiện nhiều trục có các mô tả riêng cho từng trục phụ, ví dụ, trục C thường là trục thứ ba, được dùng cho các nguyên công phay, sử dụng các dụng cụ sống. Chương kế tiếp sẽ trình bày chi tiết về hệ tọa độ và hình học máy công cụ.

Máy tiện hai trục

Đây là kiểu máy tiện CNC phổ biến nhất. Bộ phận kẹp chi tiết, thường là mâm cặp, được lắp ở bên trái máy (phía trái của người vận hành). Kiểu sau, với bàn máy nghiêng, là thiết kế thông dụng nhất. Đối với một số dạng gia công đặc biệt, chẳng hạn trong công nghệ dầu khí (tiện các đầu ống), băng máy phẳng có thể thích hợp hơn. Dụng cụ cắt (dao tiện) được lắp trong ổ dao phân độ có thiết kế đặc biệt, có thể lắp 4, 6, 8, 10, 20,... dao cắt. Một số máy tiện loại này có hai ổ dao.

Máy tiện ba trục

Máy tiện ba trục về cơ bản là máy hai trục có thêm một trục phụ. Trục này thường được ký hiệu là C trong chế độ tuyệt đối (trục H trong chế độ số gia) và có thể được lập trình toàn phần. Nói chung, trục thứ ba được dùng cho các nguyên công phay – ngang, cắt rãnh, khoan lỗ tròn, các mặt lục giác, các mặt bên, rãnh xoắn... Trục này có thể thay cho một số nguyên công đơn giản trên máy phay, giảm thời gian xác lập máy. Nhiều kiểu máy có một số giới hạn, ví dụ nguyên công phay hoặc khoan chỉ có thể thực hiện ở các vị trí chìa ra từ đường tâm dao cắt đến đường tâm trục chính (trong phạm vi mặt phẳng gia công), một số máy khác có các điều chỉnh lệch tâm.

Trục thứ ba có động cơ điện riêng nhưng định mức công suất tương đối thấp so với đa số các trung tâm gia công. Hạn chế kế tiếp có thể là số gia nhỏ nhất của trục thứ ba, đặc biệt là các máy ba trục kiểu cũ. Số gia nhỏ nhất khoảng 1° chắc chắn là hữu dụng hơn so với số gia 2° hoặc 3° . Các máy đời mới có số gia 0.1° , 0.01° và 0.001° . Nói chung, máy tiện ba trục có số gia góc nhỏ, cho phép chuyển động quay đồng thời. Các máy có giá trị số gia nhỏ thường được thiết kế chỉ có cỡ chặn trục chính định hướng.

Dưới góc độ lập trình CNC, không đòi hỏi nhiều kiến thức bổ sung khi lập trình gia công trên máy tiện. Các nguyên lý chung về máy phay và nhiều tính năng lập trình cũng được áp dụng cho các máy tiện, kể cả các chu kỳ cố định và các thủ thuật đi tắt.

Máy tiện bốn trục

Theo thiết kế, máy tiện CNC bốn trục là hoàn toàn khác với máy tiện ba trục. Về nguyên tắc, lập trình cho máy tiện bốn trục thực chất là lập trình đồng thời cho hai máy tiện hai trục. Điều này có vẻ hơi lạ, nếu bạn chưa hiểu nguyên lý máy tiện bốn trục.

Ở đây thực sự có hai điều khiển (và hai tập hợp XZ), mỗi cặp trục XZ có một điều khiển riêng. Chỉ một chương trình có thể được dùng để gia công *đường kính ngoài* (OD) và chương trình thứ hai gia công *mặt trong* (ID – đường kính trong). Do máy tiện bốn trục có thể gia công với từng cặp trục *một cách độc lập*, OD và ID có thể được gia công cùng một lúc, đồng thời thực hiện cả hai nguyên công. Các yếu tố chính để lập trình thành công cho máy tiện bốn trục là sự phối hợp các dụng cụ và các nguyên công, thời chuẩn chuyển động của các dụng cụ cắt và kiến thức cơ bản về công nghệ.

Vì nhiều lý do, cả hai cặp trục không thể làm việc trong toàn bộ thời gian. Do hạn chế đó, cần có các tính năng lập trình đặc biệt, chẳng hạn các mã chờ đồng bộ hóa (thường là *hàm phụ M*), khả năng ước lượng thời gian mỗi dao cắt hoàn tất từng nguyên công, ... Ở đây cần có sự dung hòa, do chỉ *một* tốc độ hoạt động, và lượng ăn dao là độc lập cho cả hai cặp trục. Điều này có nghĩa là một số nguyên công không thể thực hiện đồng thời.

Không phải mọi nguyên công tiện đều có thể thực hiện trên máy tiện bốn trục. Nhiều trường hợp gia công trên máy tiện bốn trục sẽ có hiệu quả thấp hơn và chi phí cao hơn so với máy tiện hai trục.

Máy tiện sáu trục

Máy tiện CNC sáu trục là máy tiện được thiết kế đặc biệt với hai ổ dao và tập hợp ba trục/ổ dao. Thiết kế này phối hợp nhiều trạm dụng cụ cắt, đa số được truyền động bằng động cơ, và các khả năng gia công ngược. Sự lập trình loại máy tiện này tương tự lập trình đồng thời hai máy tiện ba trục. Hệ thống điều khiển cung cấp sự đồng bộ hóa một cách tự động tùy theo yêu cầu.

Máy tiện CNC sáu trục cỡ nhỏ đến trung bình được dùng nhiều trong các xưởng gia công ren và các chi tiết nhỏ với số lượng lớn.

TÍNH NĂNG VÀ ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT

Các nhà chế tạo thường cung cấp cho khách hàng bằng *tính năng* và *đặc tính kỹ thuật* với nhiều dữ liệu quan trọng đã được kiểm tra.

Đặc tính kỹ thuật máy tiện CNC

Máy tiện ngang CNC thông dụng với hai trục và thiết kế bằng máy nghiêng, có thể có các đặc tính kỹ thuật như sau.

Bảng 3.1. Đặc tính kỹ thuật máy tiện CNC

Đặc tính	Dữ liệu
Số lượng trục	Hai (X, Z) hoặc ba (X, Y, Z)
Độ quay cực đại bằng máy	560 mm 22.05 inch
Đường kính tiện max	350 mm 13.76 inch
Chiều dài tiện max	550 mm 21.65 inch
Lỗ trục chính	85 mm 3.34 inch
Dung lượng thanh	71 mm 2.79 inch
Số dao cắt	12
Cỡ dao vuông	25 mm (1 inch)
Cỡ dao tròn	Ø 40mm Ø 1.57 inch
Thời gian phân độ	0.1 giây
Hành trình trục theo X	222 mm 8.75 inch
Hành trình trục theo Z	635 mm 25 inch
Tốc độ dịch chuyển ngang nhanh trên trục X	16000 mm/phút 629 in/phút
Tốc độ dịch chuyển ngang nhanh trên trục Z	24000 mm/ph 944 in/ph
Lượng ăn dao	0.01 – 500 mm/ph 0.0001–19.68 in/ph
Cỡ mâm cặp	254 mm 10 inch
Động cơ trục chính	AC 15/11 kW AC 20/14.7 HP
Tốc độ trục chính	35-3500 v/ph
Số gia tối thiểu (min)	0.001 mm 0.0001 inch
Đầu có động cơ	
Số dụng cụ cắt quay	12
Tốc độ quay dao cắt	30 – 3600 v/ph
Động cơ phay	AC 3.7/2.2 kW AC 5/2.95 HP
Kích cỡ ống lót	1 – 16 mm 0.04 – 0.63 inch
Cỡ ta rô (cắt ren)	Hệ mét M3 – M16 # 5 – 5/8 inch

Điều quan trọng là hiểu các tính năng và đặc tính kỹ thuật của các máy công cụ CNC trong xưởng cơ khí. Nhiều tính năng liên quan đến hệ thống điều khiển, số khác liên quan đến máy công cụ. Trong lập trình CNC, nhiều quyết định quan trọng dựa trên một hoặc vài tính