

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
PGS.TS. PHẠM VĂN HÙNG - PGS.TS. NGUYỄN PHƯƠNG

CƠ SỞ MÁY CÔNG CỤ

(In lần thứ hai có sửa chữa, bổ sung)

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2007

LỜI TỰA

Môn học "Máy công cụ", và có khi còn gọi là "Máy cắt kim loại", được dạy lần đầu tiên ở Việt Nam tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội từ năm 1959 cho sinh viên khóa 1 ngành Chế tạo máy (Máy công cụ, Công nghệ chế tạo máy và Dụng cụ cắt). Đó cũng là thời kỳ xây dựng và khánh thành Nhà máy Cơ khí trung quy mô (sau này đổi tên là Nhà máy công cụ số 1, nay là Công ty Cơ khí Hà Nội) - đưa con đầu lòng và cũng là cái nôi của ngành chế tạo máy công cụ nói riêng và của ngành chế tạo cơ khí nói chung của Việt Nam.

Từ đó đến nay hàng chục ngàn sinh viên ngành chế tạo máy và cơ khí của gần 50 khóa sinh viên các trường Đại học Bách khoa và Đại học kỹ thuật của Việt Nam từ Nam chí Bắc đã được học môn học "Máy công cụ" và trở thành kỹ sư, nhà giáo, nhà nghiên cứu. Nhiều cuốn sách giáo khoa và sách tham khảo về máy công cụ của các thế hệ tác giả như GS.VS. Nguyễn Anh Tuấn, GS.TSKH. Nguyễn Ngọc Cẩn, PGS. Phạm Đắp, PGS. Nguyễn Hữu Lộc, PGS.TS. Nguyễn Phương, TS. Phạm Thế Trường, TS. Nguyễn Tiến Lương, PGS.TS. Tạ Duy Liêm, TS. Bùi Quý Lực, KS. Nguyễn Hoa Đăng, v.v... đã được xuất bản.

Cuốn sách "Cơ sở máy công cụ" của TS. Phạm Văn Hùng và PGS.TS. Nguyễn Phương được soạn làm giáo trình cho sinh viên chính khóa ngành Chế tạo máy và các ngành cơ khí khác đồng thời làm sách tham khảo cho các nghiên cứu viên, học viên cao học, kỹ sư và kỹ thuật viên ngành cơ khí.

Cuốn sách "Cơ sở máy công cụ" là kết quả nỗ lực lao động nghiêm túc của hai tác giả trong việc lựa chọn tài liệu, xác định nội dung của cuốn sách. Do đó đã đáp ứng được yêu cầu tìm hiểu về nguyên lý, kết cấu các chủng loại máy công cụ phục vụ cho hai trong ba tầng công nghệ khác nhau của Việt Nam: tầng công nghệ về thiết bị truyền thống đã tối ưu hóa (máy công cụ vạn năng); tầng công nghệ về thiết bị phi truyền thống (máy công cụ điều khiển số CNC, máy gia công tia lửa điện, máy gia công lade, v.v...) và tầng công nghệ các thiết bị tích hợp, tự động hóa, vi tính hóa (như dây chuyền sản xuất tự động, rô bốt, thiết bị tạo mẫu nhanh v.v...). Việc lựa chọn các loại máy công cụ điển hình, với trình độ kỹ thuật của ba tầng công nghệ khác nhau khiến cho cuốn sách có giá trị tham khảo và phục vụ được phần lớn tầng lớp cán bộ kỹ thuật làm việc ở các xí nghiệp, trường đại học và viện nghiên cứu khác nhau.

Trong giai đoạn đất nước tiến hành công nghiệp hóa, hiện đại hóa thì máy công cụ thuộc về một trong tám nhóm sản phẩm chủ lực của ngành cơ khí Việt Nam. Ngày 26/12/2002 Thủ tướng chính phủ đã ký quyết định 186/2002/QĐ-TTG phê duyệt chiến lược phát triển ngành cơ khí Việt Nam đến năm 2010 và tầm nhìn 2020. Ở đây chỉ rõ việc ưu tiên phát triển một số chuyên ngành của ngành cơ khí Việt Nam với tám nhóm sản phẩm quan trọng, trong đó có nhóm máy công cụ.

Cuốn sách này là một đóng góp của các tác giả nhân dịp kỉ niệm một nửa thế kỷ thành lập Trường Đại học Bách khoa Hà Nội và điều đó đáng được trân trọng. Chúng tôi xin giới thiệu cuốn sách với độc giả và các bạn đồng nghiệp.

GS.VS. Nguyễn Anh Tuấn

LỜI NÓI ĐẦU

Trong ngành cơ khí chế tạo máy thì **máy công cụ** có vai trò quyết định đến chất lượng chế tạo các chi tiết máy. Hiện nay do sự đa dạng hoá của các sản phẩm cơ khí cũng như yêu cầu không ngừng nâng cao độ chính xác gia công nên ngành chế tạo máy ở Việt Nam bên cạnh việc sử dụng các máy công cụ truyền thống, cũng đã sử dụng các máy công cụ hiện đại điều khiển số CNC trong sản xuất.

Máy công cụ của ngành chế tạo máy phần lớn là các máy cắt gọt kim loại. Chủng loại và kích cỡ máy cắt kim loại ở nước ta rất phong phú và đa dạng do được nhập khẩu từ nhiều nước có trình độ công nghệ khác nhau. Việt Nam trong thời kỳ trước đổi mới cũng đã sản xuất được các máy cắt gọt kim loại vạn năng như T620, T630, T616, P623, v...v trên cơ sở các mẫu máy cắt gọt của Liên Xô cũ. Phần lớn các máy công cụ vạn năng ở Việt Nam có nguồn gốc từ Liên Xô cũ và các nước Đông Âu cũ, còn các máy công cụ hiện đại điều khiển số CNC được nhập khẩu từ nhiều nước như Trung Quốc, Nhật, Đài Loan, Đức, Mỹ ...

Máy công cụ là một trong những môn học chuyên ngành sâu của sinh viên ngành chế tạo máy trường Đại học Bách khoa Hà Nội, môn học này được giảng dạy ngay từ khi thành lập trường vào năm 1956. Hiện nay, để đáp ứng yêu cầu đào tạo kỹ sư ngành chế tạo máy phục vụ giai đoạn công nghiệp hoá và hiện đại hoá, tiến tới hội nhập khu vực và thế giới, chúng tôi đã biên soạn giáo trình **Cơ sở máy công cụ** dựa trên bộ chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo cho các trường đại học kỹ thuật. Giáo trình **Cơ sở máy công cụ** được biên soạn nhằm cung cấp một cách hệ thống các kiến thức cơ bản về máy công cụ phù hợp với đặc điểm của nền công nghiệp Việt Nam nói chung và ngành chế tạo máy nói riêng, đồng thời có cập nhật các kiến thức về các máy công cụ hiện đại điều khiển số.

Trong giáo trình **Cơ sở máy công cụ** này chúng tôi đã tham khảo nhiều sách, giáo trình về máy cắt kim loại, máy công cụ của nước ngoài cũng như trong nước của các tác giả như: Viện sỹ GS.TSKH. Nguyễn Anh Tuấn, GS.TSKH. Nguyễn Ngọc Cẩn, PGS. Phạm Đắp, GS.TS. Nguyễn Đắc Lộc, PGS.TS. Tạ Duy Liêm, TS. Phạm Thế Trường, TS. Nguyễn Tiến Lương, TS. Bùi Quý Lực, KS. Nguyễn Hoa Đăng và nhiều đồng nghiệp khác.

Giáo trình **Cơ sở máy công cụ** do biên soạn lần đầu chắc chắn sẽ không tránh khỏi những nhược điểm và thiếu sót. Chúng tôi mong muốn được các độc giả đóng góp ý kiến. Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn.

Những ý kiến đóng góp xin được gửi tới bộ môn Máy và Ma sát học, khoa Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội, số 1 đường Đại Cồ Việt, Hà Nội hoặc Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Các tác giả

MỤC LỤC

Lời giới thiệu	3
Lời nói đầu	5
Chương 1. Động học máy công cụ	9
1.1. Đại cương về máy công cụ	9
1.2. Chuyển động tạo hình của máy cắt kim loại	10
1.3. Sơ đồ kết cấu động học tổ hợp chuyển động của máy cắt kim loại	15
1.4. Chuyển động của máy cắt kim loại	21
1.5. Các cơ cấu truyền dẫn trong máy công cụ	25
1.6. Cơ cấu tổng hợp chuyển động và đảo chiều trong máy công cụ	32
Chương 2. Máy tiện	38
2.1. Công dụng và phân loại máy tiện	38
2.2. Máy tiện ren vít vạn năng 1K62	39
2.3. Máy tiện ren vít vạn năng T616	55
2.4. Máy tiện ren vít vạn năng 1A616	62
2.5. Máy tiện hút lưng	66
2.6. Máy tiện tự động	76
2.7. Máy tiện điều khiển số CNC	107
Chương 3. Máy phay	116
3.1. Công dụng, ký hiệu và phân loại	116
3.2. Máy phay vạn năng nằm ngang 6H82 (P623)	118
3.3. Đầu phân độ vạn năng	124
3.4. Máy phay điều khiển số CNC	132
3.5. Một số loại máy phay khác	140
Chương 4. Máy chuyển động thẳng	143
4.1. Máy bào	143
4.2. Máy xọc	150
4.3. Máy chuốt	153
Chương 5. Máy khoan - doa	156
5.1. Công dụng và phân loại máy khoan - doa	156
5.2. Máy khoan đứng 2A150	161

5.3. Máy khoan cần 2B56	163
5.4. Máy do 2620A	168
Chương 6. Máy mài	172
6.1. Công dụng và phân loại máy mài	172
6.2. Chuyển động cơ bản của máy mài	172
6.3. Máy mài tròn ngoài	174
6.4. Máy mài tròn trong	180
6.5. Máy mài không tâm	185
6.6. Máy mài mặt phẳng	190
Chương 7. Máy gia công bánh răng	195
7.1. Phương pháp gia công bánh răng và phân loại máy gia công bánh răng	195
7.2. Máy gia công bánh răng trụ	197
7.3. Máy lăn răng 5M324A và 5K310	201
7.4. Máy xọc răng	210
7.5. Máy gia công bánh răng côn răng thẳng	221
7.6. Máy gia công bánh răng côn răng cong	236
7.7. Máy gia công tinh bánh răng	246
Chương 8. Máy gia công tia lửa điện	262
8.1. Phương pháp gia công tia lửa điện	262
8.2. Máy gia công tia lửa điện xung định hình CNC Maho kiểu HS 300E	265
8.3. Máy gia công tia lửa điện cắt dây CNC ROBOFIL 390 (của hãng Charmilles)	266
Chương 9. Tính toán và điều chỉnh máy	268
9.1. Điều chỉnh máy tiện vạn năng	268
9.2. Tính toán điều chỉnh máy tiện tự động	276
Tài liệu tham khảo	307

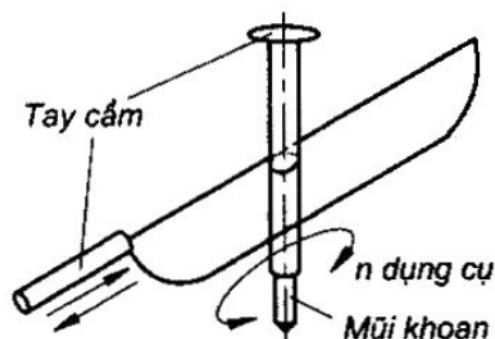
ĐỘNG HỌC MÁY CÔNG CỤ

1.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY CÔNG CỤ (máy cắt kim loại)

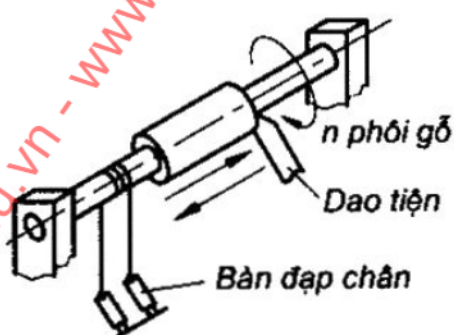
1.1.1 Khái niệm và lịch sử phát triển của máy công cụ

Máy công cụ là những thiết bị, máy móc làm thay đổi hình dáng, kích thước và độ chính xác của chi tiết được gia công (theo thiết kế) bằng các phương pháp công nghệ khác nhau từ phôi.

Chiếc máy công cụ đầu tiên trong lịch sử loại người là máy khoan gỗ dùng dây kéo bằng tay (hình 1.1) được người Ai Cập cổ đại đã phát minh ra cách đây 3000+4000 năm. Sau đó 2000 năm người Ai Cập và Ấn Độ đã phát minh ra máy tiện gỗ đạp chân (hình 1.2).



Hình 1.1 – Máy khoan gỗ bằng tay



Hình 1.2 – Máy tiện gỗ đạp chân

Cuối thế kỷ XV- đầu thế kỷ XVI Leona de Vinci là một nghệ sĩ lớn đồng thời là một nhà phát minh người Ý đã chế tạo ra các bộ phận cơ bản của máy tiện như: bánh răng, trục vítme, bàn dao, v.v... nhưng nguồn động lực của máy vẫn là sức cơ bắp của con người. Đầu thế kỷ thứ XVII người ta đã dùng sức nước là nguồn động lực cho máy công cụ. Đến năm 1774 John Wilkinson đã cho ra đời máy khoan vật liệu thép đầu tiên trên thế giới. Từ đây trở đi các nhà sáng chế và phát minh liên tục cho ra đời các loại máy gia công kim loại và không ngừng cải tiến chúng để có những loại máy công cụ đa dạng về chủng loại và khác nhau về kích thước như chúng ta đã và đang thấy hiện nay ở Việt Nam cũng như trong các nước công nghiệp phát triển trên thế giới.

1.1.2 Xu hướng phát triển và phân loại máy công cụ

Những máy công cụ vạn năng như: tiện, phay, khoan, bào, mài, gia công bánh răng, v.v... theo thời gian đã được cải tiến và phát triển thành các máy bán tự động, tự động, máy tổ hợp, trung tâm gia công, các đường dây tự động từng phần và toàn phần.

Trong những năm gần đây các nhà sản xuất máy công cụ đã ứng dụng các thành tựu khoa học trong công nghệ thông tin, điều khiển số, tự động hoá, vật liệu mới, dụng cụ cắt, ma sát học... để chế tạo ra các máy DNC, CNC, trung tâm gia công điều khiển số, hệ thống gia công linh hoạt rôbốt hoá, máy tạo mẫu nhanh (RP), máy gia công tia lửa điện, tia Laser v.v... với năng suất, chất lượng và trình độ tự động hoá ngày càng cao. Những thế hệ máy mới đã phần nào thoả mãn được yêu cầu trái ngược nhau như chất lượng, năng suất, giá thành, thay đổi sản phẩm và đáp ứng kịp thời.

Theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) thì máy công cụ bao gồm 5 loại sau đây:

- Máy cắt kim loại,
- Máy gia công gỗ,
- Máy gia công áp lực,
- Máy hàn,
- Máy đúc, ...

Máy công cụ trong ngành chế tạo máy có nhiều chủng loại và kích thước khác nhau, trong đó chủ yếu là **máy cắt kim loại** dùng để chế tạo các chi tiết kim loại bằng phương pháp cắt gọt kim loại có phoi từ phôi.

Máy cắt kim loại trong ngành chế tạo máy được phân loại theo hai nguyên tắc chung đó là: theo phương pháp cắt và theo trình độ vận năng.

Phân loại theo phương pháp cắt bao gồm các nhóm máy cắt kim loại sau: máy tiện, máy phay, máy khoan, máy bào, máy mài, .v.v...

Phân loại theo trình độ vận năng bao gồm ba nhóm máy cắt kim loại sau: máy vận năng rộng, máy chuyên môn hoá và máy chuyên dùng.

Máy vận năng rộng là loại máy thích hợp với loại hình sửa chữa, sản xuất đơn chiếc, sản lượng nhỏ.

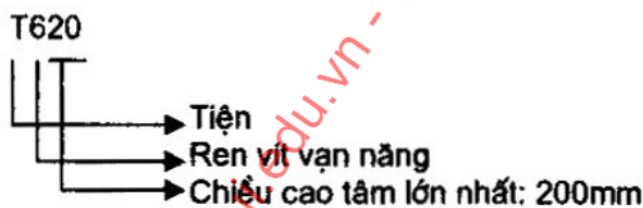
Máy chuyên môn hoá là những máy dùng để gia công một loại hay một vài loại chi tiết máy có kích thước khác nhau. Nó chủ yếu được dùng trong sản xuất hàng loạt.

Máy chuyên dùng là loại máy được sử dụng để gia công những chi tiết máy có cùng loại kích thước với số lượng lớn.

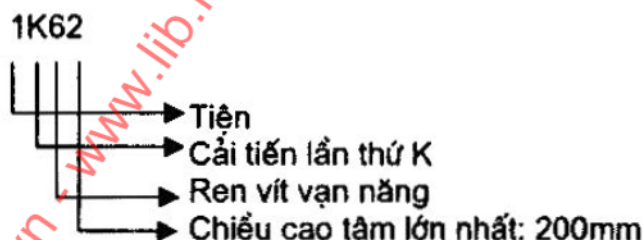
Theo sự phân loại trên để xác định các loại máy khác nhau, cần căn cứ vào ký hiệu tên của máy theo các chữ cái và chữ số.

Ví dụ:

Máy tiện của Việt Nam :



Máy tiện của Liên Xô cũ :



1.2. CHUYỂN ĐỘNG TẠO HÌNH CỦA MÁY CẮT KIM LOẠI

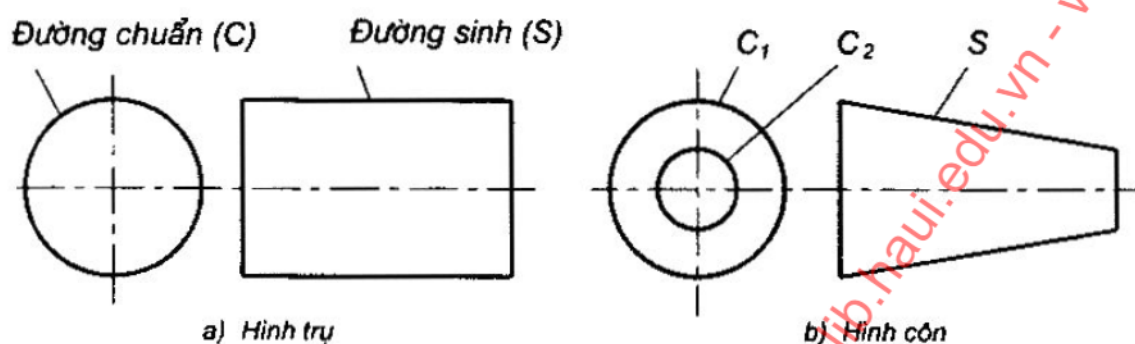
1.2.1 Bề mặt gia công

Các bề mặt của chi tiết gia công thường gặp trong ngành chế tạo máy rất đa dạng về kích thước và phong phú về hình dạng. Nhưng phần lớn chúng đều thuộc các dạng bề mặt cơ

bản như sau: dạng các bề mặt có đường chuẩn là đường tròn, dạng các bề mặt có đường chuẩn là đường thẳng, dạng các bề mặt đặc biệt.

1/ Dạng các bề mặt có đường chuẩn là đường tròn

Bề mặt có đường chuẩn là đường tròn là các bề mặt được tạo thành khi cho đường sinh chuyển động tương đối xung quanh **đường chuẩn tròn** (hình 1.3) với đặc trưng cơ bản là có trục chuẩn đối xứng hoặc tâm đối xứng.



Hình 1.3 – Các bề mặt gia công tròn xoay đường sinh thẳng

Bề mặt trụ là bề mặt tròn xoay có đường sinh thẳng song song với đường tâm khối trụ và đường chuẩn là đường tròn (hình 1.3 a).

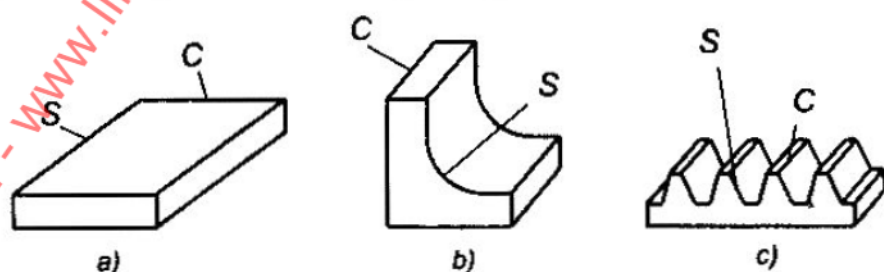
Bề mặt côn cũng là bề mặt tròn xoay có đường sinh thẳng giao với đường tâm khối côn và đường chuẩn là các đường tròn (hình 1.3 b).



Hình 1.4 – Các bề mặt gia công đường sinh cong hoặc gãy khúc

Nếu đường sinh là đường cong (hình 1.4 a) sẽ tạo thành bề mặt tròn xoay có hình tang trống. Bề mặt hình dạng ren là bề mặt đặc thù của ngành chế tạo máy có đường sinh là đường gãy khúc, đường chuẩn là đường tròn và đường thẳng song song với đường tâm khối ren (hình 1.4 b).

2/ Dạng bề mặt có đường chuẩn là đường thẳng.



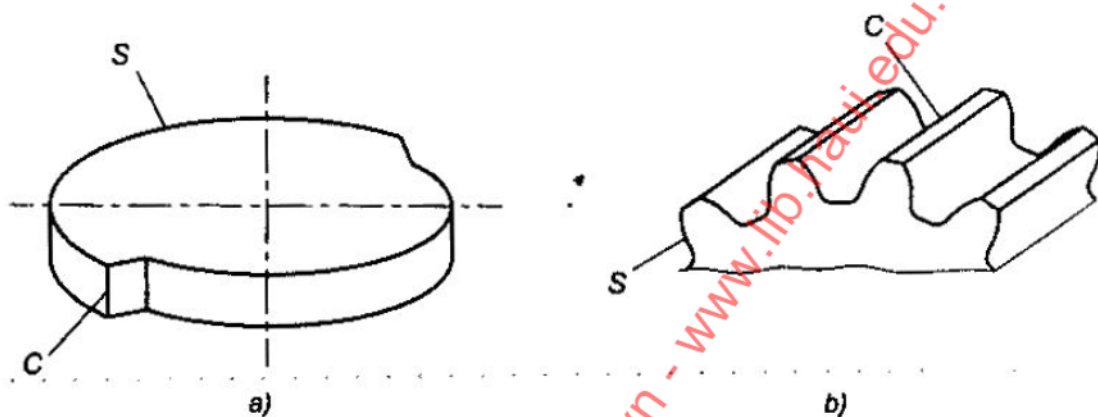
Hình 1.5- Các dạng mặt có đường chuẩn thẳng

a- Đường sinh thẳng tạo ra mặt phẳng; b- Đường sinh cong tạo ra mặt định hình; c- Đường sinh thẳng gãy khúc tạo ra mặt phẳng gấp khúc.

Các bề mặt có đường chuẩn là đường thẳng là những bề mặt được qui ước tạo thành bởi đường sinh là đường thẳng, đường cong hoặc đường gấp khúc chuyển động trượt trên **đường chuẩn là đường thẳng** được trình bày trên hình 1.5-Aa.

3/ Dạng bề mặt đặc biệt (cam, cánh tuốcbin, răng thân khai..)

Các dạng bề mặt đặc biệt là các bề mặt không gian phức tạp có đường chuẩn là đường cong hoặc đường thẳng, đường sinh là các đường thẳng hoặc đường thân khai... Tuy nhiên việc **phân biệt đường sinh và đường chuẩn chỉ có tính chất tương đối**. Tùy thuộc vào độ phức tạp của bề mặt gia công, lựa chọn đường sinh và đường chuẩn sẽ đưa đến sơ đồ động của máy có độ phức tạp khác nhau. Các bề mặt đặc biệt này được trình bày trên hình 1.5- B.



Hình 1.5-B Các dạng bề mặt đặc biệt
a) Dạng bề mặt cam; b) Dạng bề mặt răng thân khai

Để hình thành các dạng bề mặt khác nhau của chi tiết gia công trong ngành chế tạo máy cần thiết phải tạo ra các đường sinh và đường chuẩn tương ứng.

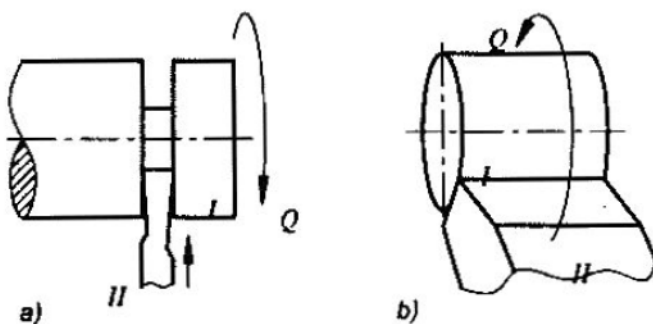
Nếu các bề mặt gia công được tạo thành từ đường sinh là đường thẳng, đường tròn, đường xoắn acsimet hoặc đường thân khai... thì máy cắt kim loại chỉ cần phối hợp hai chuyển động đơn giản đó là: thẳng và quay tròn đều.

Để tạo thành đường sinh là đường hypecbon, đường elip, đường xoắn log... máy cắt kim loại cần phải phối hợp hai chuyển động phức tạp đó là: thẳng và quay tròn không đều.

1.2.2 Chuyển động tạo hình

Chuyển động tạo hình của máy công cụ là các chuyển động tương đối của dao và phôi nhằm tạo ra đường sinh và đường chuẩn, hình thành trực tiếp bề mặt chi tiết gia công trên máy.

Chuyển động tạo hình có hai loại: chuyển động tạo hình đơn giản và chuyển động tạo hình phức tạp.

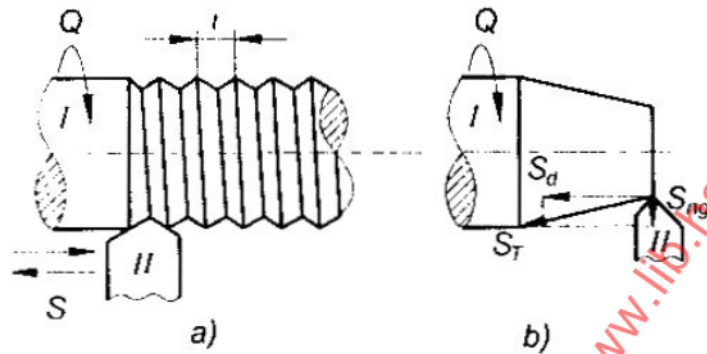


Hình 1.6 - Các chuyển động tạo hình đơn giản

1/ **Chuyển động tạo hình đơn giản** là chuyển động tạo hình do các chuyển động thành phần độc lập thực hiện, không phụ thuộc vào chuyển động khác theo bất cứ qui luật nào.

Ví dụ hình 1.6 a - khi dao II chuyển động tịnh tiến thì phôi I quay, hai chuyển động này không phụ thuộc vào nhau. Hình 1.6 b - dao II chuyển động quay, phôi I không chuyển động.

2/ **Chuyển động tạo hình phức tạp** là chuyển động tạo hình do nhiều chuyển động thành phần có sự phụ thuộc vào nhau theo một qui luật nhất định tạo nên như khi tiện ren, tiện côn (hình 1.7).



Hình 1.7 – Các chuyển động tạo hình phức tạp

Trên hình 1.7 a: phôi I chuyển động quay Q, dụng cụ II thực hiện chạy dao S. Hai chuyển động Q và S có ràng buộc: Phôi I quay một vòng thì dao II phải tịnh tiến (S) một lượng bằng bước ren t, chúng là hai chuyển động tạo hình phức tạp.

Trên hình 1.7 b: phôi I chuyển động quay Q; dụng cụ II thực hiện đồng thời chạy dao ngang S_{ngang} và chạy dao $S_{dọc}$ để hình thành chạy dao tổng $S_{tổng}$. Như vậy Q là chuyển động tạo hình đơn giản, S_d và S_{ng} là các chuyển động tạo hình phức tạp.

Chuyển động tạo hình có thể do dao thực hiện hoặc phôi thực hiện, hoặc đồng thời cả dao và phôi cùng thực hiện (hình 1.6). Chuyển động tạo hình để hình thành bề mặt gia công là những chuyển động quan trọng nhất trong máy cắt kim loại nên phải phân tích bố trí chuyển động này cho các cơ cấu chấp hành thích hợp (phôi và dao), bảo đảm kết cấu máy đơn giản, làm việc chính xác, năng suất cao.

Số chuyển động tạo hình trên máy cắt kim loại nhiều nhất là 4 với hai chuyển động cơ bản là chuyển động quay Q và chuyển động tịnh tiến T. Tổng hợp các chuyển động này theo các phương án khác nhau sẽ tạo thành các máy cắt kim loại khác nhau: tiện, bào, chuốt, gia công răng v...v.

1.2.3 Các phương pháp tạo hình

Để hình thành các dạng bề mặt khác nhau của chi tiết bằng kim loại, có rất nhiều phương pháp chế tạo như: đúc; cán, ép, cắt gọt, v.v...

Máy cắt kim loại tạo hình các chi tiết gia công bằng cách cắt gọt có phoi theo những phương pháp sau: phương pháp chép hình, phương pháp theo vết, phương pháp bao hình.

1/ Phương pháp chép hình

Phương pháp chép hình là phương pháp cho lưỡi dao cắt trùng với đường sinh của bề mặt chi tiết gia công (hình 1.8.a), bề mặt gia công được hình thành do đường sinh chuyển động dọc theo đường chuẩn.

Nếu đường chuẩn là đường thẳng sẽ có bề mặt gia công là mặt định hình. Máy cắt kim loại thực hiện phương pháp này là máy bào định hình hay máy phay chép hình.

